



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Arquitectura "Carlos Raúl Villanueva"  
Coordinación de Estudios de Postgrado  
Sector Acondicionamiento Ambiental  
IV Maestría de Arquitectura Paisajista

## **LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Central de  
Venezuela para optar al Título de  
Magister Scientiarum en Arquitectura Paisajista

Tutor: Arq. Paisajista Saskia Chapellin

Autor: Arq. Arnaldo J. Rojas C.

Caracas. Julio 2011.





## **LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.**

Tutor: Arq. Paisajista Saskia Chapellin  
Universidad Central de Venezuela

Autor: Arq. Arnaldo J. Rojas C.

Caracas. Julio 2011.





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



## VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado presentado por: **Arq. Arnaldo José Rojas Contreras** Cédula de identidad N° V- 4.817.545, bajo el título "Lineamientos para el manejo paisajista de bordes fluviales", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM EN ARQUITECTURA PAISAJISTA**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día **16 de Marzo de 2012 a las 11:00 AM.**, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el **Salón de Postgrado de la Coordinación de Estudios de Postgrado, Piso 1, Facultad de Arquitectura y Urbanismo**, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

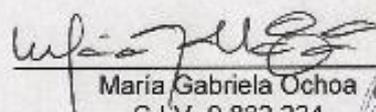
Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado representa un aporte significativo al campo de la Arquitectura Paisajista, aplicando una rigurosa e intensa metodología sobre el tema de los Bordes Fluviales Urbanos.



3.- El jurado por unanimidad decidió otorgar la calificación de EXCELENTE al presente trabajo por considerarlo de excepcional calidad y de gran significado como aporte a la profesión del Arquitecto Paisajista.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 16 días del mes de Marzo del año 2012, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado Prof. Saskia Chapellín.

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de Prof. Saskia Chapellín

  
Maria Gabriela Ochoa  
C.I.V- 9.882.224  
USB

  
Prof. Ignacio Marcano  
C.I.V- 6.900.754  
FAU-UCV

  
  
Prof. Saskia Chapellín  
C.I.V- 2.959.073  
Tutora  
FAU-UCV

AJ/16\_03\_2012

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
SISTEMA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA, HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA (SICHT)

FECHA DE ENTREGA: 16/03/2012

AUTORIZACION PARA LA DIFUSIÓN ELECTRONICA DE LOS TRABAJOS DE LICENCIATURA,  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO, TRABAJO DE GRADO Y TESIS DOCTORAL DE LA  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Yo, *ARNALDO J. ROJAS CONTRERAS*, autor del trabajo o tesis, *LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS*. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Presentado para optar: *MAGISTER SCIENTIARUM EN ARQUITECTURA PAISAJISTA*

A través de este medio autorizó a la Escuela de Arquitectura y Urbanismo o a la Comisión de Estudios de Postgrado del Departamento de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura de la UCV, para que difunda y publique la versión electrónica de este trabajo o tesis, a través de los servicios de información que ofrece la Institución, sólo con fines de docencia e investigación, de acuerdo a lo previsto en la Ley sobre Derecho de Autor, Artículo 18, 23 y 42 (Gaceta Oficial N° 4.638 Extraordinaria, 01-10-1993).

x	<i>Si autorizo</i>
	<i>Autorizo después de 1 año</i>
	<i>No autorizo</i>

*Firma(s) autor (es)*

\_\_\_\_\_  
C.I. N° 4.8175.545 \_\_\_\_\_  
e-mail: *ajrojasc@gmail.com* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
C.I. N° \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_

*Por el equipo*

\_\_\_\_\_  
C.I. N° \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
C.I. N° \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_

*En Caracas, a los 16 días del mes de Marzo de 2012*

Nota: En caso de no autorizarse la Escuela o Comisión de Estudios de Postgrado, publicará: la referencia bibliográfica, tabla de contenido (índice) y un resumen descriptivo, palabras claves y se indicará que el autor decidió no autorizar el acceso al documento a texto completo.

La cesión de derechos de difusión electrónica, no es cesión de los derechos de autor, porque este es intransferible.

Título del Producto o Propuesta: *LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS* \_\_\_\_\_



## Dedicatoria

A Dios por la oportunidad que nos ha brindado de poder culminar con éxito esta meta.

A mi familia por la paciencia y el apoyo brindado incondicionalmente a lo largo de esta travesía.

A la memoria de mi madre Carmen Contreras P. y a mi padre Dr. Arnaldo Rojas Salas, Profesor Titular de esta prestigiosa Universidad quien me apoyó y me impulsó a participar en esta Maestría.

A la Arquitecta Paisajista Saskia Chapellin, Profesora y Tutora por su tiempo y aporte de sus invaluable conocimientos en la elaboración de esta investigación.

A los Arquitectos Nedo Pániz y Mario Gabaldón quienes junto a la Arq. Paisajista Chapellin insistieron en la Planificación de la IV Maestría de Arquitectura Paisajista y nos motivaron a lo largo de ella.

A todos los Profesores por la enseñanza impartida y en general a toda la Coordinación de Postgrado del Departamento de Acondicionamiento Ambiental, que contribuyeron al feliz término de esta Maestría.

A todos mis colegas cursantes de la IV Maestría de Arquitectura Paisajista por su compañerismo y amistad a lo largo de este camino.



## **Agradecimiento.**

Al Sr. Gustavo Cisneros y a la Oficina de Presidencia de la Organización Cisneros, especialmente a su Vicepresidenta, Sra. Sandra Zanoletti, quienes me apoyaron y me facilitaron parte del tiempo laboral a fin de llevar a cabo esta Maestría.



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Arquitectura "Carlos Raúl Villanueva"  
Coordinación de Estudios de Postgrado  
Sector Acondicionamiento Ambiental  
IV Maestría de Arquitectura Paisajista

## LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.

Autor: Arq. Arnaldo J. Rojas Contreras  
Tutor: Arq. Paisajista Saskia Chapellin  
Caracas. Julio 2011

### RESUMEN

El propósito de este trabajo es establecer lineamientos para el manejo paisajista de los bordes fluviales urbanos. Para ello se establecieron los siguientes objetivos específicos: a) Identificar los problemas que presentan los bordes fluviales urbanos. b) Describir los diferentes materiales utilizados para los tratamientos de bordes fluviales urbanos. c) Examinar y evaluar las técnicas utilizadas en el manejo de bordes fluviales para aplicarlas al paisajismo en los ríos y quebradas urbanas. d) Identificar tipologías de vegetación riparia adecuada para ser utilizadas en los tratamientos de bordes fluviales urbanos. e) Establecer parámetros que permitan definir los lineamientos para el manejo de bordes fluviales urbanos considerando el marco jurídico existente. Con relación a la metodología empleada esta fue de carácter Documental en la cual se recolectará información procedente de conferencias, tratados, libros, páginas Web, entre otros, los cuales aportaron información para identificar, examinar y describir de forma organizada y lo más completa posible las variables que intervienen en el tratamiento de los bordes fluviales urbanos. El nivel de análisis del estudio fue concebido de tipo Descriptivo. La primera fase se efectuó tomando en consideración el estudio del río y su funcionalidad. La segunda fase consistió en la descripción de los métodos y materiales utilizados en las intervenciones fluviales y la tercera fase consistió en la propuesta de lineamientos para la elaboración de Proyectos de Manejo en los bordes Fluviales Urbanos. A partir de los análisis ha sido posible llegar a las siguientes conclusiones: a) Fomentar y mantener los procesos fluviales; b) Mantener la diversidad morfológica natural del cauce y sus bordes; c) Mantener áreas que puedan ser inundadas con cierta periodicidad; d) Incrementar el uso de la vegetación riparia; e) No permitir la construcción de estructuras fijas dentro del cauce; f) Crear franjas de vegetación para protección entre el río y la ciudad; g) Utilizar materiales naturales que se adapten al paisaje y permitan la permeabilidad del agua hacia los acuíferos y h) En los proyectos de manejo se debe contemplar las implicaciones ambientales, funcionales y estéticas del contexto donde se actúa para generar el menor impacto ambiental y visual.

**PALABRAS Y TÉRMINOS CLAVES:** a) Procesos fluviales; b) Riparias; c) Calidad del agua; d) Recreación pasiva; e) Manejo del paisaje; e) Bordes fluviales urbanos.



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Arquitectura "Carlos Raúl Villanueva"  
Coordinación de Estudios de Postgrado  
Sector Acondicionamiento Ambiental  
IV Maestría de Arquitectura Paisajista

## LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.

Autor: Arq. Arnaldo J. Rojas Contreras  
Tutor: Arq. Paisajista Saskia Chapellin  
Caracas. Julio 2011

### SUMMARY

The purpose of this paper is to establish guidelines for Landscape Management of the urban river edges. In order to comply, the following specific objectives were established: a) Identify the problems of the urban River edges. (b) Describe the different materials used for the treatment of the Urban River edges. (c) Review and evaluate the techniques used in the management of river edges and the application of results to the landscaping in urban creeks and rivers. (d) Identify appropriate riparian vegetation types to be used in the treatment of urban River edges. (e) Establish parameters to define the guidelines for the management of urban River edges, in order to comply with the existing legal framework. With regard to the methodology used in this investigation, the various sources were: Documented observations and facts, whereas the information was collected from: conferences, treaties, books, web pages and other data, which provided information to identify, examine and describe in organized way and more complete the variables involved in the treatment of urban River edges. The level of analysis, of the survey, was utilize of "Descriptive Type". The first phase was carried out taking into account the study of the river and its functionality. The second phase consisted in the description of methods and materials used in river interventions and the third phase consisted of the proposal of guidelines for the development of project management in urban River edges. After all the analysis have been completed, it has possible to reach the following conclusions: a) Develop and maintain the River processes; (b) Maintain the natural morphological diversity of the channel and its edges; (c) Maintain areas which could be flooded with some frequency; (d) Increase the use of riparian vegetation; (e) Do not allow the construction of fixed structures within the channel; (f) Create strips of vegetation for protection between the river and the city; (g) Utilizing natural materials that are adapted to the landscape and allow the permeability of water to aquifers and h) In Developing Projects of this nature, all these should include environmental, functional and aesthetic implications in the context where the consequences should generate the lowest environmental and visual impact possible.

WORDS AND KEY TERMS: a) River processes; (b) Riparian; (c) water quality; (d) Passive recreation; (e) Management of the landscape; (e) Urban river edges.



## INDICE DE CONTENIDO.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	29
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	40
Antecedentes.....	43
<b>CAPITULO I.</b>	
<b>BORDES FLUVIALES URBANOS</b> .....	47
Los ríos y su caracterización.....	47
Morfología y geomorfología fluvial básica.....	62
Procesos fluviales.....	87
Los ecosistemas fluviales.....	102
Calidad del agua.....	111
La importancia de la vegetación en los ecosistemas fluviales.....	117
El río y la ciudad.....	128
El uso en el espacio ribereño.....	137
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>PAISAJISMO EN BORDES DE AGUA</b> .....	149
El agua como elemento importante en el paisaje.....	163
El paisaje fluvial.....	164
El paisaje fluvial como corredor ecológico.....	166
El paisaje fluvial cultural.....	168
Los paisajes fluviales urbanos.....	169
El manejo del paisaje fluvial.....	170
La restauración del paisaje fluvial.....	172

### **CAPITULO III.**

#### **TRATAMIENTO DE BORDES FLUVIALES URBANOS.....176**

#### **MÉTODOS TRADICIONALES.....177**

Encauzamientos.....178

Los encauzamientos como protección a las inundaciones.....180

Los encauzamientos como protección a las márgenes del río.....186

Los encauzamientos en los tramos urbanos.....195

Los encauzamientos como fijación de un cauce estable para el río.....202

Encauzamientos con materiales de desecho.....203

Encauzamientos con materiales de construcción.....204

Encauzamientos con plásticos especiales.....205

Encauzamientos con materiales vegetales.....206

Restauración fluvial con métodos tradicionales.....206

Consideraciones finales.....209

#### **MÉTODOS BIOTECNOLÓGICOS.....210**

Recuperación ambiental.....212

Restauración fluvial.....221

Porque restaurar los ríos y riberas.....227

Objetivos de la restauración fluvial.....231

Principios de la restauración fluvial.....234

Prioridades de la restauración.....236

Escala de la restauración fluvial.....237

<b>TÉCNICAS Y MATERIALES EN EL TRATAMIENTO</b>	
<b>DE BORDES FLUVIALES URBANOS.....</b>	<b>238</b>
Algunas técnicas utilizadas en la ingeniería del paisaje.....	241
Aplicaciones de la ingeniería del paisaje.....	243
Clasificación de las técnicas de ingeniería del paisaje según el material utilizado.....	248
Experiencias de ingeniería biotécnica y bioingeniería en Venezuela.....	252
Algunas de las técnicas más empleadas.....	255
<b>CAPITULO IV.</b>	
<b>TIPOLOGÍA DE VEGETACIÓN EN TRATAMIENTO DE</b>	
<b>BORDES FLUVIALES URBANOS.....</b>	<b>304</b>
El papel de la vegetación en los tratamientos de bordes fluviales urbanos....	304
Vegetación ribereña.....	311
Vegetación acuática.....	317
Vegetación como depuradora del agua.....	319
Vegetación ornamental.....	331
<b>CAPITULO V.</b>	
<b>INTERVENCIONES EN TRATAMIENTO DE BORDES</b>	
<b>FLUVIALES URBANOS.....</b>	<b>334</b>
Disposición del espacio fluvial.....	338
Mejora del régimen ambiental de caudales.....	342
Eliminación de barreras y disminución de las restricciones al desbordamiento.....	345
Remoción de los cauces de estructuras transversales.....	347
Sustitución de diques o estructuras transversales por rampas.....	351

Eliminación o desplazamiento de estructuras longitudinales.....	352
Establecimiento de bandas protectoras del cauce (buffer-strips).....	353
Plantaciones de ribera.....	359
La Bioingeniería o la Ingeniería del Paisaje en los proyectos de restauración ecológica.....	366
Rehabilitación de tramos urbanos. Porque actuar en los tramos urbanos.....	369
Algunas intervenciones utilizadas para mejorar las condiciones ambientales de un tramo urbano.....	373
Mejora de los tramos canalizados para su restauración.....	383
Manejo de cuencas.....	391
Manejo de escorrentías.....	392
Lagunas de almacenamiento niveles de crecidas.....	393
Mantener la rugosidad de las orillas.....	395
Construcción de refugios y hábitats.....	395
Limpieza de frezaderos.....	396

## **CAPITULO VI.**

### **PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA FORMULACIÓN DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO PAISAJÍSTICO Y SUS POSIBLES RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE BORDES FLUVIALES URBANOS.....**

Proyectos de Manejo de Bordes Fluviales Urbanos.....	402
Estudios Preliminares.....	411
Análisis de sitio o diagnóstico del tramo de proyecto.....	418
Planificación del sitio.....	429
Ejecución de trabajos en la intervención del Sistema fluvial.....	442

Mantenimiento de las intervenciones efectuadas.....	443
Seguimiento del proyecto.....	444
<b>CONCLUSIONES</b> .....	447
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	469
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b> .....	477
<b>APENDICE 1. Glosario de Términos</b> .....	485
<b>APENDICE 2. Parámetros normativos y legales</b> .....	505
Bibliografía referida.....	550
Bibliografía consultada.....	552

## INDICE DE ILUSTRACIONES.

Sección transversal del lecho de un río.....	54
Ciclo hidrológico debido a la urbanización en áreas periurbanas.....	133
Ciclo hidrológico debido a la urbanización en áreas urbanas.....	133
Diques longitudinales.....	181
Sección de un río sin encausar y sección típica de un río encausado.....	181
Mota de materiales sueltos.....	182
Encauzamiento para suprimir curvas.....	182
Corta de un meandro.....	183
Recuperación de zonas húmedas.....	186
Implantación de espigones en un cauce trenzado.....	188
Fijación de un cauce menor inscrito en un cauce mayor con espigones.....	189
Combinaciones de diques longitudinales y espigones.....	190
Espigones y diques longitudinales para formar curvas suaves.....	190
Espigón como deflector de la corriente.....	191
Defensa y corrección de márgenes.....	191
Protección con escollera.....	193
Protección con gaviones.....	194
Protección con gavión de coraza con diafragma.....	195
Protección con bolsacreto.....	199
Protección con losas de gaviones.....	200
Revestimiento con coraza metálica.....	200
Transición con empotramiento.....	201
Construcción de espigón con esqueleto de pilotes o "jacks".....	204

Remansos y rápidos con cantos rodados.....	207
Remansos con espigones y deflectores.....	208
Corte de un meandro como cauce de avenidas.....	208
Rehabilitación de un meandro cortado.....	208
Deflectores contruidos con piedras.....	244
Intercalados de piedras.....	245
Construcción de azudes con piedras.....	246
Revestimiento en losetas prefabricadas de concreto.....	249
Clavado de estacas vivas.....	257
Fajinas vivas.....	260
Lechos de ramajes.....	263
Lechos de ramajes.....	263
Peldaños de leña.....	266
Entramados de madera.....	270
Empalizadas trenzadas.....	273
Empalizadas trenzadas.....	273
Emparrillados vivos.....	277
Mini barreras vivas de control.....	280
Mini barreras vivas de control.....	280
Barreras densas de fajinas.....	283
Barreras de piedras intercaladas con vegetación.....	285
Control de la erosión superficial con pasto Vetiver.....	287
Control de la erosión superficial con pasto Vetiver.....	288
Protección de taludes con piedra y vegetación.....	290
Utilización de Biorrollos para control de erosión.....	292
Muros de gaviones combinados con vegetación.....	295

Muros de escollera o enrocados combinados con vegetación.....	296
Muros de piedras combinados con vegetación.....	297
Muros de madera con vegetación.....	299
Emparrillado de madera.....	300
Muros de elementos de concreto combinados con vegetación.....	302
Muro verde o muro ecológico.....	303
Influencias de la vegetación a efectos hidrológicos y mecánicos.....	305
Papel de la hierba moderando la acción hidráulica y resistiendo a la tracción.....	309
Protección de orillas con entramados de estacas vivas.....	309
Ciclo de renovación y conservación del agua residual.....	321
Jardines de depuración urbanos.....	322
Lagunaje natural.....	328
Lecho de macrófitas horizontal.....	329
Lecho de macrófitas vertical.....	330
Disciplinas en un Proyecto de Manejo de Bordes Fluviales.....	407
Dimensión longitudinal.....	422
Dimensión transversal.....	423
Dimensión vertical.....	425
Bandas protectoras de vegetación.....	456
Cauce acanalado.....	460
Restauración de lecho del río.....	461
Restauración de lecho del río.....	461
Restauración de un borde o ribera.....	462
Restauración del lecho y un borde o ribera.....	462

Restauración del lecho y los dos bordes o riberas.....	463
San Antonio Riverfront, San Antonio, Texas.....	464
Lagunas de almacenamiento de niveles de avenidas.....	465
Rugosidad de las orillas.....	466
Rápidos y remansos.....	467

## **INDICE DE TABLAS.**

Caracterización del tramo fluvial.....	416
Caracterización de la cuenca vertiente.....	417
Parámetros físico-biológicos y sociales.....	420
Contenido de Memoria Descriptiva.....	430



# **LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.**

Autor: Arq. Arnaldo J. Rojas Contreras.

[ajrojasc@gmail.com](mailto:ajrojasc@gmail.com)

Tutor: Arq. Paisajista Saskia Chapellín

Caracas, Julio 2011.

**...la naturaleza no es el enemigo que el hombre debe conquistar, más bien debe ser tratada como una aliada y amiga. De ella debemos aprender sus leyes y debemos respetar sus consejos.**

**Ian McHarg.**

# LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO PAISAJISTA DE BORDES FLUVIALES URBANOS.

## INTRODUCCIÓN.

El propósito de esta investigación es el de establecer lineamientos para el manejo paisajista de los bordes fluviales urbanos, a fin de poder solucionar los problemas visuales, estéticos, funcionales y de salubridad (que se visualizan de manera cotidiana) en los bordes fluviales urbanos. Algunos de estos problemas fueron descritos pero no tratado bajo este enfoque, en el Trabajo de grado para Magíster Scientiarum en Arquitectura Paisajista de la Arquitecta Yuraima Elena Martín Rodríguez, titulado *“Parques, plazas y jardines... ¿en zonas de barrios? La Quebrada Catuche, una nueva experiencia en Arquitectura Paisajista”*.

La cercanía del río a una comunidad, cuando no están integrados, o no hay una relación clara río-ciudad, es convertido en el patio trasero de la ciudad, lo cual crea problemas de inseguridad y ambientales; los de inseguridad, por la falta de iluminación y de vigilancia, estos espacios terminan siendo guaridas de delincuentes y alberges de indigentes; los ambientales, porque acaban siendo el basurero de dicha comunidad, aumentando la contaminación y disminuyendo la calidad del agua, deteriorando su ecosistema y propiciando las inundaciones, producto de las obstrucciones de su cauce por la cantidad de objetos desechados en su cauce.

Este trabajo de investigación está dirigido a formular lineamientos para el manejo de proyectos paisajistas en bordes fluviales urbanos y para ello se identificarán los problemas que presentan estas áreas urbanas, para su rehabilitación devolviéndoselos a la ciudad. Para poder establecer estos lineamientos se debe estudiar y describir los diferentes materiales utilizados para los tratamientos de bordes fluviales urbanos, así como examinar y evaluar las técnicas utilizadas en su manejo, aplicarlas al paisajismo en los ríos

y quebradas urbanas e identificar las tipologías de vegetación riparia adecuadas a ser utilizadas en los tratamientos de estos bordes.

Esa riqueza del valor escénico que significa el río no es aprovechada en nuestras ciudades para el disfrute de la comunidad, mas bien, estos espacios terminan siendo negados a la ciudad. Solo se nota su presencia por el sonido de su corriente o cuando el río crece producto de las lluvias y si a esto le sumamos la falta de mantenimiento de su cauce, se producen desgracias por las construcciones ilegales en sus riberas. Por esta razón, ésta investigación se ha enfocado en establecer lineamientos para el manejo paisajístico de los bordes fluviales urbanos porque el desarrollo de nuestras ciudades han deteriorado los ríos en todos sus componentes como son las riberas, el cauce y la calidad del agua.

En Venezuela no es común encontrar espacios de bordes fluviales urbanos, que se les haya dado un manejo o tratamiento paisajístico. Estas áreas, generalmente terminan como espacios residuales o construyen ilegalmente en sus riberas o son canalizados o embaulados para expandir las áreas urbanas sobre ellos, producto de la presión del propio crecimiento urbano.

La presión que ejerce sobre el río este crecimiento urbano, también ha llevado a la construcción de vialidades paralelas al curso de agua, ocasionando una barrera en la misma ciudad, construyendo muros de protección a esa vialidad, eliminando sus riberas para ganarle espacios a la urbe. Ejemplo concreto de este caso es la autopista Francisco Fajardo en Caracas, este corredor vial se ha convertido en una barrera que dividió a la ciudad en dos, norte y sur, pudiéndose visualizar en diversos tramos los muros de contención construidos en sus riberas, sin tratamiento paisajístico alguno y ocasionando un daño ambiental casi siempre irreversible.

Igualmente se propicia las canalizaciones de los ríos en las ciudades, aunque esto cumple el propósito de controlar las inundaciones al incrementar la capacidad de desagüe, disminuyendo la rugosidad y la irregularidad del cauce, sin embargo, esto ha descuidado los aspectos ambientales así como los usos

tradicionales del río, eliminando sus riberas naturales y por lo tanto el ecosistema propio de esas áreas.

Esta investigación nos permitirá herramientas necesarias para tratar de compensar a la naturaleza por los daños causados por el desarrollo urbano. Puede que nunca lo regresemos a su estado original, pero es posible recuperar el río con elementos naturales del sitio y sus alrededores.

También es importante buscar mecanismos que permitan acciones que contribuyan positivamente al medio ambiente, como lo sería: el reciclaje de productos orgánicos que pueden restaurar la fertilidad del suelo; el reciclaje del agua usada, colaborando con el mantenimiento de niveles freáticos; las plantas de tratamiento de aguas residuales, estas operan como un humedal fabricado por el hombre y proporcionan un nuevo hábitat para algunas especies.

Estas son algunas de las actividades que ejecutándolas no solo ayudan a la recuperación del medioambiente, sino que además pueden ser utilizadas como elementos para mejorar el paisaje para el uso recreativo de la comunidad mejorando la calidad de vida de la sociedad, tal como lo plantea Ian McHarg, *“los valores sociales que representan los procesos naturales son, la mayoría de las veces, intrínsecamente idóneos para gran variedad de usos humanos”*. (McHarg, 1992)<sup>1</sup>.

La finalidad de aplicar estos lineamientos para el manejo de proyectos de Arquitectura Paisajista en los bordes fluviales urbanos se basa en la utilización de los ríos y sus riberas como elementos del paisaje urbano, dándole un uso adecuado a esos espacios y a su vez recuperar las características funcionales naturales de los ríos después de haber sufrido una intervención agresiva por parte de los urbanizadores, ya que son uno de los ecosistemas más valiosos que tenemos en el planeta, no solo por ser el agua, un recurso natural imprescindible para la humanidad y su desarrollo, sino por la gran diversidad de valores naturales y sus funciones que permiten la supervivencia de muchas especies de fauna y flora. En este sentido, Marta González del Tánago señala:

---

<sup>1</sup> McHarg, I. (1992). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 104.

*“Son muchos los procesos que han determinado la degradación actual de los ríos a lo largo del tiempo, en función de su historia física y humana. Tradicionalmente y sobre manera estas últimas décadas de gran desarrollo industrial, en la gestión de los ríos ha predominado una visión productivista y en ellos solo se ha tenido en cuenta su valor como fuente de suministro de agua, como medio de generación de energía, como vías de transporte y de desagües o como espacio público, según su relieve para llevar a cabo numerosas actividades”.* (Tánago, 2004)<sup>2</sup>.

La sociedad urbana venezolana no ha apreciado el río como valor ambiental por la diversidad de especies en él y sus alrededores, su valor como paisaje y como corredor ecológico o la consideración como funcionamiento hidrológico de un sistema en el cual a través de su recarga en todo su trayecto puede anegar su llanura de inundación y la capacidad de esta última de retrasar la formación de desbordamientos. La poca atención dedicada a los ríos ha permitido la degradación de nuestros ríos hasta situaciones hoy en día inaceptables por una sociedad más sensible a la conservación de la naturaleza, sociedad obligada a mantener su integridad, estabilidad y belleza para generaciones futuras.

Desde la época de la industrialización, los ríos vienen sufriendo la mayor degradación de su historia, la calidad del agua ha empeorado enormemente por la contaminación industrial, urbana y agrícola, la demanda del agua para la agricultura y el abastecimiento crece de forma indetenible. También ha aumentado el acoso físico al ecosistema fluvial, manifestándose en los cultivos hasta el borde del río, la urbanización de terrenos aluviales y la ejecución de incontables obras de acondicionamiento y regulación del cauce a través de presas, canalizaciones, rectificaciones y dragados. Esta degradación se refleja en una constante reducción territorial del espacio público a lo largo de las

---

<sup>2</sup>Tánago, M. G. (2004). *La Restauración de cauces y riberas fluviales*. Recuperado el 28 de Abril de 2010, de [gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf](http://gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf)

riberas ocupadas, la falta de naturalidad en los ríos, el aumento de desastres naturales y un número creciente de especies de flora y fauna amenazadas y en peligro de extinción.

Venezuela es un país con una extensa red hidrográfica, en ella existen diversas clases de cursos de agua, cada uno de ellos con su propio carácter de acuerdo a su localización, relieve caudal, etc. Entre tanta variedad, los asociados a los centros urbanos son los más problemáticos a nivel ambiental por la relación propia con la urbe, la cual data desde los tiempos de la Colonización de América, después que los monarcas españoles promulgaron las Leyes de Indias, a fin de regular la vida social, política y económica entre los pobladores de los territorios conquistados en el continente americano.

Entre los problemas existentes en nuestros ríos y sus áreas de influencia podemos citar la densidad de población, la contaminación del agua por desechos arrojados a su cauce, la no integración de la ciudad hacia el río, la deforestación a lo largo de su cauce, la ocupación de sus riberas por construcciones ilegales y sin ningún tipo de ordenamiento ni normativa, las intervenciones con obras civiles como el embaulamiento y la canalización, entre otros.

Los usos y las actuaciones administrativas sobre el río arrastran este enorme costo ambiental. Su reducción tiene que basarse en la vuelta a la sostenibilidad tanto de los usos y actividades que se ejercen en su cauce y sus áreas asociadas, por lo que parece procedente que esta investigación sea un parámetro a tomar en cuenta, a fin de que se elabore planes específicos sobre ríos y riberas que promuevan su conservación y su restauración cuando sea necesario, con el fin de que los espacios fluviales sean aprovechados por la comunidad sin perjudicar la dinámica fluvial.

Desde el punto de vista paisajístico, el río es un elemento primordial en el paisaje ya que forma parte de un sistema extraordinariamente complejo que sobrepasa los límites geográficos, así como también se ve afectado tanto por la utilización del agua como por el uso del suelo en toda la cuenca vertiente. Por lo tanto, la conservación y la restauración de los ríos y riberas debe tener por objeto la eliminación de las causas que provocan su deterioro, prevaleciendo el

principio la prevención, cuando el ecosistema fluvial ha sido irreversiblemente destruido se debe proceder a estudiar, diseñar y construir una estructura territorial que, al menos parcialmente, pueda cumplir las funciones medioambientales que tenía antes de su destrucción dirigidas a regular el uso de los bordes fluviales. En ese sentido, se puede acotar que las técnicas de restauración del paisaje con materiales orgánicos se iniciaron en Europa a finales del siglo XIX y principios del siglo XX en los países alpinos Alemania, Austria y Suiza, pero el desarrollo moderno fue en los años 30 en Austria.

En Londres el río Támesis presentaba un alto grado de contaminación del agua producto del incremento de la población y el vertido de las aguas residuales al río, es por ello que el año 1874 se concluye el primer sistema de tratamiento de aguas residuales y se inicia un proceso de recuperación de la calidad del agua.

En España desde hace aproximadamente 20 años se viene ejecutando la restauración ambiental y paisajística “... y se ha desarrollado una estructura normativa y legal específica, técnicos especializados y empresas en busca de nuevas tecnologías y materiales”. (Renes, 2005)<sup>3</sup>.

En Dinamarca después de la implementación de la Ley de Arroyos en la década de los 80 se abrió el camino legal para la rehabilitación de los arroyos. (Hansen, 1997)<sup>4</sup>.

En Israel se creó la Administración Nacional de Ríos en noviembre de 1.993, el cual es el ente coordinador entre los numerosos organismos que se dedican a los ríos en dicho país y supervisa la preservación y renovación de sitios naturales e históricos a lo largo de las márgenes de los ríos. (Gabbay, 2001)<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> Renes, V. P. (2005). *Control de Calidad en la obra de restauración paisajística*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de [www.aepjp.es/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id...](http://www.aepjp.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id...)

<sup>4</sup> Hansen, H. (1997). *Restauración de ríos y arroyos. Experiencias y ejemplos de Dinamarca. Ministerio del Ambiente y de la Energía. Instituto Nacional de Investigaciones del Ambiente*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de [www.dmu.dk/1\\_viden/2.../3.../river\\_restoration\\_es\\_1-2.pdf](http://www.dmu.dk/1_viden/2.../3.../river_restoration_es_1-2.pdf)

<sup>5</sup> Gabbay, S. (2001). *Rehabilitación de los ríos de Israel*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de Ministerio de Relaciones Exteriores. Revista de Artes y letras de Israel. 111/2001.: [http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/2000\\_2009/2002/7/Rehabilitacion%20de%20los%20rios%20de%20Israel](http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/2000_2009/2002/7/Rehabilitacion%20de%20los%20rios%20de%20Israel)

En los Estados Unidos de América se puede considerar el inicio de la restauración ambiental en el año 1935, cuando Aldo Leopold en la Universidad de Wisconsin-Madison, trató de estabilizar los suelos erosionados en una pradera mediante el recubrimiento con especies vegetales nativas recuperándola con vegetación autóctona. Pero fue en 1985 en un Simposio en el Arboretum de la Universidad de Wisconsin, se unificaron teorías y prácticas de las actividades para restaurar los ambientes degradados por las intervenciones humanas y se introdujo el concepto de restauración ecológica.

Algunos estudiosos del paisaje y del ambiente como Michael Hough y Ian McHarg demostraron en sus publicaciones que es necesario reconciliar la naturaleza con el hábitat humano, es decir, los procesos naturales que han conformado la tierra en el larguísimo proceso de la evolución, son las bases indispensables para ordenar los asentamientos humanos. Por ello, el paisaje debería ser estudiado por sus múltiples usos y por lo mucho que proporciona a cambio de muy poco esfuerzo, creando nuevos paisajes que generen modos de vida saludables y no se limiten a rectificar los males de la ciudad.

McHarg (1992) plantea que la tierra, el aire y los recursos hidrológicos son indispensables para la vida y por lo tanto son valores sociales. Sin embargo, la presión ejercida por el crecimiento de las ciudades hacia espacios libres y allí debemos incluir lamentablemente a los ríos y quebradas urbanos, ha contribuido a su contaminación, siendo una de las principales fuentes la descarga directa de aguas servidas de origen doméstico e industrial. Hay una falta generalizada de plantas de tratamiento de aguas servidas salvo, en unos casos, para los desechos industriales más tóxicos. Otro factor importante que contribuye a la contaminación de las aguas es la evacuación directa de desechos sólidos en los cuerpos de agua cercanos a las poblaciones así como su disposición en vertederos abiertos, sin control alguno.

Todo lo anteriormente expuesto nos lleva a formular unas interrogantes cuyas respuestas permitirán el diseño de unos lineamientos para el manejo de proyectos paisajistas en bordes fluviales urbanos, en el desarrollo de esta investigación:

¿Cuáles son los problemas presentes en los bordes fluviales urbanos?

¿Cuáles son las técnicas utilizadas para el tratamiento de los bordes fluviales urbanos?

¿Cuáles son los diferentes materiales utilizados para el tratamiento de los bordes fluviales urbanos?

¿Cuáles son las tipológicas de vegetación utilizada para los tratamientos de los bordes fluviales urbanos?

¿Qué parámetros permitirán definir los lineamientos para el manejo paisajista de los bordes fluviales urbanos?

Ahora bien, como la mayoría de los ríos que cruzan o bordean nuestras ciudades no son navegables y en gran parte están intervenidas sus riberas presentando la problemática descrita anteriormente, este trabajo de investigación, pretende estudiar, siempre orientados hacia el paisajismo, como se pueden restaurar sus bordes, que tipo de vegetación riparia ayudaría a esa restauración de ribera y como se puede mejorar la calidad del agua utilizando medios naturales tales como la vegetación. Para ello se estudiarán las experiencias que se están efectuando en Europa, América y Asia de manera de tener una noción global del tema y poder aplicarlo en nuestros ríos urbanos considerando el marco jurídico nacional que regula la materia.

Por todo lo anteriormente descrito y con el fin de llevar a cabo nuestro trabajo de investigación, nos hemos fijado como objetivo general *“Formular lineamientos para el manejo de proyectos paisajistas en bordes fluviales urbanos”*. Para lo cual, a fin de dar cumplimiento a este objetivo nos hemos trazado cinco objetivos específicos, los cuales describiremos a continuación. Dado el grado de degradación que presentan nuestros ríos y quebradas urbanas, como primer objetivo específico nos hemos planteado *“Identificar los problemas que presentan los bordes fluviales urbanos”*. Para solucionar los problemas ambientales producidos por la degradación de los ríos y no distorsionar el paisaje, debemos conocer y *“Describir los diferentes materiales utilizados para los tratamientos de bordes fluviales urbanos”*, lo cual sería nuestro segundo objetivo. Con el fin de solucionar estas degradaciones del sistema fluvial, nos planteamos este tercer objetivo, *“Examinar y evaluar las técnicas utilizadas en el manejo de bordes fluviales para aplicarlas al*

*paisajismo en los ríos y quebradas urbanas*”. Como parte esencial en el proceso de recuperación ambiental de los sistemas fluviales está la vegetación de ribera, por lo cual como cuarto objetivo nos proponemos “Identificar tipologías de vegetación riparia adecuada para ser utilizadas en los tratamientos de bordes fluviales urbanos”. Una vez estudiado cómo funciona el sistema fluvial y como está siendo degradado por las perturbaciones antrópicas y que se está haciendo en los países industrializados para evitar seguir degradando estos sistemas, debemos enfocarnos en efectuar en nuestro país los proyectos para recuperar nuestros sistemas fluviales y sobremanera en sus tramos urbanos, los cuales son los más degradados y para ello nos hemos propuesto el quinto objetivo, “Establecer parámetros que permitan definir los lineamientos para el manejo de bordes fluviales urbanos considerando el marco jurídico existente”. Con estos cinco objetivos estaremos en capacidad de poder elaborar nuestros lineamientos para el manejo de proyectos paisajistas y poder iniciar un proceso de recuperación de nuestros sistemas fluviales tan deteriorados a lo largo de los años.

Siguiendo el planteamiento de algunos estudiosos del paisaje y del ambiente como Michael Hough y su gran maestro Ian McHarg, es necesario reconciliar la naturaleza con el hábitat humano porque la tierra, el aire y los recursos hidrológicos son indispensables para la vida y por lo tanto son valores sociales. Es por ello que debido al crecimiento de las ciudades, y su necesidad de espacios libres debemos incluir a los ríos y quebradas urbanos, pero con una visión y criterios distintos a los actuales, es decir, siempre tomando en cuenta que el río es un elemento primordial en el paisaje y que forma parte de un sistema extraordinariamente complejo y su manejo tiene que basarse en la vuelta a la sostenibilidad tanto de los usos y actividades que se ejercen en su cauce y como en sus áreas asociadas, con el fin de ser aprovechado por la comunidad sin perjudicar la dinámica fluvial.

En la actualidad existe una corriente ambientalista global que ha llevado a los países industrializados a cambiar sus puntos de vista sobre el manejo de los sistemas fluviales, utilizando técnicas y materiales de bajo impacto ambiental para solucionar problemas de degradación del ambiente en el ámbito

fluvial, así como también eliminando estructuras construidas que han ocasionado grandes perturbaciones durante años y posteriormente entran en un procesos de restauración en el sistema fluvial, volviendo a desarrollarse los hábitats para la reconstrucción de los ecosistemas originales o similares, existentes antes de la degradación. Para lograr esos resultados, participan un equipo interdisciplinario en el área hidráulica, ambiental y social.

Nuestra intención con este trabajo de investigación es luego de conocer cómo funciona el sistema fluvial y de señalar esas técnicas y materiales utilizados en dichos trabajos multidisciplinarios, es formular los lineamientos necesarios para el manejo de proyectos paisajistas en bordes fluviales urbanos, pero con una visión siempre orientada hacia el paisajismo y no solo bajo el enfoque hidráulico o ambiental.

## MARCO METODOLÓGICO.

### Diseño y tipo de investigación.

El diseño de la investigación tiene como fin el abordaje del objeto como fenómeno empírico para lograr confrontar así la visión teórica del problema con los datos de la realidad. (Sabino, 1992)<sup>6</sup>.

La investigación a desarrollar corresponde con un diseño bibliográfico de tipo documental porque el dato o la información con la que se va a trabajar es extraída exclusivamente de fuentes documentales, dependiendo fundamentalmente de la información que se recoge o se consulta en documentos, tales como conferencias, tratados, libros, páginas Web, entre otros, aportando información de la realidad a estudiar, Fideas Arias explica “...es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. (Arials, 1999)<sup>7</sup>.

Según Sabino (1992), el hecho de trabajar con materiales ya elaborados de tipo secundario determina las principales ventajas e inconvenientes de los diseños.

El principal beneficio es que permite al investigador cubrir una amplia gama de fenómenos, ya que no solo puede fundamentarse en los hechos, de los cuales él mismo tiene acceso sino que puede abarcar una experiencia mayor, esto es relevante cuando el problema requiere de datos dispersos en el espacio, que sería imposible abarcar de otra manera.

### Nivel de investigación.

Según Arias (1.999) el nivel de investigación se representa el grado de profundidad con que se afronta un objeto o fenómeno. Aquí se indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa.

Desde el punto de vista de los objetivos internos de la presente investigación se puede señalar que es del tipo Descriptivo, la cual consiste en

---

<sup>6</sup> Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. Caracas.: Panapo.p.67.

<sup>7</sup> Arials, F. (1999). *El Proyecto de Investigación. Guía para su elaboración*. Caracas: Orials Ediciones.p.21.

describir o caracterizar situaciones, eventos y hechos. Permite medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos aspectos o elementos del fenómeno a investigar, determinando como funciona y cuáles son sus características para describir sus alcances.

*“Las investigaciones descriptivas se proponen conocer grupos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto su estructura o comportamiento. No se ocupan, pues, a la verificación de hipótesis, sino de la descripción de hechos a partir de un criterio o modelo teórico definido previamente”.* (Sabino, 2006)<sup>8</sup>.

Según Carlos Sabino (2006) las investigaciones de tipo Descriptivo permiten al investigador poner de manifiesto los conocimientos teóricos y metodológicos, ya que una buena descripción del fenómeno se puede hacer si se domina un marco teórico que permita integrar los datos y a la vez que sean confiables, completos y oportunos.

La presente investigación será del tipo descriptivo, ya que a fin de formular los lineamientos para el manejo paisajista de los bordes fluviales urbanos será necesario identificar, examinar y describir de forma organizada y lo más completa posible las variables que intervienen en el tratamiento de los mismos.

## **MARCO TEÓRICO.**

### **Consideraciones generales.**

Para llegar a formular los lineamientos necesarios para el manejo paisajista en los bordes fluviales urbanos, será necesario conocer el contexto donde se van a desarrollar, para ello comenzaremos por conocer el río como elemento importante del paisaje y sus características básicas tales como la geomorfología, la vegetación que lo circunda, sus problemas ocasionados por la cercanía con la ciudad y los usos de la tierra que el hombre a dispuesto en

---

<sup>8</sup> Sabino, C. (2006). *Como hacer una Tesis y elaborar todo tipo de escritos*. Caracas: Panapo.p.69.

sus bordes o riberas, usos no siempre los más acordes con la funcionalidad de los ríos. En otros países como España, Marta González del Tánago, lo plantea de esta manera:

*“...ya existe un mayor conocimiento de todos los bienes y servicios que pueden ofrecer los ríos, y cada vez se valora en mayor medida la rentabilidad económica de otros usos no tradicionales, lúdicos, y culturales, que pueden ofrecer los ríos cuando se mantienen en condiciones naturales”.* (Tánago, 2004).<sup>9</sup>

Venezuela es un país con una extensa red hidrográfica, y el tratamiento de sus cauces y bordes fluviales urbanos es de una manera rígida con obras como el embaulamiento y la canalización entre otros, destruyendo sus riberas y los ecosistemas que se desarrollan en ellas. Por ello, vamos a revisar los tratamientos de bordes tradicionales como los anteriormente descritos y analizaremos las nuevas tendencias en el tratamiento de bordes con materiales vivos *“...como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales solos o en combinación con materiales inertes como piedra, tierra, madera, hierro o acero como elementos constructivos”.*<sup>10</sup> (Sangalli, s/f)

Cuando intentamos sacarle provecho a la producción de un paisaje natural cubierto de vegetación madura, tendemos a desestabilizarlo. Si solamente se modifica el paisaje para una cosecha en pequeñas cantidades, el sistema permanece en equilibrio o regresa a esa forma natural al dejar de ser perturbado, pero a veces vuelve a un estado similar previo de la perturbación. Mientras que una modificación a más gran escala, para una cosecha mayor con ganancias a más corto plazo, actúa perturbando el paisaje produciendo otro tipo de sistema muy diferente al original y en algunos casos se queda como si se siguiera perturbando. Hoy en día existe una tendencia a revertir los daños producidos a un ecosistema, dejándolo en un estado similar a como estaba antes de la perturbación. Así lo entendió la Sociedad para la

---

<sup>9</sup> Tánago, M. G. (2004). *La Restauración de cauces y riberas fluviales*. Recuperado el 28 de Abril de 2010, de [gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf](http://gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf)

<sup>10</sup> Sangalli, P. (s/f). *¿Qué es la Ingeniería Biológica o Bioingeniería?*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2010, de Revista B & P N° 130. *Arquitectura del Paisaje. Construcción y Medio Ambiente.* : [http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12_19.pdf)

restauración Ecológica cuando en 1996 sugirió la siguiente definición de restauración:

*“La restauración ecológica es el proceso de recuperar y manejar la integridad ecológica de un sistema. Esta integridad incluye un rango crítico de variabilidad en biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras en un contexto regional e histórico y sustentable para prácticas culturales”.* (Zambrano, 2003)<sup>11</sup>.

En la actualidad existe una tendencia de la ingeniería en el campo de la restauración ambiental, que maneja una serie de técnicas utilizando material vegetal vivo como elemento de construcción, solo o combinado con materiales inertes, *“...son sistemas vivos, basados en la sucesión natural, es decir, que permanecen en equilibrio mediante una autorregulación dinámica sin necesidad de aporte de energía artificial”.* (Sangalli, s/f)<sup>12</sup>.

La vegetación juega un papel importantísimo en estas técnicas para el tratamiento de los bordes fluviales ya que llegan a estabilizar el suelo gracias a su sistema radicular, protegen la superficie del suelo de la erosión, favorece la acumulación de arena, modifican las funciones ecológicas de las zonas intervenidas, facilita el drenaje del suelo, mejora la cantidad de nutrientes, favorece a la biodiversidad, enriquece el paisaje creando focos visuales y de colores donde antes existía un área desolada, entre otros.

En el caso de la vegetación sumergida en el río las bondades serán retener los sedimentos y van generando nutrientes para comenzar a generar un hábitat ideal para muchos peces e invertebrados, por lo cual fomenta la diversidad al crear un mayor número de ambientes para diferentes especies.

Por ser los bordes fluviales unas áreas de mucha fragilidad, tanto desde el punto de vista del ecosistema como del paisaje, será necesario fijar unos parámetros a considerar para garantizar la eficiencia en el manejo de esos espacios, ya que es necesario buscar un equilibrio entre la naturaleza y la actividad humana, como dice Michael Hough (1998) *“...debe buscarse en una*

<sup>11</sup> Zambrano, L. (2003). *La Restauración de ríos y lagos*. Recuperado el 1 de Mayo de 2010, de [redalyc.uaemex.mx/redalyc/.../ArtPdfRed.jsp?...](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/.../ArtPdfRed.jsp?...)

<sup>12</sup> Sangalli, P. (s/f). *¿Qué es la Ingeniería Biológica o Bioingeniería?*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2010, de Revista B & P N° 130. *Arquitectura del Paisaje. Construcción y Medio Ambiente.* : [http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12_19.pdf)

*visión ecológica que abarque tanto el paisaje urbano como la gente que habita en él*". (Hough, 1998)<sup>13</sup> Igualmente tendremos que considerar el marco jurídico existente por el cual nos regiremos.

Finalmente, en este trabajo de investigación se formularán lineamientos luego de analizar algunos parámetros necesarios para llegar a ejecutar un manejo eficiente de proyectos de Arquitectura Paisajista en los bordes fluviales urbanos.

### **Antecedentes.**

A pesar de la tendencia histórica, de ubicar los asentamientos en las riberas de los ríos, los pobladores iniciales de esas zonas pudieron elegir los emplazamientos más adecuados, situados en terrenos relativamente bien protegidos de las crecidas más frecuentes; sin embargo, el continuo crecimiento de la población, obligó a ocupar de forma indiscriminada las llanuras inundables, sin planificación ni reglamentación, de manera que los daños potenciales debidos a las inundaciones experimentaron un incremento espectacular que impulsó, correlativamente, los esfuerzos destinados a paliar y disminuir sus consecuencias. La gran mayoría de las intervenciones realizadas en los ríos y sus riberas fueron con materiales y métodos tradicionales o estructurales, es decir, de infraestructuras. Obras hidráulicas que no le dieron importancia a algunos procesos fluviales asociados a la ecología y al paisaje.

Sin embargo es en la Edad Media cuando se estima el inicio de la necesidad de restaurar y proteger los bordes fluviales con materiales naturales, los elementos de construcción que se utilizaban eran las piedras y la madera. Estos materiales los combinaban con plantas vivas para la sujeción de deslizamientos, taludes y cárcavas, caminos y terrenos erosionados por arroyos. Estas técnicas hoy en día se les llaman Ingeniería Biológica, Ingeniería del Paisaje o Bioingeniería.

Existen publicaciones antiguas que datan de finales del siglo XVIII, referidas a las primeras obras en la disciplina de la Ingeniería Biológica,

---

<sup>13</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili.p.10.

Ingeniería del Paisaje o Bioingeniería, efectuadas en Austria y Suiza, por lo cual se puede pensar que esos países alpinos dan origen a estas técnicas. Técnicas utilizadas principalmente en obras de restauración hidrológico-forestal en los siglos XIX y principios del siglo XX. En esta misma época, países alpinos como Austria, Suiza y Alemania, a fin de resolver sus problemas de inestabilidad de taludes ocasionados de forma natural, así como también, los ocasionados como consecuencia de la construcción de infraestructuras en los Alpes, desarrollaron técnicas sencillas basadas en el uso de material vegetal. Con la utilización del concreto armado, estas técnicas fueron relegadas al medio rural y forestal de la zona.

En los años 30 del siglo XX se considera como el inicio del desarrollo moderno de esta disciplina. La razón principal de este resurgimiento fue la necesidad de controlar los desprendimientos de tierra, torrenteras y avalanchas de montañas en los Alpes austríacos, unido a la recesión económica de esos años, que obligó a utilizar técnicas artesanales económicas disponibles en el propio lugar de los eventos de forma inmediata. Estas técnicas luego fueron utilizadas para controlar fenómenos de erosión intensos para apoyar los trabajos de ingeniería civil, tal es el caso de las aplicadas en el programa de autopistas del gobierno de Hitler en Alemania.

A mediados del siglo XX, los países europeos y los Estados Unidos como respuesta a las condiciones deterioradas de sus ríos y lagos comenzaron a preocuparse por sus restauraciones. Deterioro ocasionado por el desarrollo industrial que generó la degradación sustancial de las corrientes de agua que por su condición convirtieron en el perfecto sistema de transporte de desechos.

Debido a una de las crisis económicas más graves ocurridas en Europa Occidental, durante la década de los años 30 del siglo XX, se rescataron muchas de las técnicas de la bioingeniería debido a su bajo costo. En Alemania, antes de la Segunda Guerra Mundial, los operadores forestales pertenecientes a la Administración Pública, *“...empezaron a experimentar, valorar, codificar y consolidar algunas tipologías y criterios de intervención*

*basados en la utilización de material vivo (plantas) y/o natural (maderas, piedras)...". (Sangalli, s/f)<sup>14</sup>.*

La consolidación científica de la Bioingeniería ha sido posible por las investigaciones científicas en los últimos 40 años, la incorporación de nuevos materiales industriales, la evolución de los criterios y de las capacidades técnicas; esto unido a las nuevas exigencias sociales y culturales, y a un cambio en la escala de valores, sobremanera con la nueva conciencia ambiental. Por todo lo anterior, la Bioingeniería se ha convertido en un instrumento operativo, para el control de la erosión y para la protección del ambiente y sobre todo para la defensa del paisaje.

Estos métodos biotecnológicos, como el uso de material vegetal para el control de erosión, ha estado utilizándose en los Estados Unidos desde los inicios de la década de los 30 del siglo pasado, en la restauración de los bordes de las quebradas o arroyos utilizando piedras y estacas de plantas locales. Sin embargo las nuevas técnicas de Bioingeniería se han desarrollado más en los países Alpinos y su aplicación en los Estados Unidos ha sido a partir de los años 70, importando los insumos especiales desde Europa, para reparar taludes, controlar deslizamientos en suelos húmedos y secos y básicamente para estabilizar los bordes de los arroyos.

Durante los años setenta del siglo pasado, se generó un interés en los países desarrollados por el tema ambiental e iniciaron un proceso de limpieza a sus grandes cuerpos de agua, por razones higiénico-sanitarias e incentivaron la inversión en los bordes de agua. Un ejemplo claro se puede observar en San Francisco, California; San Antonio, Texas y en Birmingham en Inglaterra, donde dichas ciudades ejecutaron un plan de descontaminación de sus canales para atraer la inversión y desarrollar los bordes de agua como espacios públicos para la recreación, viviendas, oficinas y comercios.

A finales del siglo XX, en España surge en la sociedad la necesidad de preservar el paisaje y de minimizar las intervenciones antrópicas y se inician los

---

<sup>14</sup>Sangalli, P. (s/f). *¿Qué es la Ingeniería Biológica o Bioingeniería?*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2010, de Revista B & P N° 130. Arquitectura del Paisaje. Construcción y Medio Ambiente. : [http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12_19.pdf)

trabajos para la restauración de paisajes. Se crean leyes sobre la evaluación de impacto ambiental y en ellas se establece la obligación de acompañar los proyectos de una evaluación ambiental de un proyecto de restauración. Por lo tanto, es en la última década del siglo pasado que se retoma el interés por las técnicas de la Bioingeniería, ya que permiten conjugar la eficacia técnica con los objetivos ecológicos y paisajísticos.

A raíz de la primera Conferencia Internacional celebrada en Lund, Suecia, sobre la restauración de ríos, ha propiciado un gran interés, en toda Europa sobre la restauración de ríos, arroyos y ecosistemas de vegas para beneficio de la flora y de la fauna.

En Venezuela, a finales de los años 80, la tecnología de la Bioingeniería comenzó a divulgarse y constatarse, luego de la promoción hecha por el Banco Mundial a través de la Red del Vetiver. Pero es a partir de de la década de los 90, cuando en el país se ha acentuado el desarrollo de esta tecnología como especialidad integradora de las propiedades técnicas y biológicas de las plantas vivas y su utilización como elemento en obras de recuperación ambiental, como la utilización de la tecnología del vetiver en proyectos de infraestructura para la conservación de suelos.

## **CAPITULO I.**

### **BORDES FLUVIALES URBANOS.**

Como bordes fluviales podemos llamar a las franjas de tierra o piedras que forman el límite físico con los ríos. Su caracterización es muy variable, su topografía puede ser relativamente plana o con pendiente, el material puede ser de granulometría diversa, desde material fino hasta rocas, cuando presenta vegetación igualmente puede ser variable. En los bordes con topografía relativamente plana, suele formar meandros. Los bordes fluviales urbanos, como su nombre lo indica, hacen de límite con un centro urbano, lo cual históricamente ha sido una constante la ubicación de poblados en las cercanías de los ríos para aprovechar sus recursos.

Son diversos los actores que se interrelacionan en estos bordes desde los físicos y los ambientales en las zonas despobladas y los culturales con los anteriormente descritos en las áreas pobladas. Estas interacciones reflejan las actuaciones humanas y en muchos casos son los causantes de las degradaciones de los sistemas fluviales tanto físico como ambiental. Los avances tecnológicos en el área de la construcción de obras fluviales han llevado a diseñar y construir obras de protección a los centros poblados sin tomar en consideración todos los factores que hacen vida en los sistemas fluviales ocasionando otros problemas río abajo.

Por ello, para enfrentar cualquier tipo de intervención en los sistemas fluviales necesitamos conocer el río, sus funciones y procesos, de manera de entender que estamos interactuando con un elemento que no es aislado, que de él dependen otros sistemas y su perturbación modifica las condiciones de vida de todos los organismos que se interrelacionan con él, por ello en este trabajo de investigación comenzaremos por entender que es el río, como funciona y cuáles son los procesos que se generan en todo el sistema fluvial que condicionan los bordes fluviales urbanos.

#### **Los ríos y su caracterización.**

Aproximadamente, el 70% de la Tierra está cubierta por agua y se encuentra distribuida en los océanos, en el hielo polar, en los glaciares y en las

aguas continentales que forman los lagos y ríos. Esta distribución del agua no es estática, hay un movimiento constante y cada medio acuático es un reservorio de agua que está constantemente renovándose. En un planeta donde el agua ha modelado la superficie terrestre, los ríos solo albergan una fracción pequeña del total del agua, sin embargo, esta constante renovación de los ríos permite que casi toda el agua circule siempre por los cauces fluviales. Estos cauces históricamente han sido intervenidos por el hombre para su aprovechamiento, y es en las zonas urbanas donde se refleja más estas perturbaciones. Dado que en sus riberas es donde la mayor parte de las ciudades se han desarrollado, por ello es que hemos definido como el ámbito de estudio para esta investigación, los bordes fluviales urbanos.

A lo largo de la escolaridad en los diferentes niveles de nuestra educación recordamos que un río es una corriente de agua que desemboca en el mar y si consultamos en el diccionario de la Real Lengua Española (RAE.), el río lo define como “...*corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar...*”. (RAE, 2001)<sup>15</sup> Por lo cual, podemos entender que es una corriente de agua permanente que fluye por un cauce de mayor a menor altitud, desembocando en un lago, el mar o en otro río llamado afluente.

*“...el río es un medio con un flujo bifásico de agua y sedimento (procedente del cauce o de la cuenca)”*. (Martín Vide, 2008).<sup>16</sup>

*“...el río hay que entenderlo como un corredor de agua y sedimentos en el que se produce, en un marco especial muy amplio, una interacción dinámica y permanente de elementos abióticos y bióticos”*. (Fernández, s/f.).<sup>17</sup>

Los ríos son elementos esenciales en el ciclo hidrológico del agua por conectar las cuencas terrestres con la atmósfera y con el mar. Por ejercer esa función conectora, además de agua, transporta sales, sedimentos y organismos; sus complejas reacciones químicas y biológicas producidas en su

---

<sup>15</sup> RAE. (2001). *Real Academia Española*. Recuperado el 1 de Mayo de 2010, de <http://www.rae.es/rae.html>

<sup>16</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.22.

<sup>17</sup> Fernández, J. (s/f.). *La recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del río Zadorra en Vitoria-Gasteiz*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de : <http://www.vitoria-gasteiz.org/cea/documentos/1397es.pdf>

cauce son responsables en gran parte de las características químicas del agua retenida en los grandes reservorios como los lagos y los océanos. Desde el punto de vista geológico, durante millones de años los ríos han transportado sedimentos en sus cauces “...que afloran en las orogenias y forman parte del sustrato litológico de las placas continentales...”. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>18</sup>

Todos los ríos del planeta tienen una serie de características comunes que se derivan de la corriente del agua, pero también numerosas particularidades en función de las características climáticas y de la cuenca que drenan: área, geología, suelos, topografía, usos del suelo, cubierta vegetal, impactos humanos, etc.

Esta corriente natural de agua fluye con continuidad, posee un caudal determinado e inconstante a lo largo del año, puede ser permanente, intermitente o espasmódica, dependiendo de la cantidad de agua que cae en él producto de las precipitaciones en su cabecera y en su recorrido hasta su desembocadura.

Los ríos se estructuran en forma ramificada y jerarquizada, donde se ven a las pequeñas quebradas confluyendo y formando quebradas mayores, estos a su vez confluyen formando ríos mayores y así sucesivamente constituyendo las cuencas hidrográficas. En esta red que forman las cuencas las pequeñas quebradas dominan por su longitud y por superficie de cauce acumuladas, por lo cual, es en ellos donde se dan gran parte de las interacciones entre el medio terrestre y el acuático las cuales influyen en el desarrollo de la biota de los ecosistemas fluviales.

*“Los ríos desde su nacimiento hasta su desembocadura buscan, como forma final una curva parabólica y una disminución constante de su caída, venciendo lentamente y a través del tiempo toda clase de obstáculos como las rocas”.* (Prieto, 2004).<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Elosegui, A. y. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p.16.

<sup>19</sup> Prieto, C. J. (2004). *El agua. Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. (2da. Edición). Ecoe. Recuperado el 24 de Abril de 2010, de Google Books: : [http://books.google.es/books?id=9c-Bjue-cBsC&printsec=frontcover&dq=El+agua.+Sus+formas,+efectos,+abastecimientos,+usos,+da%C3%B1os,+control+y+conservaci%C3%B3n&source=bl&ots=mh9pbnBonY&sig=g2zEECU3bY5TWblBqhi1fvinVBM&hl=es&ei=fzPUS\\_2bLJGS8QSRncTPDw&s](http://books.google.es/books?id=9c-Bjue-cBsC&printsec=frontcover&dq=El+agua.+Sus+formas,+efectos,+abastecimientos,+usos,+da%C3%B1os,+control+y+conservaci%C3%B3n&source=bl&ots=mh9pbnBonY&sig=g2zEECU3bY5TWblBqhi1fvinVBM&hl=es&ei=fzPUS_2bLJGS8QSRncTPDw&s)

Para la Directiva Marco del Agua<sup>20</sup>, el río hay que entenderlo como un ecosistema fluvial en el que surge el biotopo<sup>21</sup> con tres elementos fundamentales: el cauce, la ribera y la llanura de inundación; y unido al biotopo se encuentra la biota<sup>22</sup>, acuática y terrestre.

Según Elosegui, A. y Sabater, S. (2009), cada río tiene características propias, pero también hay una serie de patrones comunes que determinan la distribución y abundancia de las comunidades biológicas, y el funcionamiento del ecosistema en relación con sus comunidades y los factores ambientales. Estas características son muy diversas dada las diferentes condiciones paisajísticas y geográficas de la esfera terrestre y los factores que inciden en su geomorfología como son el clima, el relieve, la geología, la ecología. La interacción de todos estos factores dan como resultado la variedad de ríos distintos entre sí: los hay de montaña o de llanura, grandes o pequeños, de zonas secas o húmedas, de arenas o gravas.

*“Las características de los sistemas de ríos que pueden utilizarse para demostrar la unidad entre formas caen dentro de tres categorías generales, el cauce del río, el valle del río, y la red hidrográfica (el término que se aplica al sistema de cursos de agua que ramifican a los tributarios más pequeños)”.* (Luna, 2007).<sup>23</sup>

Posee una estructura hidrográfica organizada jerárquicamente, de forma que los afluentes confluyen sucesivamente para formar cauces cada vez más anchos. La estructura del ecosistema fluvial<sup>24</sup>, cambia en tamaño y complejidad como respuesta a la hidrología, que determina el trabajo motriz del agua y la distribución de los sustratos y materiales transportados en el cauce.

<sup>20</sup> La Directiva Marco del Agua es una norma del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea por la que se instaura un marco de actuación comunitario en el contorno de la política de las aguas. En ella se pronuncia sobre la definición, análisis de las aguas, su gestión y programas. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/agriculture/environment/l28002b\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l28002b_es.htm)

<sup>21</sup> Espacio o áreas ecológicamente homogéneas caracterizadas por un sustrato material (suelo, agua, etc.) que constituye el soporte físico para que viva una biocenose. También es definido como el espacio ocupado por una biocenosis; dentro de su ámbito pueden identificarse varios tipos diferentes de hábitats, los que tienen, por tanto, una connotación espacial más restringido. Biocenosis mas biotopo constituye un ecosistema. Sarmiento, F.

<sup>22</sup> La biota es el conjunto de animales y plantas de una región. La flora y la fauna del paisaje en su totalidad. El término se refiere además a los hongos, bacterias y los protistas que habitan un bioma.

<sup>23</sup> Luna, L. (2007). *Ríos*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología.: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/366/leopold.html>.

<sup>24</sup> El ecosistema fluvial está constituido por el cauce, la zona de ribera, la llanura de inundación y la zona hiporreica.

Los ríos son los medios y las rutas por las cuales los productos de la erosión continental son transportados a los océanos del mundo. El exceso de la precipitación sobre la evaporación y la transpiración provee el caudal de ríos y manantiales, recarga los mantos acuíferos, y constituye el suministro mediante el cual el hombre obtiene agua para sus necesidades. En los grandes ríos el caudal lo determina generalmente el clima existente en su cuenca de drenaje, especialmente la precipitación. Pero en las quebradas es la influencia que ejerce en sus cuencas el tipo de relieve, las rocas y la vegetación.

Todos los ríos transportan material o sedimentos en su recorrido, éstos son arrastrados en solución, en suspensión o como trozos del lecho del río y la cantidad de este material depende de la magnitud de su caudal, el cual puede ser proporcional a la pendiente, forma y dimensiones del cauce.

*“El papel geológico de un río es, a muy grandes rasgos, la erosión en la cabecera de la cuenca donde la pendiente es mayor y el material del cauce es más grueso, el transporte de ese material en el tramo medio y la sedimentación en el tramo bajo donde la pendiente es menor y el material del cauce es más fino. Esto da un perfil longitudinal típicamente cóncavo y una distribución del tamaño del material granular menguante en la dirección de aguas abajo”.* (Martín Vide, 2008)<sup>25</sup>

Dada la gran variedad de paisajes fluviales y ambientes geográficos, así como también los geológicos, a través de los cuales los cauces de los ríos han labrado en su recorrido, podemos decir que existen una variedad tal de tipos de ríos con características diferentes en general. Cada escenario paisajístico o geográfico puede suponerse que tiene su propio tipo especial de río.

Generalmente los ríos desde la zona de cabecera hasta su desembocadura van cambiando de tamaño. En sentido longitudinal se puede decir que están divididos en tres partes principales denominadas cursos o tramos, los cuales son: superior o alto, medio e inferior o bajo.

El curso superior o alto se desarrolla en las áreas montañosas, es el inicio de su cuenca. Normalmente es la sección más estrecha del río, posee un

---

<sup>25</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.26.

gran potencial erosivo e inicia el transporte río abajo de sedimentos y algunos de mayor grosor, donde el lecho del río suele formar valles con formas similares a una “V” al ajustarse en el relieve inferior. Sus características son las siguientes:

- Son ríos de montaña.
- Presentan fuertes pendientes en sus laderas vertientes y en su cauce, por lo cual la velocidad del agua es alta.
- El agua es cristalina.
- El ancho de su cauce es pequeño.
- La vegetación arbórea en sus bordes o riberas es densa y genera sombra en casi todo el cauce y permite poca entrada de luz, que limita la actividad fotosintética, además aportan material vegetal o materia orgánica particulada gruesa. *“Los únicos productores primarios son algas del perifiton que tapizan cantos rodados del lecho, el crecimiento de otro tipo de plantas verdes se ve limitado por el carácter oligotrófico del agua, alta velocidad del agua y carencia de luz”.* (Miliarium, 2004).<sup>26</sup>
- *Aporte externo de materia orgánica, que se descompone lentamente formando un detritus de partículas gruesas de materia orgánica, que son aprovechadas por los consumidores de ese tramo.* (Miliarium, 2004).

En el tramo medio del río se alternan las áreas donde el río erosiona y donde deposita parte de sus sedimentos, lo cual es ocasionado por las fluctuaciones de la pendiente y la influencia que reciben con respecto al caudal y sedimentos de sus afluentes, en este tramo la granulometría del sedimento es menos grueso. A lo largo del curso medio el río es más ancho, es una zona donde la luz penetra mucho más y la velocidad del caudal es algo más lenta, la sección transversal del río habitualmente se irá suavizando, tomando forma de pozas, sustituyendo la forma similar a una “V” del lecho que prevalece en el tramo superior. Igualmente, el río sigue teniendo la suficiente energía como

---

<sup>26</sup> Miliarium. (2004). *Restauración de riberas*. Recuperado el 24 de Abril de 2010, de <http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/RestauracionRiberas/Memoria.htm>

para mantener un curso aproximadamente recto, excepto que haya obstáculos excepcionalmente resistentes. Sus características son las siguientes:

- Presenta pérdida de velocidad en el cauce más un ensanchamiento del mismo y el lecho está constituido por gravas y cantos rodados de menor tamaño.
- El ancho del río aumenta mientras la cobertura vegetal disminuye y posibilita la entrada de los rayos solares donde son aprovechados por la vegetación baja. En este tramo el río presenta materia orgánica producida dentro del mismo.
- *La entrada de energía procedente de los sistemas terrestres mantiene su importancia pero en menor medida que en zonas de cabecera, es materia orgánica proveniente de los tramos altos. (Miliarium, 2004).<sup>27</sup>*

El tramo inferior o bajo es donde el río fluye en zonas relativamente planas y es el área donde se crean los meandros, formando lagos en forma de herradura y lodazales ya que el río acarrea grandes cantidades de sedimentos y el tamaño del material granular es más fina en dirección aguas abajo, formando las llamadas islas sedimentarias o deltas. Esto produce un perfil longitudinal típicamente cóncavo. Sus características son las siguientes:

- El cauce en valles abiertos y grandes llanuras de inundación con meandros sobre un lecho formado por sedimentación de granulometría fina.
- El agua es turbia ocasionado por los sedimentos finos en suspensión y a la presencia de sales disueltas. Los macrófitos buscan la luz y permanecen en las orillas ya que ésta es una zona de aguas pocos profundas.
- La velocidad del agua es baja y se puede desarrollar el fitoplancton.

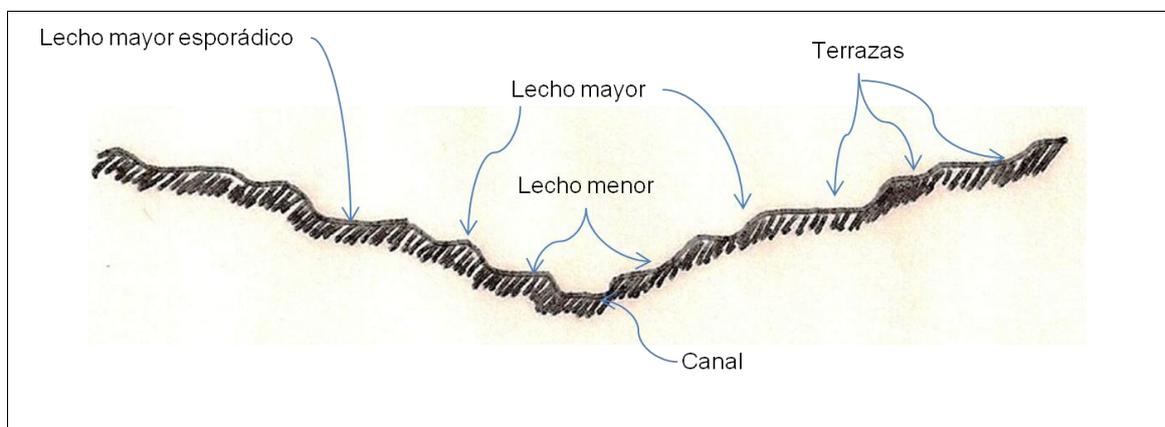
Otro de los componentes principales del río que es necesario analizar es su sección transversal, representada por el lecho o canal. El lecho o canal de un río es el área más excavada de valles y depresiones a lo largo de su cauce

---

<sup>27</sup> Miliarium. (2004). *Restauración de riberas*. Recuperado el 24 de Abril de 2010, de <http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/RestauracionRiberas/Memoria.htm>

el cual es creado por la fuerza que trae el río mientras baja hacia su desembocadura y es la zona donde el agua corre con mayor velocidad. Si visualizamos una sección transversal del lecho de un río podemos apreciar diferentes áreas o secciones que describimos como lecho menor, lecho mayor y lecho mayor esporádico.

El lecho menor es el área del río por donde corre el agua en épocas de estiaje o caudal mínimo incluyendo su canal inferior o su cota más profunda. Sus márgenes están bien definidas y presenta una variación de zonas hundidas o pozos y zonas de fondos altos o umbrales que pueden llegar a formar islas fluviales.



Sección transversal típica del lecho de un río. Fuente: Elaborado por el autor.

El lecho mayor es el cauce del río cubierto por el agua en época de máximo caudal anual, esta zona presenta un perfil de menor pendiente y en forma de lomas.

El lecho mayor esporádico es la zona de inundación de un río en las grandes crecidas ocasionada por las excesivas precipitaciones. No todos los años se inunda, por lo que está repoblado por la vegetación propia de las riberas o riparias o el hombre las ha intervenido utilizándola como áreas de cultivo o ha construido en él.

*“El fondo de un río responde con la erosión a las altas velocidades, de manera que fondo y régimen hidráulico pueden acomodarse a una sucesión de régimen lento formando pozos y a una de régimen rápido*

*formando lo que se conoce como “rápidos”, como muestra la naturaleza...”.*(Martín Vide, 2008)<sup>28</sup>.

La tipología de los ríos también tiene que ver con el comportamiento de su caudal a lo largo del año, caudal que viene dado por las variaciones producto de la dinámica de su alimentación consecuencia de los cambios climáticos estacionales.

El caudal de un río es la cantidad de agua que pasa por un punto y tiempo determinado. En condiciones regulares los ríos aumentan su caudal a medida que descienden, pero igualmente, a lo largo del año tienen crecidas o avenidas, y estiajes, es decir épocas en las que el caudal es mínimo. Estas crecidas y estiajes dependen del régimen de alimentación fluvial, el cual presenta cuatro tipos, a saber: glaciario, pluvial, nival y los mixtos, los cuales son: nival de transición, nivopluvial, pluvionival y los pluviales con más de una estación lluviosa. Salvo los muy cortos lo normal es que los ríos tengan, a lo largo de su curso diversos tipos de alimentación. En nuestro caso solo nos referiremos a los ríos pluviales por ser típicos de la zona tropical, donde las variaciones estacionales de los aportes de agua provocan variaciones en el caudal de los ríos. Esta variabilidad estacional habitual en el caudal de un río se denomina régimen hidrológico.

Los ríos de alimentación pluvial son aquellos en los que el caudal máximo depende del régimen de precipitaciones, es decir, son los ríos cuya mayor cantidad de agua le llega en las épocas de lluvia y la menor en las épocas de sequía, esta cantidad de agua depende de las características del clima. Los ríos de alimentación pluvial con más de una estación lluviosa se encuentran en la zona ecuatorial, donde las oscilaciones de la Zona de Convergencia Intertropical provocan dos estaciones lluviosas. El caudal de los ríos depende de las aguas de lluvia.

Dependiendo de las características absolutas del caudal podemos distinguir varios ejemplos de ríos:

---

<sup>28</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.23.

Ríos Regulares, son aquellos en los que la diferencia entre el máximo caudal y el mínimo es muy escasa. Se dice especialmente en los ríos de caudal abundante.

Ríos irregulares, que son aquellos en los que la diferencia entre el máximo caudal y el mínimo es muy escaso. Son típicos en los climas con un período árido.

Ríos permanentes, que son aquellos que circulan durante todo el año, con más o menos caudal.

Ríos estacionales, que son aquellos que sólo llevan agua durante la estación propicia, pero que todos los años llevan agua. Ríos esporádicos, que son cursos fluviales de alimentación pluvial típicos de las zonas desérticas en las que las lluvias no se presentan todos los años.

Ríos autóctonos, que son los ríos en los que el nacimiento y la desembocadura se desarrolla dentro de un mismo tipo de clima, e incluso con un sólo tipo de alimentación.

Ríos alóctonos, que son los ríos que nacen en unas condiciones climáticas pero a lo largo de su curso atraviesan otros climas muy diferentes.

Se dicen especialmente de aquellos que atraviesan zonas áridas de forma permanente, donde no reciben aportes mayores de agua y funcionan como oasis.

Los ríos intermitentes son los que tienen un régimen hidrológico determinado por las características de la cuenca y de las precipitaciones. Esto sucede en los ríos de los climas tropicales donde el régimen hidrológico tiene una fuerte y regular estacionalidad, es decir, hay un largo período de aguas altas que puede esperarse cada año. Las aguas subterráneas explican la permanencia de un caudal base de un río durante un período seco y a su vez, la infiltración a través de un cauce permeable explica que los ríos se sequen.

Debido a lo anteriormente descrito, *“...los ríos que solo llevan agua en episodios de fuertes precipitaciones, mientras que se mantienen secos el resto de la temporada se les llama ríos efímeros”*. (Martín Vide, 2008)<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.25.

“Se llaman ríos aluviales aquellos que discurren por materiales sedimentarios modernos, generalmente aportados por el propio río. El lecho de estos ríos tiene un cierto espesor de material granular prácticamente suelto”. (Martín Vide, 2008)<sup>30</sup>. Asimismo, es muy común que los materiales aluviales ocupen más extensión horizontal que la del cauce actual formando unas llanuras ocasionalmente inundables llamadas llanuras de inundación. Estos ríos pueden evolucionar a través de estas llanuras y causar cambios importantes de los cauces. Es en estas áreas donde generalmente se concentra la mayor densidad de actividades humanas.

Los ríos también se caracterizan por su dinamismo, en ellos se produce un movimiento unidireccional, en la cual su velocidad media está relacionada con la pendiente y generalmente va decreciendo a lo largo del cauce hasta su desembocadura. Los ríos se pueden calificar de primer orden en su tramo de cabecera, cuando dos tramos de cabecera se unen tenemos uno de segundo orden y así sucesivamente.

Los cambios estructurales van a ser en gradientes verticales y en gradientes horizontales. En los gradientes verticales, la luz que va a penetrar en el fondo del río depende del nivel de turbidez del agua. Uno de los factores que influyen en el grado de turbidez de los ríos es el contacto continuo con su entorno y por lo tanto éste le generará un gran aporte de materia orgánica e inorgánica desde el exterior. El grado de turbidez será proporcional al aporte de material orgánico que arrastre el cauce. A mayor material orgánico mayor será la turbidez del agua. Si tenemos un río muy turbulento continuamente se está removiendo el material del fondo. Los sistemas fluviales sufren variaciones temporales espaciales, que pueden ocurrir de forma aleatoria o puntual, dependiendo de la magnitud del fenómeno natural o la intervención antrópica acontecida. La vegetación también influye, si hay una gran cantidad de árboles riparios se está limitando la fotosíntesis.

Los cambios serán más acentuados en un gradiente horizontal, donde en los tramos de cabecera son más frescos y va aumentando la temperatura

---

<sup>30</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos. Op.Cit.P.25*

según nos vamos acercando a la desembocadura, aunque la temperatura del agua de ríos va ligada a la temperatura ambiental. Otras características de este tipo de gradiente son: la dependencia del caudal de la precipitación que reciba la cuenca, la vegetación riparia ayuda a controlar las crecidas, las aguas de cabecera están mejor oxigenadas. La salinidad también hace disminuir la concentración de oxígeno. En zonas más contaminadas la concentración de oxígeno disminuye de forma notable debido a la actividad bacteriana.

Según su geomorfología o según la forma que adopta la corriente en planta, los ríos se pueden clasificar en tres tipos básicos: rectilíneo, meándrico, y anastomosado (braided en inglés). Los parámetros utilizados para esta clasificación son la sinuosidad del río y la multiplicidad de canales. Esta última depende del número de barras que divide la corriente en varios brazos.

En los ríos rectilíneos sus corrientes se caracterizan por poseer una sinuosidad baja y una multiplicidad única, es decir, un único canal. Estos ríos son muy inestables, tendiendo a evolucionar a otros tipos de río. Tienen un caudal de alta energía y una gran capacidad erosiva.

En los ríos anastomosados sus corrientes presentan canales múltiples. Tienen una gran capacidad de transporte y sedimentación. Poseen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo tanto, al encontrarse con obstáculos en su recorrido, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce. Esta deposición en el fondo de sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, es la principal responsable de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce produciéndose islas dentro del mismo. A medida que se van estabilizando estas islas de sedimentos, puede llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera inicialmente y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río. El río meándrico tiene una sinuosidad alta y un único canal. Su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, el cual es una curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. En contraste con los dos tipos anteriores, las corrientes fluviales meandriformes combinan un

carácter sedimentario en la orilla convexa y un carácter erosivo generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro. Estas diferencias se deben, como es obvio, a la distinta velocidad de las aguas en las dos orillas.

En los climas tropicales por el color de sus aguas los ríos se pueden clasificar en ríos blancos, ríos negros y ríos claros azules. Los grandes ríos tropicales, tienden a ser llamados de aguas blancas y los ríos tropicales más pequeños o quebradas no tienen una corriente de agua, ni una composición tan uniforme como los grandes ríos y suelen ser llamados como los ríos negros y los ríos claros o azules.

En los ríos blancos el color café lodoso del agua, que pareciera estar contaminada por las descargas residuales y contaminantes, no es tal la causa, es la gran carga de sedimentos que acarrea el agua, los cuales son ocasionados por las fuertes lluvias tropicales. Todos los días toneladas de sedimentos son acarreados hacia los ríos desde las montañas y las áreas boscosas circundantes a través de las quebradas. La carga de sedimentos es aún mayor donde la deforestación ha dejado el suelo desprovisto de su cubierta vegetal protectora, y enormes cantidades de suelo se erosionan por las lluvias.

Los ríos blancos frecuentemente son alimentados por numerosos tributarios acidificados, por lo que tienen un bajo contenido de minerales y son relativamente suaves en cuanto a la dureza del agua. Estos ríos representan a la mayoría de los grandes ríos tropicales de los bosques lluviosos de tierras bajas, tienen poco gradiente y fluyen plácidamente a través de ellos, debido a que estos bosques se encuentran en áreas llanas con pocas elevaciones.

Los ríos negros son más comunes que los blancos en los bosques lluviosos de tierras bajas. El adjetivo de negro describe la apariencia del agua de estos ríos, como de un color café oscuro, resultado del lavado de los taninos producidos por las hojas en descomposición de la vegetación adyacente a su cauce. Los ríos negros también se caracterizan por la sorprendente claridad del agua; tan clara que la visibilidad puede exceder los 30 pies ó 9 metros de profundidad. Sin embargo, después de una tormenta, los

ríos negros pueden perder su claridad y color característicos con los sedimentos arrastrados desde el bosque, aunque después de unas horas o unos cuantos días, las condiciones regresan a la normalidad.

Los ríos negros tienen muy pocos minerales disueltos y en ocasiones la dureza del agua no es medible. El agua es extremadamente ácida y casi estéril con un pH de entre 3.5-6, lo que mantiene al mínimo las poblaciones de bacterias y parásitos. La química del agua también inhibe la proliferación de larvas de insectos, de tal manera que el bosque que rodea a un río negro tiende a tener menos insectos voladores y mosquitos. Por esta razón, los ríos negros están considerados dentro de las aguas naturales más limpias del mundo. La química del agua también limita el número de especies de árboles que pueden crecer en áreas cercanas a los ríos. La baja diversidad de especies de árboles es responsable de la poca variedad de especies de insectos, ya que aquellos que polinizan y se alimentan de otras especies de árboles, no tienen oportunidades en los bosques de estos ríos negros. Las condiciones suaves y ácidas de los ríos negros se deben al origen de la mayoría de los arroyos negros en tierras bajas del bosque tropical, en donde los suelos antiguos carecen de minerales para aumentar la dureza del agua. Los taninos provenientes de las hojas en descomposición, aumentan la acidez de los ríos negros.

Debido a que los ríos negros se alimentan directamente de los escurrimientos del bosque circundante, cuyos suelos son generalmente pobres en nutrientes, estos ríos carecen de estos elementos. Los llanos de inundación adyacentes son menos aptos para los cultivos, que aquellos situados cerca de los ríos blancos de mayor tamaño. Los ríos negros soportan una menor carga biológica que los ríos blancos circundantes, aunque tienden a tener una gran diversidad de especies de peces.

El nombre de los ríos claros o azules se debe a la claridad de sus aguas. Estas aguas son bastante comunes en quebradas y ríos que corren a lo largo de las rocas antiguas, aunque no son abundantes en tierras bajas del bosque lluvioso tropical. Los ríos de agua clara se encuentran principalmente en las tierras altas como Guyana y la cuenca brasileña de Sudamérica, en donde

crecen los bosques de montaña y neblina. Debido a su elevación y a su tendencia de fluir por encima de las rocas, los ríos claros normalmente corren rápidamente.

Los ríos claros tienen un pH más elevado y tienen algunos minerales disueltos, lo que hace que sus aguas sean más duras que las de los ríos negros y blancos. No poseen mucha materia suspendida, debido a que las formaciones de rocas son antiguas y no se erosionan con la corriente.

Debido a la claridad del agua y al contenido de minerales, algunos ríos cristalinos mantienen un crecimiento abundante de plantas. Además, en el sustrato rocoso crecen algas vigorosamente que soportan una variedad de peces.

Los ríos de Venezuela se pueden clasificar de dos maneras: por su ubicación geográfica y por las características físico-químicas del agua. Según su ubicación geográfica se pueden clasificar en ríos de montaña, llaneros y ríos guyaneses. Según las características físico-químicas del agua, los ríos se clasifican en ríos de aguas blancas y ríos de aguas negras.

Los ríos de aguas blancas, son cursos de aguas turbias, con abundantes sedimentos en suspensión (lo cual determina su color y su turbidez), muy ricas en nutrientes y con un pH cercano a 7. Estos ríos están asociados a ecosistemas terrestres con suelos de evolución geológica relativamente reciente, poco erosionados y ricos en nutrientes. Son característicos de los tributarios de la cordillera andina.

En los ríos de aguas negras, sus aguas son de color marrón, con bajo contenido de nutrientes y sólidos suspendidos y con un pH inferior a 4 debido a la alta concentración de ácidos húmicos que poseen. Son característicos de los tributarios del escudo Guayanés y de la cuenca amazónica.

Generalmente los tramos urbanos de los ríos se encuentran en las llanuras de inundación y en algunos casos ocupando las áreas pertenecientes al lecho mayor, es decir su nivel de máximo caudal. Sus aguas son de apariencia turbia debido a los sedimentos en suspensión procedente los procesos erosivos aguas arriba. En el caso de la mayoría de nuestras

quebradas urbanas y en especial en la ciudad de Caracas, donde la intervención del paisaje fluvial ha sido muy intensa por la ocupación de los espacios fluviales, ha generado un gran problema en las épocas de lluvia porque al aumentar el caudal y la velocidad del flujo de las quebradas, éstas van arrastrando todo a su paso, es decir, además de su carga sedimentaria se suman todos los desechos que la población vierte en las quebradas, ocasionando daños aguas abajo. Estas intervenciones en el tramo urbano modifican por completo el paisaje fluvial hasta desaparecerlo dentro de la trama urbana.

### **Morfología y geomorfología fluvial básica**

La diversidad de los ríos es tan grande como la propia diversidad geográfica del planeta. El clima, el relieve, la geología, la ecología y sus interrelaciones son factores naturales que intervienen en el desarrollo normal de un río. Por ello el río mantiene un diálogo constante con el medio que lo rodea, con los niveles freáticos, etc., y dentro de él y a su alrededor se forman ecosistemas por la variedad de hábitats que se genera en esa diversidad de espacios y condiciones para la vida animal y vegetal. Los ríos o corrientes aluviales son geoformas dinámicas sujetas a rápidos cambios morfológicos ocasionados por esas interrelaciones de factores naturales.

*“La morfología de ríos estudia la estructura y la forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, la geometría de las secciones transversales, la forma del fondo y las características del perfil”.*  
(Gracia, s/f.)<sup>31</sup>

Dada la diversidad de relieves en el paisaje, no todos los ríos tienen un cauce con un mismo perfil longitudinal. La morfología fluvial muestra el balance existente entre la erosión, el transporte y la deposición de sedimentos en cualquier tramo de un río, así como también determina en gran medida los organismos que habitan en un determinado tramo y por lo tanto, el funcionamiento del ecosistema.

---

<sup>31</sup> Gracia, J. M. (s/f.). *Manual de Ingeniería de ríos. Morfología de ríos. Cap. 11*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de Instituto de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F.: [eias.utalca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia\\_de\\_rios.pdf](http://eias.utalca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia_de_rios.pdf)

Hay numerosos métodos de clasificación de la morfología fluvial, aunque cualquiera que sea el tipo de río, debemos tener en cuenta que su morfología es producto de la existencia de un equilibrio dinámico entre la carga de sedimentos que recibe a lo largo de su recorrido y su capacidad de transporte hasta la desembocadura. Por lo tanto, el río ajustará su morfología ante cualquier cambio producido en alguna de sus variables. Como ejemplo podemos citar:

*“...si aumenta la erosión aguas arriba por efecto de la deforestación, llegarán sedimentos en exceso que el río no podrá arrastrar, con lo que el cauce se agrandará, es decir, irá subiendo el nivel del lecho. En casos extremos puede cambiar la tipología, por ejemplo, de un río de cauce único a un río de cauce trenzado. Por el contrario, si aumenta la capacidad de transporte, como ocurriría si aumentara el caudal, el río perdería sedimentos, con lo que el cauce se degradaría, es decir, el lecho iría encajándose. Por ejemplo, los ríos de llanura de zonas agrícolas frecuentemente se encuentran degradados, ya que los diques laterales de protección de la tierra de cultivo hacen que durante las crecidas el río no se desborde, con lo que la velocidad del agua se hace tan grande que el río excava su lecho, y este queda desconectado de la llanura de inundación”.* (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>32</sup>

Existen cauces de ríos muy diferentes en cuanto a forma y tamaño, casi todos presentan una sinuosidad hasta cierto punto. Generalmente, los cauces naturales son rara vez rectos, exhiben un aspecto regular en cuanto a la sinuosidad. Los cauces pequeños tuercen en pequeñas curvas y los cauces grandes en grandes curvas.

En los tramos de pendientes fuertes, los cauces suele presentar cascadas, mientras en tramos de pendientes más suaves, es típica la presencia de escalones y pozas. Si la pendiente de un tramo es aún menor suele haber alternancia de rápidos y pozas. Esto ayuda a crear una diversidad

---

<sup>32</sup> Elosegui, A. y. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p.76.

de hábitats para el desarrollo de una variedad de especies, por ello, tiene implicaciones biológicas a varias escalas, y podemos citar al respecto:

*“A escala macroscópica, de kilómetros a centenas de kilómetros, la morfología fluvial determina la distribución y abundancia de hábitats y refugios, y las posibilidades de dispersión para las especies de mayores requerimientos espaciales, como los peces migratorios. A escala de tramo o sección fluvial, es decir, entre una decena de metros y 1 kilómetro de cauce, la heterogeneidad de formas en el lecho, como la abundancia de rápidos y pozas, determina la diversidad de hábitats, y en consecuencia, la diversidad de organismos. A escala de unos pocos metros a centímetros, la distribución de distintos tipos de sedimento influye en las conexiones entre el agua superficial y la hiporreica, o en la estabilidad y crecimiento del biofilm. En cada una de estas escalas, la pendiente, la rugosidad del cauce, el caudal y la velocidad de la corriente establecen condiciones acordes al gradiente fluvial, desde la cabecera hasta la desembocadura”.* (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>33</sup>

En los ríos, por el estado de estabilidad de sus cauces, se pueden distinguir tres condiciones, la estática, la dinámica y la morfológica.

Cuando un cauce posee estabilidad estática su corriente es capaz de arrastrar sedimentos, pero no puede mover las partículas o los elementos de las orillas o bordes. Esta condición ocurre en los tramos de ríos que tienen sus márgenes rocosas o tienen muy alta cohesión.

Un cauce posee estabilidad dinámica cuando se conjugan varios factores para crear una pendiente y una sección que no cambia apreciablemente año con año. Estos factores son: las variaciones de su corriente, los materiales del lecho y de las orillas, y los sedimentos transportados. En esta condición el río sufre desplazamientos laterales continuos en las curvas, presenta erosiones en las márgenes exteriores y depósito de sedimentos en las interiores. Este proceso sucede en los ríos de

---

<sup>33</sup> Elosegui, A. y. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.pp.72-73.

planicie formados por un único cauce, donde escurren todos los gastos antes de ocurrir un desbordamiento.

En cauce existe inestabilidad dinámica, cuando en un río que presenta estabilidad dinámica ocurre un desplazamiento lateral de los meandros muy intenso y como consecuencia, el corte natural de ellos ocurre frecuentemente. Por una parte el río trata de alcanzar su pendiente de equilibrio al desarrollar sus meandros y por otra estos se estrangulan rápidamente y se cortan. Por esta razón el tramo del río no logra conseguir la estabilidad en su pendiente.

Un cauce con estabilidad morfológica se presenta en el momento en que la pendiente de un tramo cualquiera, el ancho y el tirante de su sección transversal, así como el número de brazos en que se divide el cauce, dependen del gasto líquido que escurre anualmente y su distribución, de las características físicas de los materiales que forman el fondo y las orillas, más la calidad y cantidad de sedimento que es transportado; este llega al tramo, tanto procedente de aguas arriba como de aportaciones laterales. Esto quiere decir que cualquier corriente natural que no presente perturbaciones antrópicas, tiene estabilidad morfológica, por esa razón, un cauce que en forma natural tiene estabilidad estática o dinámica, también la tiene morfológica. (Gracia & Maza, s/f)<sup>34</sup>

El trazado de un río en el paisaje representa al tipo de trayectoria que muestra en planta. La sinuosidad del cauce, que hidrológicamente se estima como el cociente entre la longitud del río y la longitud del valle en un tramo, permite diferenciar tres tipos de trazados: recto, trezado y meandriforme, sin embargo, existen en la naturaleza todo tipo de trazados y situaciones intermedias a los anteriormente descritos.

*“El trazado recto, relativo a cocientes de sinuosidad inferiores a 1,5, no se aprecian líneas en el cauce pero la línea del thalweg<sup>35</sup> se desplaza*

---

<sup>34</sup> Gracia, J., & Maza, J. (s/f). *Manual de Ingeniería de Ríos. Morfología de Ríos*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de Cap. 11. Instituto de Ingeniería, Facultad de ingeniería, UNAM. México, D. F. PDF. [Documento en Línea].: [eias.utaclca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia\\_de\\_rios.pdf](http://eias.utaclca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia_de_rios.pdf)

<sup>35</sup> Thalweg (del alemán, “camino por el valle”), es el lugar geométrico de los puntos de mayor profundidad. El Thalweg, como línea más honda, señala la corriente más veloz del río. Martín, J. (2009).

*alternativamente de una orilla a la otra, haciéndose más visible en aguas bajas". (Martín Vide, 2008).<sup>36</sup>*

En la naturaleza es raro encontrar cauces rectos y regulares, esto solo sucede en los tramos urbanos porque el hombre los ha intervenido en función de sus necesidades. En realidad, los cauces naturales son rara vez rectos en una distancia mayor a diez veces su ancho. Presentan cauce y canal únicos. Son corrientes con alta energía, propias de zonas con pendientes longitudinales elevadas, poseen gran capacidad para el arranque y arrastre de material; transportan carga en suspensión, de fondo y mixta, suelen ser muy inestables, ya que tienden a desaparecer pasando a otro tipo, sobre todo allí donde no presentan confinamiento y la llanura aluvial está sobre materiales fácilmente removibles, ese carácter hace que apenas aparezcan depósitos antiguos derivados de canales rectilíneos.

*"Por su alta energía y capacidad de excavación-arrastre, suelen generar sobreexcavaciones o encajamientos y raramente llanuras aluviales; en los casos más favorables, aparecen acumulaciones marginales (barras) que condicionan y dirigen el flujo, dando lugar a una sinuosidad controlada por pozas y vados". (Pedraza, 1996).<sup>37</sup>*

Existen otros atributos de los cauces de los ríos los cuales también demuestran la unidad que se da entre cauces, aún cauces muy diferentes en tamaño. Casi todos los cauces naturales son sinuosos hasta cierto punto. No solamente exhiben un aspecto regular en cuanto a la sinuosidad, sino que también las curvas adoptadas por un cauce guardan una relación constante con el cauce mismo. Los cauces pequeños tuercen en pequeñas curvas y los cauces grandes en grandes curvas. Dado lo anterior, se generan las otras dos morfologías fluviales típicas y dominantes, una es el cauce cuyo trazado es trezado o con anastomosis y la otra es el cauce con el trazado sinuoso o meandrito.

---

<sup>36</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.27.

<sup>37</sup> Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.  
<http://club.telepolis.com/nachoben/TrydacnaTelepolis/geologia/geomorfologia/geomorfofluvialetotal.htm>

El cauce trenzado es muy ancho y compuesto por una multiplicidad de cauces menores entrelazados o trenzados, que dejan islas (sumergibles en temporadas de lluvias) entre sí al unirse y separarse.

*“Existen discrepancias en la consideración de las distintas tipologías, referidas como braided y anastomosadas. Muchos autores entienden que sólo hay un tipo de corrientes de alta multiplicidad, por lo cual ambos términos son la misma cosa; a lo sumo aceptan que braided sirve para denominar el carácter y anastomosado la cualidad: braided sería una corriente con anastomosamientos”.* (Pedraza, 1996)<sup>38</sup>.

Son cauces inestables ya que una crecida puede cambiarlos considerablemente, de este modo se llaman “divagantes” porque un brazo principal puede encontrarse momentáneamente en un lugar como en otro. Su presencia se asocia a una gran capacidad de transporte sólido, es decir, una corriente muy cargada de sedimentos es propensa a formar un cauce trenzado. Esto sucede en cauces de montañas con pendiente alta y sedimento grueso o en cauces del piedemonte donde los ríos abandonan sus cursos de montaña perdiendo pendiente y van depositando sus sedimentos.

La multiplicidad de corrientes mencionada por Pedraza, J. (1996), presenta rangos con un claro carácter fractal<sup>39</sup>, ya que se presenta como ritmos geométricos con una dimensión espacial y temporal muy diferente, de manera que, separándolas pueden aparecer islas permanentes (islas-cuenca), isletas fluviales (islas ocasionales) o barras emergentes efímeras (médanos). Por lo tanto, el cauce trenzado presente varias tipologías según sean sus características, es decir, cauces, canales o láminas de agua.

*“Una primera categoría de multiplicidad la presentan, dentro de cada colector en conjunto, aquéllos que poseen cauces múltiples separados por islas permanentes (islas-cuenca). Estos son escasos y, en*

---

<sup>38</sup> Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.  
<http://club.telepolis.com/nachoben/TrydacnaTelepolis/geologia/geomorfologia/geomorfofluvialtotal.htm>

<sup>39</sup> FRACTAL, TEORÍA. *FRACTAL THEORY*. Establece la base geométrica de los arreglos espaciales en la naturaleza, definiendo un terreno intermedio entre la rígida visión de geometría Euclídiana y el caos geométrico de las matemáticas. Aplicada a Ecología de Paisajes, explica la organización de las estructuras orgánicas de los individuos y el arreglo de los ecosistemas en el paisaje. Sarmiento, F. (2001).

su momento, fueron aludidos como *anabranch* (ramificado)... La segunda categoría, aparece dentro de los cauces cuando tienen canales múltiples separados por isletas fluviales (islas ocasionales). Este tipo de corrientes son las aludidas normalmente como *braided* (trenzadas, entrecruzadas o entrelazadas). La última categoría corresponde, dentro de los canales, a aquéllos que presentan láminas de agua separadas por barras emergentes. Son láminas con media-alta sinuosidad. Que pueden referirse como “*anastomosadas*”. (Pedraza, 1996).<sup>40</sup>

Su funcionamiento equivale al de cualquier corriente sinuosa, es decir: erosión en un flanco y sedimentación en el opuesto de cada lazo o trenza. A fin de explicar una diferenciación entre ambos ríos podemos señalar que este mismo autor establece para los *braided* una sinuosidad menor de 1,3 y para los *anastomosados* mayor de 1.5.

Estas corrientes transportan fundamentalmente carga de fondo, siendo su relación anchura-profundidad mayor de 4, Pedraza, J. (1996) y, se desarrollan en determinadas cuencas, básicamente las de piedemonte generadoras de abanicos aluviales, pueden estar asociadas en el espacio y tiempo. Para visualizar la diferencia entre ambos podemos señalar que las corrientes tipo *braided* presentan un mayor encauzamiento y una alta competencia, con carga de granulometría gruesa o muy gruesa, es decir, grava y bloques, llegando a arrastrar grandes bloques; y las corrientes de agua *anastomosadas* son efímeras, con marcada estacionalidad o avenidas excepcionales, su carga suele ser de granulometría media, como lo son la grava y la arena.

Dada las características multicanales del cauce y de suelos pantanosos, son pocos los desarrollos de asentamientos urbanos en ríos *anastomosados*, podemos señalar un caso, el de la ciudad de Neiva en Colombia donde la implantación urbana ha sido en las orillas del río Magdalena en su tramo trenzado o *anastomosado*.

---

<sup>40</sup> Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.  
<http://club.telepolis.com/nachoben/TrydacnaTelepolis/geologia/geomorfologia/geomorfofluvialtotal.htm>

El trazado meandriforme, “es cuando el coeficiente de sinuosidad es superior a 1,5, debido a las curvas que desarrolla el cauce desplazándose en sentido transversal del valle hacia un lado y otro”. (Pedraza, 1996)<sup>41</sup>. El tipo de curvas o meandros puede ser muy diferente de unos ríos a otros, pudiéndose diferenciar entre ellos a su vez diferentes tipos de trazados. El río sinuoso o con meandros es el que presenta un cauce único pero formando curvas. Este tipo de ríos se presenta encajado en su cauce sin apenas depósito, o divaga sobre el mismo formando una gran llanura aluvial, con pendientes longitudinales escasas y abundante carga en suspensión o mixta.

La ondulación en planta se acompaña de una asimetría en las secciones transversales, ya que el calado es mayor junto a la orilla cóncava o exterior y menor en la orilla convexa o interior. Los ríos que presentan meandros son de una morfología dinámica dado que demuestran una evolución. Esta evolución es bastante compleja y es la combinación de dos movimientos: una en progresión o desplazamiento en dirección aguas abajo y otro reflejado en la profundización a costa de las orillas, en dirección perpendicular al desplazamiento. El ritmo de la evolución de los meandros depende de la resistencia de las orillas a la erosión. En el caso de los ríos que atraviesan por llanos aluviales cuyos suelos son pocos resistentes, no existe restricción a esa evolución, los meandros se desarrollan en grandes distancias. De acuerdo a la resistencia que encuentran los meandros, estos pueden ser regulares o irregulares, es decir, deformados. También pueden ser simples si solo presentan una longitud de onda dominante, o compuestos si existe más de una longitud de onda dominante. La desaparición de un meandro se produce cuando existe un estrangulamiento, es decir, el encuentro de la corriente de agua en el “cuello” para formar un atajo, continuando aguas abajo y los lóbulos quedan separados a los lados formando lagos.

En algunos ríos meandricos se han establecido algunas asentamientos urbanos, aprovechando las buenas tierras para el cultivo y el pastoreo además de la cercanía del agua, luego se convirtieron en grandes ciudades como es el

---

<sup>41</sup> Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.  
<http://club.telepolis.com/nachoben/TrydacnaTelepolis/geologia/geomorfologia/geomorfofluvialtotal.htm>

caso de San Antonio en el estado de Texas de los Estados Unidos. Los primeros habitantes de origen español se vieron obligados a construir numerosos puentes, por la existencia de diversos meandros en el río San Antonio: Posteriormente se convirtió en un atractivo turístico de la ciudad, donde se mezclan los usos de comercio, recreación y turismo en el San Antonio Riverwalk. Otro caso es la ciudad de Bogotá donde se han rellenado los humedales y han sido ocupados por el uso industrial y en él efectúan sus descargas de residuos.

Caudales extraordinarios como las crecidas estacionales que producen desbordamientos e inundaciones en toda la llanura originando flujos secundarios, hacen engrosar las márgenes del canal formando los diques naturales o albardones (*levées, término en inglés*). Aunque éstos se estabilizan y son posteriormente fijados por la vegetación, otras crecidas de menor caudal pueden ocasionar su ruptura, inundando los bordes mediante conos de desbordamiento o derrame (*crevasse splay, término en inglés*). En ambos casos, una vez descargado el material más grueso cerca del canal, las aguas se esparcen por la llanura formando encharcamientos con baja velocidad de flujo, lo que provoca decantación de materiales finos como las arenas sobre la llanura de inundación.

La estructura sedimentaria en los ríos meandriformes está constituido por los siguientes materiales, “...según su *granulometría y génesis: grueso en la carga de fondo (lag); medio en diques naturales de las márgenes y conos de derrame; fino procedente de desbordamientos, inundaciones en la llanura y relleno de canales; y granulometrías variables para las barras semilunares...*”. (Pedraza, 1996)<sup>42</sup>. Esta estructura sedimentaria la estudiaremos más adelante.

“Se cuenta con observaciones relativamente sencillas de las características geométricas de los ríos que sugieren relaciones empíricas entre ellas”. (Martín Vide, 2008)<sup>43</sup>. Como una de estas relaciones empíricas, podemos señalar, en qué condiciones un río forma un cauce trezado o un cauce meandriforme. Este límite no se distingue claramente sino que se

<sup>42</sup> Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda. <http://club.telepolis.com/nachoben/trydacna/telepolis/geologia/geomorfologia/geomorfofluvialtotal.htm>

<sup>43</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.29.

convierte en una gran dispersión, tanto es así que existen ríos que son trezados y sinuosos al mismo tiempo, es frecuente que un río en su tramo alto sea trezado y luego se convierta aguas abajo en meandriforme, o al contrario. Una de las causas es la disminución de la sinuosidad, es decir, el cauce se transforma en más recto por el aumento del transporte sólido. La sección se hace tan ancha y la planta del cauce tan poco curveada que el río pasa de ser meandriforme a trezado, producto de grandes aportaciones de material sedimentario, procedente de las orillas.

Es por ello, que al analizar el cauce debemos entender su perfil transversal, es decir, el perfil que indicaría el fondo del cauce entre una orilla y otra; y su perfil longitudinal, el cual describe la forma en el que este varía su cota a lo largo de su longitud y recorrido, es decir, reflejará la pendiente en cada tramo. El estudio del perfil transversal del cauce en su curso alto, donde predomina la erosión torrencial que tiende a profundizar el valle, éste tiene forma de "V" cerrada, que se va abriendo a medida que el río avanza en su curso. Los perfiles longitudinales de los ríos presentan forma cóncava con una pendiente que va disminuyendo desde zonas con mayor erosión hasta zonas de mayor sedimentación de las zonas bajas.

La pendiente de un cauce está determinada por algunas variables, entre ellas tenemos: el caudal, la carga de sedimentos, el tamaño del sedimento, la geología del terreno, etc. La pendiente del cauce guarda una estrecha relación con el tamaño del sustrato, es decir, en tramos altos y de gran pendiente, el tamaño del sustrato será grande, mientras que en tramos bajos tendrán asociados sustratos pequeños. Esta reducción de tamaño aguas abajo, es determinada por los procesos de abrasión en los que el tamaño del sedimento va disminuyendo a medida que aumenta la distancia del cauce debido a la meteorización, fricción y desgaste.

Existe otro proceso natural de los sedimentos, los de gran tamaño se van quedando en los tramos altos y los de menor tamaño van llegando más lejos. Este proceso de sedimentación le va dando la forma del fondo de los cauces, es decir, el fondo de un río por el transporte de sedimentos puede presentar una configuración ondulada y no plana, siguiendo las llamadas

formas de fondo. Su importancia radica en su participación en el transporte de sedimentos y su decisiva intervención en la resistencia al flujo o la rugosidad. Generalmente se presentan en los lechos de arena.

Existen diferentes formas de lechos producto de los sucesivos y continuos procesos de erosión y sedimentación que se lleva a cabo en el cauce, estos sedimentos se redistribuyen en partículas y van formando acumulaciones regulares e irregulares. Estos procesos no ocurren en los tramos urbanos donde la intervención de los ríos es muy intensa y en algunos casos el lecho desaparece porque es revestido en concreto al canalizar o embaular el curso de agua.

En los ríos arenosos y en función del tipo de régimen de caudal se desarrollan las denominadas rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas. En los tramos de ríos de granulometría gruesa, se forman barras de sedimentación (bars) o también acumulaciones dentro del cauce formando secuencias de rápidos y remansos.

Las rizaduras o arrugas (ripples, término en inglés), son pequeñas ondulaciones cuya altura máxima se encuentra en el orden de centímetros y su longitud de onda máxima se ubica en el orden de decímetros. Como material de fondo solo aparece con arena fina y su presencia indica que el movimiento no es turbulento.

Las dunas también presentan ondulaciones triangulares pero con taludes muy diferentes, en los tramos aguas arriba son mucho más suaves y en los tramos aguas abajo los taludes están muy marcados. El tamaño de la duna es mayor a las arrugas y están en proporción constante con el calado. El régimen hidráulico es lento, esto se debe a la superficie libre que se ondula suavemente en oposición al fondo, es decir, descenso sobre la cresta y ascenso sobre el valle. Las dunas migran aguas abajo y su movimiento es producto del avance de las partículas sobre la pendiente suave para quedar atrapados tras la cresta.

Las antidunas se forman cuando aumenta la velocidad del caudal, las dunas se alargan hasta ser barridas y el lecho se ondula en formas simétricas.

Las antidunas pueden migrar aguas abajo o aguas arriba, a pesar del fuerte transporte de sedimentos hacia aguas abajo.

*“La superficie libre presenta una fuerte ondulación en consonancia con el fondo, dando a entender que el régimen hidráulico de la corriente es rápido. La evolución de este régimen conduce a la aparición de crestas de espuma en la parte ascendente del lomo, hasta romper como olas formando verdaderos resaltos hidráulicos”.* (Martín Vide, 2008)<sup>44</sup>.

Paralelamente, el fondo se transforma en una sucesión de pendientes suaves y largas<sup>45</sup> con unas contrapendientes fuertes y cortas en las cuales se generan unos pozos<sup>46</sup>. En el caso de los rápidos, en este régimen su evolución no es estable ni prolongada en los cauces naturales ya que su fondo el cual es deformable y móvil lleva a la degeneración de la antiduna y a cambios de régimen incesantes.

Otras áreas del río donde actúan los procesos sedimentarios son las llanuras de inundación. Las áreas anexas al cauce de un río que presentan inundaciones ocasionalmente se denominan llanuras de inundación y particularmente son los ríos con poca pendiente y morfología meandriforme. Son áreas con terrenos llanos pero con diferentes formaciones ligeramente cóncavas o ligeramente convexas. Cuando son ligeramente convexas se presentan en los bordes formaciones más altas que el terreno inundable formando cordones (motas, diques, etc.) naturales. Otra formación asociada a la llanura de inundación se les denomina cubeta o depresión y son las áreas más hondas de la llanura. La multiplicidad de áreas altas y depresiones que se encuentran en la llanura es debido a su larga historia geológica, en ella se pueden encontrar restos de cauces abandonados o extintos, meandros cortados, paleocauces<sup>47</sup>.

*“La llanura es una formación sedimentaria cuaternaria. Sus suelos son muy variados debido al modo en que se han depositados los sedimentos. Fijando la atención en los ríos de llanura, existen en primer*

<sup>44</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p.65.

<sup>45</sup> Llamadas rápidos, donde el agua se acelera pasando de régimen lento a rápido.

<sup>46</sup> En los pozos tiene lugar el resalto hidráulico, o sea el paso de régimen rápido a lento.

<sup>47</sup> Cauces de tiempos geológicos anteriores, reconocibles estratigráficamente. Martín, J. (2003).

*lugar los depósitos de material muy fino (arcilla) en los lugares de menor velocidad, lejos del cauce principal". (Martín Vide, 2008).<sup>48</sup>*

Las llanuras de inundación están formadas fundamentalmente por la deposición de sedimentos en el canal del río y por la deposición de sedimentos en el valle durante las crecidas o avenidas. La sedimentación es un proceso dominante en esta zona, la cota de la llanura tiende a crecer y esta acción se denomina acreción vertical. Al suceder las crecidas en las llanuras, se pueden generar depósitos de material fino con un buen grosor.

*"En segundo lugar, existen los depósitos de acreción lateral que tiene su origen en el crecimiento de las barras en las partes interiores de la curva. Dada la longitud y anchura del corredor fluvial, que puede ser barrido por los meandros en su evolución, estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones". (Martín Vide, 2008)<sup>49</sup>*

Las llanuras de inundación históricamente han sido las áreas donde se han generado los asentamientos urbanos, que al desarrollarse han formado las grandes ciudades y asociadas a estas se encuentran las grandes intervenciones que a lo largo del tiempo han degradado a los ríos.

Los cambios en la morfología de las corrientes de agua reflejan las variaciones en el balance hidrológico, el escurrimiento y/o en el suministro y transporte de sedimento. Éstos pueden ser determinados por cambios de uso de la tierra, como el desmonte, la actividad agrícola y la tala de bosques, cultivo de la tierra o cambios climáticos o una combinación de ambos. Las intervenciones antrópicas como las invasiones urbanas en los bordes, la construcción de embalses y las soluciones actuales para la estabilización de ríos y sus bordes pueden tener efectos significativos en el desarrollo normal del río y de sus hábitats. Las teorías existentes donde históricamente se les ha atribuido a causas humanas la mayor parte de los principales cambios en la morfología de las corrientes de aguas, han sido sustituidas ahora por evidencias de que las variaciones climáticas, hasta en esa misma escala de tiempo y en todos los ambientes estudiados, pueden ser al menos tan

---

<sup>48</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.p. 35.

<sup>49</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. Op. Cit. pp. 35.

importantes, si no un factor causal más significativo. La diferenciación entre las causas climáticas de las causas humanas permanece como un desafío en muchas situaciones.

La actividad tectónica puede causar cambios importantes en la morfología de las corrientes que son, generalmente, reconocibles. Los canales de corrientes de agua que han sido directamente modificados y tramados tratarán de recobrar su morfología natural a menos que las modificaciones sean continuamente mantenidas. La morfología de la corriente es sensible a cambios en las magnitudes de descargas de sedimentos y agua. No podemos obviar las modificaciones radicales ocasionadas a la naturaleza por las crecidas extraordinarias que cíclicamente han ocurrido, como por ejemplo lo sucedido en el Estado Vargas en el año 1999, donde se combinaron las variaciones climáticas con las invasiones urbanas y el urbanismo descontrolado en el espacio fluvial. Espacios que trataron de recuperar los ríos para ocupar con el excedente extraordinario de aguas provenientes de las intensas y continuas precipitaciones en tan poco tiempo.

*“El ambiente natural es mejor mantenido permitiendo a canales de corriente funcionar normalmente por erosión, deposición y cambio morfológico”.* (Osterkamp, Whaite, & Hooke, 2006).<sup>50</sup>

En las últimas décadas se ha desplegado una tendencia global hacia el entendimiento de los procesos naturales que se desarrollan en los humedales, y en nuestro caso particular el referido a las corrientes fluviales, de modo tal de proyectar las restauraciones del ambiente a las mismas condiciones naturales en áreas antrópicamente perturbadas, tal es el caso de las zonas urbanas. Para ello, es necesario estudiar las condiciones geomorfológicas asociadas a esas condiciones naturales del área bajo análisis.

*“La geomorfología es la rama de la geografía física que estudia de manera descriptiva y explicativa el relieve de la Tierra, el cual es el resultado de un balance dinámico (que evoluciona en el tiempo) entre*

---

<sup>50</sup> Osterkamp, Whaite, & Hooke, J. &. (2006). *Morfología del cauce fluvial y posición*. Recuperado el 12 de Junio de 2010, de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9rTdfMGQrM8J:www.lgt.lt/geoin/files/19\\_Morfologia\\_del\\_cauce\\_fluvial.DOC+El+ambiente+natural+es+mejor+mantenido+permitiendo+a+canales+de+corriente+funcionar+normalmente+por+erosi%C3%B3n,+deposici%C3%B3n+](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9rTdfMGQrM8J:www.lgt.lt/geoin/files/19_Morfologia_del_cauce_fluvial.DOC+El+ambiente+natural+es+mejor+mantenido+permitiendo+a+canales+de+corriente+funcionar+normalmente+por+erosi%C3%B3n,+deposici%C3%B3n+)

*procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geomorfológico*". (Oviedo, s/f).<sup>51</sup>

*"La geomorfología fluvial es la rama especializada de la geomorfología que se encarga del estudio de los accidentes geográficos, formas y relieves ocasionados por la erosión de los ríos. Este subcampo suele traslaparse con la hidrografía fluvial"*. Oviedo, J. (s/f).

*"La Geomorfología fluvial es una disciplina indispensable para comprender el funcionamiento ecológico de los ríos, en relación a los hábitats físicos y su estabilidad ante el régimen de caudales circulante. Los principios geomorfológicos muestran como el río adopta unas formas u otras en función del valor de sus variables hidráulicas, lo que permite interpretar las distintas respuestas que pueden tener los cauces ante determinadas intervenciones (presas, trasvases, encauzamientos, dragados, etc.) así como explicar las razones del fracaso de los grandes proyectos de canalización"*. (Gómez, 2004)<sup>52</sup>.

*"Los problemas generales más inmediatos que aun enfrentan los geomorfólogos están centrados alrededor de tres tipos de preguntas. El primero atañe a los mecanismos de transportación de sedimento, particularmente relacionados con el movimiento de la carga de fondo, la cual hasta ahora no puede medirse satisfactoriamente en ríos verdaderos bajo condiciones de campo. La segunda área general parece centrarse en la cuestión de la ubicación y el modo de la disipación de energía en ríos y el efecto de la utilización de la energía en la erosión y deposición. Esta área particular, por lo tanto, involucra la relación de factores hidráulicos con el suelo o factores litológicos. Entre estos últimos está la erosibilidad de diferentes tipos de materiales particularmente en relación con su estratigrafía y características de sedimentación. La tercera área general atañe al modo de transportar materiales de las pendientes hacia el interior*

---

<sup>51</sup> Oviedo, J. (s/f). *Geomorfología*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de <http://www.monografias.com/trabajos59/geomorfologia/geomorfologia.shtml> s,+usos,+da%C3%B1os,+control+y+conservaci%C3%B3n&source=bl&ots=mh9pbnBonY&sig=g2zEECU3bY5TWblBqhí1fvnVBM&hl=es&ei=fzPUS\_2bLJGS8QSRncTPDw& s

<sup>52</sup> Gómez, O. (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Madrid: Mundi Prensa. p. 474.

*del cauce del río. En gran parte, trabajos recientes en morfología de los ríos han estado más interesados en los cauces de los ríos que en las pendientes de las colinas que arrojan sedimentos hacia los cauces. Así el desarrollo de las pendientes, los procesos de las pendientes, y la relación de las pendientes con los cauces de los que son tributarios permanece como una parte integral del estudio de los ríos. Estos temas abarcan un área de acción casi ilimitada para la investigación de ingenieros, geólogos, científicos del suelo, botánicos, físico-químicos y aquellos que poseen una variedad de otras habilidades". (Luna, 2007)<sup>53</sup>.*

Ya habíamos comentado que los ríos o corrientes aluviales son geoformas dinámicas sujetas a cambios morfológicos, estas modificaciones en unos pocos años indican variaciones en el agua y/o en la descarga de sedimentos. El dinamismo de los ríos produce rápidos cambios en el modelado del cauce y la configuración del flujo. Los caudales y la carga de sedimentos determinan las dimensiones del cauce de una corriente: el ancho, la profundidad, la longitud de onda y los gradientes del meandro.

Las características físicas de los cauces fluviales, tales como la relación ancho/profundidad y la sinuosidad, junto a su morfología son afectados significativamente por las variaciones en los caudales, la carga sedimentaria, y por el tipo de carga de sedimento en función de la relación de las cargas de fondo y la suspendida en el flujo. Estas afecciones también están ligadas a las modificaciones del uso del suelo o prácticas indebidas en la cuenca, así como cambios en la resistencia de las orillas a la erosión, motivadas por la desaparición de la vegetación de ribera y perturbaciones antrópicas como las que ocurren en las áreas urbanas entre otros. Las modificaciones en la morfología del cauce, después de unos pocos años muestran variaciones en el agua y/o en la descarga de sedimentos. Por ejemplo, el incremento del ancho indica un aumento en la descarga y/o un aumento en la carga de sedimento grueso y una disminución indica lo opuesto. La relación ancho/profundidad tiende a incrementarse con la erosión de los márgenes y con cargas de

---

<sup>53</sup> Luna, L. (2007). *Ríos*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología.: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/366/leopold.html>.

sedimentos más gruesas. Esta relación entre la anchura y el calado de un río es consecuencia de la resistencia de las orillas a la erosión. Un ensanchamiento del cauce a costa de las orillas, si éstas presentan baja resistencia, supone una reducción del caudal unitario al tiempo que se pone en circulación más material sólido.

El caudal en un río presenta varias características tales como: siempre es variable, depende del régimen hidrológico de la cuenca, si la visualizamos en el factor tiempo es estacional a menos que exista un episodio meteorológico extraordinario. Ciertos caudales poco frecuentes pero no extraordinarios son importantes para el río ya que le ayudan a conformar su cauce, además de las crecidas extraordinarias que según su intensidad pueden transformar radicalmente el curso del río.

*“La variabilidad estacional habitual en el caudal de un río se denomina régimen hidrológico”.* (Elosegui & Sabater, 2009)<sup>54</sup>. Como ya hemos visto al inicio de este capítulo, hay ríos perennes que nunca se secan, otros temporales, que se secan habitualmente todos los años, incluso los hay efímeros, que solo llevan agua muy de vez en cuando. Aparte de la presencia o ausencia de agua, su cantidad puede variar mucho temporalmente, en función del origen del agua. Por ejemplo, los ríos alimentados por agua subterránea tienden a presentar una variabilidad temporal muy reducida, por ser sostenidos perennemente por el nivel freático o los ríos que suelen presentar grandes caudales en temporadas de lluvia; aunque encontramos en la naturaleza infinidad de situaciones intermedias, como algunas quebradas alimentadas por acuíferos en los que el caudal puede ser virtualmente constante durante años, y que río abajo se hacen más variables a medida que se incorporan afluentes alimentados por aguas de lluvia.

El régimen hidrológico general de un río tiene poco que ver con el caudal que circula en un momento determinado. De vez en cuando se producen cambios climáticos como tormentas o fuertes chaparrones que producen crecidas en los arroyos o quebradas. En una crecida, lógicamente se observa un aumento rápido del caudal, y una disminución más lenta a medida que el

---

<sup>54</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 53.

agua de escorrentía va drenando. Según Elosegui, A. y Sabater, S. (2009), en los ríos se pueden distinguir dos tipos de caudales: el caudal basal, que es el que circula cuando tiene tiempo sin llover, y está alimentado fundamentalmente por agua del nivel freático, y el caudal de tormenta, que llega directamente por la escorrentía en períodos de fuertes tormentas. Por supuesto, el caudal circulante en un período determinado puede ser una combinación de ambas fuentes.

El caudal dominante o también llamado caudal de cauce lleno, es el caudal que colma el cauce principal y es el que desarrolla la mayor acción modeladora sobre el cauce, “...ya que un caudal mayor es menos frecuente y sobretudo apenas incrementa la acción”. (Martín Vide, 2008)<sup>55</sup> Es el caudal que determina ciertos parámetros del cauce como la longitud de curvatura de meandros o el caudal que efectúa mayor trabajo en términos de transporte de sedimentos. El caudal dominante y con mayor influencia en la sección será el que llene dicha sección en hasta sus orillas superiores o nivel de bankfull.

*“El caudal que llena hasta rebosar el cauce es esencialmente importante porque es el principal responsable de la forma y de las dimensiones del cauce. Esto es así porque mientras el agua está contenida en el cauce, circula con cierta velocidad, en tanto que cuando desborda levemente, el incremento de caudal simplemente anega las llanuras adyacentes y deposita sedimentos en ellas, pero no cambia sustancialmente el flujo en el cauce principal”.* (Martín Vide, 2008)<sup>56</sup>

El concepto de caudal dominante también cobra importancia en los estudios de morfología fluvial para los proyectos de ingeniería fluvial y de restauración fluvial ya que este valor del flujo hidrológico establece un patrón morfológico de referencia que ayuda a deducir las condiciones bajo las cuales el río durante el proceso de estudio muestra un estado de equilibrio y de esa manera poder estimar los posibles cambios morfológicos que podría desarrollar para acercarse a una situación de estabilidad.

---

<sup>55</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p.32.

<sup>56</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos....op.cit.,p.32.*

Desde el punto de vista geomorfológico, el caudal dominante determina la geometría del cauce de aguas altas. Dado a los altos caudales sólidos que arrastran en un año los cauces de aguas altas contribuyen al transporte de sedimentos. Los caudales medios también aportan por ser de mayor duración que los aportados por los caudales de aguas altas. Esta importancia radica en que es el transporte de sedimentos de fondo quien modela el cauce.

Estas fluctuaciones de caudales que se generan en el cauce de un río por los regímenes de precipitaciones interactuando con los procesos fluviales producen unas fuerzas que vienen representadas en forma de energía. Es impredecible e incalculable la cantidad de energía que contiene la sumatoria de las corrientes de agua existentes en el planeta. Desde hace siglos el hombre ha aprovechado la energía de las corrientes de agua para el tráfico fluvial. Mucho más tarde, utilizaban la energía del agua hacía girar las ruedas de paletas de los molinos, pero fue al descubrirse la electricidad cuando se logró transportar la energía, con lo cual se obtuvo un mayor rendimiento de la energía hidráulica.

La energía hidráulica se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura, la energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. Así, es preciso entender que el río va transformando su energía potencial, asociada a la altitud de cada tramo, en energía cinética relacionada con la velocidad de las corrientes y en el trabajo que ésta efectúa para contrarrestar la resistencia al movimiento. Al mismo tiempo que el río pierde pendiente, va estableciendo, a través de los procesos fluviales de erosión y sedimentación, unas formas cada vez más complejas y de mayor rugosidad, que requiere más energía para dominar su resistencia al flujo, limitando con ello el aumento de la velocidad de sus aguas y su energía cinética hacia aguas abajo. Las formas que adquiere un río a través de su recorrido hacia aguas abajo, tiende a minimizar el gasto de energía por unidad de longitud recorrida y de hacer constante dicho a lo largo de su trayecto.

*“Los procesos geomórficos operan, por otro lado, en sistemas abiertos en los cuales en algunos lugares se suma energía mientras que en otros la energía es degradada a calor y de esta manera se pierde en lo*

*que se refiere a trabajo mecánico adicional. Un sistema fluvial, entonces, lo consideramos ejemplo de un sistema abierto, definiendo el sistema como el agua y los sedimentos en el cauce del río. Como el agua baja por el cauce libera energía potencial la cual se convierte primero en energía cinética de agua corriente y la cual en el proceso de correr es disipada en forma de calor a lo largo de los márgenes del cauce. La precipitación trae consigo incrementos de energía dentro del sistema debido a que el agua entra en diversas elevaciones y así con diversas cantidades de energía potencial. El calor se pierde por convección, conducción o, radiación, sin embargo el cauce podría considerarse en equilibrio dinámico". (Luna, 2007)<sup>57</sup>*

*"El río tiende en condiciones naturales, a lo largo de su recorrido a adoptar la forma más estable, donde la disipación de energía es similar en cada tramo. En las zonas de mayor pendiente, el sustrato tiende a ser de mayor tamaño y el trazado más recto, mientras que en las zonas más llanas, donde la pendiente es menor, el sustrato tiende a ser más fino pero el trazado mas sinuoso; la resistencia al flujo y la disipación de energía en un caso y en otro tiende a ser muy similares, en los tramos altos ligada a una rugosidad debida al tamaño del grano, y en los tramos bajos ligada a una rugosidad debida al trazado, formas del lecho, presencia de vegetación, etc." (Gómez, 2004).<sup>58</sup>*

Esta variación en los tramos de las formas de energía y de la fricción del río, se manifiesta también en el tiempo, con la fluctuación de caudales, ocasionados por los regímenes de precipitaciones. En aguas altas, cuando el río requiere mayor eficiencia para el desagüe de los caudales, el río va a ocupar todo el cauce, allí es cuando el río adopta trazados mas rectos y de menor rugosidad, arrastrando en ese período gran cantidad de vegetación acuática sumergida, sedimentos acumulados, etc., mientras que en aguas bajas, con una menor necesidad de desagüe, el río tiende a recuperar sus

---

<sup>57</sup> Luna, L. (2007). *Ríos*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología.: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/366/leopold.html>.

<sup>58</sup> Gómez, O. (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Madrid: Mundi Prensa. p. 475.

formas del lecho, adoptando una mayor sinuosidad, permitiendo el crecimiento de macrófitos, etc.

*“Todos estos procesos, con esta variabilidad espacial, y alternándose en el tiempo con una periodicidad constante, asociada a determinadas épocas del año según la fluctuación natural de los caudales, son los que permiten al río alcanzar y mantener su equilibrio geomorfológico, sobre el que se asienta el desarrollo de su complejidad biológica”.* (Gómez, 2004)<sup>59</sup>

Anteriormente ya habíamos citado a Luna, Leopold (2007), cuando señala a un sistema fluvial, como un sistema abierto, “...definiendo el sistema como el agua y los sedimentos en el cauce del río...”. Es por ello, que los sedimentos fluviales forman parte de los procesos naturales que intervienen en los cambios morfológicos de los ríos. Ellos se encuentran en los cauces ya que son transportados aguas abajo y se presentan en suspensión o arrastrados y sus efectos en los alrededores de los ríos pueden tomar dimensiones catastróficas en regiones afectadas por grandes eventos naturales.

Las cantidades de sedimentos arrastrados por las corrientes están determinadas por varios factores naturales o humanos, que pueden actuar de forma independiente o combinados. Estos factores son: la morfología, el régimen de precipitación, los usos de la tierra en las áreas rurales, las actividades urbanas, la actividad sismotectónica y las actividades humanas en la cuenca. Uno de los orígenes de los sedimentos lo determina la actividad sismotectónica, cuyo producto lo podemos apreciar en los cauces de los ríos proveniente de avalanchas, derrumbes, deslizamientos de las pendientes cercanas a los bordes fluviales, estas son transportadas aguas abajo, igual sucede con los derrumbes y movimientos de tierra generadas por el desarrollo urbano.

Otro factor muy importante en el origen de los sedimentos en las zonas tropicales es el régimen de precipitación y sobremanera las precipitaciones

---

<sup>59</sup> Gómez, O. (2004). *Recuperación de espacios degradados...* op. cit., p. 475.

extraordinarias, que suelen causar estragos en el cauce y en los bordes fluviales, por el incremento de los caudales tanto sólidos como líquidos.

Los depósitos fluviales están constituidos por material sedimentario que se acumulan a lo largo del cauce a partir de la actividad erosiva de los ríos y los procesos de deslizamiento por gravedad asociados. Aunque estos depósitos se están generando actualmente bajo una diversidad de condiciones climáticas, desde desérticas hasta glaciales.

Este material sedimentario depositado en los lechos de los ríos pueden ser granulares o cohesivos. Cuando el material es granular está constituido por partículas sueltas de distintos tamaños. Las corrientes aluviales, que discurren sobre materiales transportados por el propio río, como consecuencia de lo anterior presentan lechos granulares. Cuando un río tiene un lecho cohesivo, luego de una erosión del fondo, su lecho se puede restablecer en su fondo original, pero no como cohesivo sino como granular, y en esto se diferencia de los lechos granulares.

En Hidráulica fluvial, el peso y el tamaño son las propiedades individual es más importantes de las partículas de un lecho granular. Los cauces naturales están formados por partículas de rocas y minerales cuyo peso específico tiene poca variación. Entre las partículas menores tenemos la arcilla que mide 0.004 mm (4 micras), los limos que miden entre 0.004 mm y 0.062 mm, las arenas, miden entre 0.062 mm y 2.0 mm y las gravas que miden entre 2.0 mm y 64 mm. De esa medida en adelante se les llaman cantos hasta los elementos que miden hasta 25.6 cm y bolos o bloques de esa medida en adelante. El termino sedimento se utiliza para denominar el conjunto de todas esas partículas.

Los lechos granulares están frecuentemente compuestos de una mezcla de tamaños, desde finos hasta gruesos. Por las características del material del fondo, se pueden clasificar como cohesivo, no cohesivo, acorazados, con granulometría extendida y con granulometría uniforme.

Los cohesivos, son los lechos en materiales predominantemente arcillosos.

Los no cohesivos, ocurre en los lechos con material que no desarrolla cohesión, sino que está formado por partículas sueltas. Estas a su vez se clasifican según el predominio del material grueso, en boleó y cantos rodados.

Los acorazados son aquellos lechos donde debido a lo extendido de la granulometría, puede ocurrir el arrastre de las partículas más finas, lo que permite la formación de una capa protectora o coraza de material grueso en su superficie, la cual mantiene debajo de ella toda la granulometría original, incluyendo los granos más finos.

Los cauces con granulometría extendida, son aquellos en que los sedimentos de fondo están compuestos por una gran variedad de tamaños. Los cauces con granulometría uniforme, cuando los tamaños de las partículas siguen una distribución log-normal<sup>60</sup>.

Para poder analizar la estructura morfológica del río es necesario tomar en consideración los sedimentos presentes en el cauce, su naturaleza, su granulometría y su distribución. Cada río es un sistema de transporte donde la pendiente, habitualmente, va disminuyendo aguas abajo con el gradiente fluvial. La capacidad de arrastre de sedimentos está determinada por el caudal y la pendiente, igualmente el tipo de cauce que se forma depende del tamaño del sedimento y de lo erosionable que sea el sustrato.

Los ríos de montaña suelen transportar gran cantidad de sedimentos. En su salida a la llanura del piedemonte, la capacidad de arrastre va disminuyendo, por lo cual se van depositando los sedimentos transportados. Aguas abajo, se reduce la capacidad de acarreo de sedimentos, debido a que la pendiente del valle disminuye aún más. Los ríos adquieren un cauce meandriforme que fluye en medio de una amplia llanura de inundación y usualmente pasan a tener lechos arenosos o limosos.

*“En esta llanura, el sustrato está conformado por arenas o limos depositados en el pasado por el propio río, lo que hace que las márgenes sean pocos estables, y favorece la propensión de los meandros a migrar. Antiguos meandros abandonados forman una serie de lagos en*

---

<sup>60</sup> Con este término se representa gráficamente en un papel denominado "log-normal" por tener en la horizontal una escala logarítmica, y en la vertical una escala natural.

*herradura, que pueden reconectarse periódicamente con el cauce principal durante las crecidas o bien pueden mantener conexiones a través de los hiporreos. Los ríos meandriformes pueden tener una extraordinaria diversidad de hábitats físicos". (Elosegui & Sabater, 2009)<sup>61</sup>.*

El transporte de sedimentos, y por ende, las modificaciones en las morfologías del cauce, suelen ser bastantes estacionales, y ocurren principalmente durante las crecidas.

*"...las grandes crecidas con periodos de retorno elevados pueden reestructurar el cauce de forma acusada, las crecidas más influyentes suelen ser aquellas más pequeñas, con un período de retorno de uno o dos años, que llenan todo el cauce y están a punto de desbordar a la llanura de inundación. Esto es lo que se llama caudal dominante o bankfull". (Elosegui & Sabater, 2009)<sup>62</sup>*

Al estudiar la naturaleza o el origen de los sedimentos podemos observar una porción representada en el lecho del río, la cual estará eventualmente en movimiento por los caudales mayores en un corto período de tiempo y es denominada "carga de fondo" y otra porción más pequeña suspendida en el flujo la cual ha sido producto de la erosión de las laderas y orillas del cauce, y es denominada "carga de lavado".

El movimiento de los sedimentos en las corrientes se presenta en dos formas, los sedimentos en suspensión, manteniéndose entre la masa del flujo gracias a los fenómenos de turbulencia, o por el fondo, rodando, arrastrándose o saltando. En un río constantemente se dan los dos tipos de transporte simultáneamente y las proporciones entre uno y otro están determinadas por las condiciones orográficas<sup>63</sup>, geológicas, climatológicas y forestales de la

---

<sup>61</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 74.

<sup>62</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. pp. 74-75.

<sup>63</sup> OROGRÁFICO. *OROGRAPHIC*. Término que caracteriza a todo lo que se refiere al relieve y a la topografía. (e.g.: las lluvias orográficas son aquellas originadas por corrientes ascendentes de aire alrededor de los relieves). Sarmiento, F. (2001).

cuenca. Los sedimentos transportados en suspensión están compuestos por las partículas más finas, las cuales se mantienen en suspensión por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye; también puede asentarse cuando el lecho se hace más liso o cuando la corriente descarga en un pozo o lago.

Las partículas sólidas de mayor tamaño son remolcadas por el flujo a lo largo del lecho de la corriente aguas abajo y este fenómeno se denomina arrastre de fondo. Ahora bien, existe un tipo de movimiento intermedio en el que las partículas se desplazan aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces palpando el fondo y a veces flotando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo; a este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en una corriente de agua la altura de estos saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo.

Cuando se trata de de transporte de sedimento fino, la velocidad de las partículas es la misma que las velocidad del fluido que las rodea, sin embargo, la presencia de partículas finas en suspensión en pequeñas concentraciones parece ser que amortigua las fluctuaciones turbulentas. (Martín Vide, 2008).

*“Las cantidades relativas que avanzan en suspensión y el arrastre de fondo varían considerablemente. En un extremo, cuando el sedimento procede de un suelo de grano fino como el limo depositado por el viento, o una arcilla aluvial, el sedimento puede estar casi totalmente en suspensión. En el otro extremo, una corriente de montaña limpia y rápida puede tener cantidades insignificantes de materia en suspensión y casi la totalidad del movimiento de la grava, los guijarros y las piedras se produce en el lecho de la corriente”.* (FAO, 1997).<sup>64</sup>

El análisis del tamaño del sedimento tiene una gran importancia porque determina la tensión crítica de la corriente, la cual es capaz de ponerlo en movimiento. El movimiento de las partículas en el agua lo determina el peso en las más grandes y la cohesión en las más pequeñas. En los tramos urbanos

---

<sup>64</sup> FAO. (1997). ). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. Capítulo 5. Transporte de sedimentos*. Recuperado el 12 de Junio de 2010, de Boletín de suelos de la FAO. N° 68. Departamento de desarrollo Sostenible. FAO.: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s07.htm#TopOfPage>

generalmente los cursos están intervenidos y todas estas condiciones cambian, porque las escorrentías al desplazarse por superficies duras adquieren mayor velocidad, y arrastran en su recorrido material granular mezclado con otras sustancias generadas por las actividades urbanas.

La composición de los sedimentos arrastrados por las precipitaciones hacia los cursos de agua en los tramos urbanos, son una mezcla de material orgánico y desechos urbanos, tales como aceite, polvo, químicos y otros. Todos ellos contaminan el agua de las escorrentías que llegan al curso fluvial, es depositado en su lecho si el río no está canalizado y en caso contrario esta agua se desplazan por el canal a gran velocidad y son transportados aguas abajo.

En los tramos urbanos la invasión de los espacios fluviales ha modificado el paisaje, la morfología y la geomorfología de esos ríos o quebradas, generando graves problemas de erosión aguas abajo. Al ser modificado el perfil transversal donde están incluidas las orillas se están eliminando la rugosidad del río que ayuda a impedir la erosión de los bordes y genera hábitats para las especies acuáticas. Igual sucede con la deforestación en las riberas que produce erosión de los bordes generando un exceso de sedimentos que el río no podrá transportar y se depositarán en el lecho aumentando el ancho del río, lo que hace que aumente la cota superior del cauce y con el tiempo pierde su sinuosidad, así como también las construcciones de obras fluviales para estabilización de orillas. Todas estas modificaciones de los bordes van alterando el paisaje fluvial y degradando el sistema fluvial. Por lo anteriormente expuesto es importante respetar la naturalidad de los ríos y de ser necesaria la modificación de su morfología y geomorfología por razones de seguridad o estabilización de sus bordes, hay que tomar en consideración como se modifica el paisaje fluvial y como devolverle su naturalidad con el uso de la vegetación como ente integrador al paisaje.

### **Procesos fluviales.**

Dado todo lo anteriormente descrito en relación a las fluctuaciones de caudales, los sedimentos y su recorrido a través del cauce, podemos señalar

que forman parte de un proceso natural que se genera en los ríos. Los procesos fluviales son productos de una sucesión de eventos externos que involucran las corrientes de agua, estos cursos la integran el flujo sobre el terreno y el flujo de corrientes en ríos y quebradas. El flujo hacia y sobre el terreno o transgresiones, incluye el movimiento de aguas superficiales sin la formación de un canal de flujo pendiente abajo. Mientras que el flujo en corrientes contiene el movimiento de agua en canales definidos en el fondo de un valle. Las formas del cauce y el impacto del flujo del agua sobre el terreno son predominantes. El efecto primordial de las corrientes de agua sobre la superficie del terreno es el de eliminar las irregularidades existentes, es decir, remover los cerros y llenar los valles de ese material sustraído.

La corriente de un río, es una característica muy importante en los procesos fluviales, ya que la dirección de la velocidad del agua en un río no es paralela a los bordes u orillas, ella presenta desviaciones. El modulo de la velocidad no es uniforme a través de una sección, sino que en general el agua corre más por las partes más hondas.

Cuando el caudal aumenta hasta llenar el cauce, en las crecidas que podemos llamar anuales, al tiempo que la superficie libre sube, la corriente erosiona el fondo en las hoyas, que descienden, y deposita en los vados<sup>65</sup> que ascienden. Las formas de los fondos vuelven a su estado anterior al bajar el nivel. Asimismo, en las crecidas las corrientes “se enderezan”, es decir, se hacen menos sinuosas gracias a que las corrientes se sumergen primero erosionando el fondo y luego se erosionan las playas o “barras” laterales en las áreas convexas de las curvas, las cuales se reponen al descender el nivel.

Sin embargo los efectos no se compensan perfectamente entre el ascenso y el descenso del caudal, la corriente más veloz del río durante la avenida pudo haber producido el crecimiento de las playas hacia abajo y hacia adentro, igualmente puede haber retrocedido las orillas.

Dado lo anterior Martín, Juan. (2008) define el “Transito de avenida”, como el fenómeno natural de la crecida de un río y por ello una de las manifestaciones del llamado movimiento variable en lámina libre (o no

---

<sup>65</sup> Parte de un río con fondo firme y poco profundo. Sarmiento, F. (2001).

permanente en el tiempo). En la medida que aumenta el caudal de un río, el nivel del agua también aumenta, y con él la cantidad acumulada estacionalmente en el canal. Su circulación en el cauce significa el modo en que la avenida o crecida viaja aguas abajo. Los lechos y los cauces fluviales experimentan las mayores acciones y transformaciones durante este proceso.

*“Durante la etapa de recesión de la creciente el canal debe producir una cantidad de agua equivalente a este volumen almacenado. Como resultado, una onda de creciente que viaja a lo largo de un canal parece aumentar su tiempo base y (si el volumen permanece constante) rebajar su cresta si su volumen permanece constante. Entonces se dice que la onda es atenuada”.* (Linsley, Kohler, & Joseph, 1975)<sup>66</sup>

El tránsito de avenida es la técnica hidrológica utilizada para calcular el efecto del almacenamiento de un canal sobre la forma y movimiento de una onda de avenida (crecida).

El almacenamiento hidráulico también ocurre en el movimiento mismo del agua sobre la superficie del terreno, no solo dentro del canal o de un embalse.

Las avenidas o crecidas torrenciales, según Martín, J. (2008), son las crecidas en las que el transporte de sólidos es tan grande que las nociones de hidráulica fluvial se desvanecen. La fase sólida influye en el flujo, es decir, el flujo de agua no puede separarse del sólido. El calado o nivel del agua adquirido puede ser mucho mayor que en una creciente de agua sola o agua clara del mismo caudal, debido a la gran cantidad de sólido transportado.

Según Martín, J. (2008), se pueden distinguir dos tipos de fenómenos torrenciales, a saber, el flujo hiperconcentrado y las lavas torrenciales. El flujo hiperconcentrado parte desde un flujo ordinario, incrementándose el transporte de sólido. Para que ocurra se necesita una gran pendiente o en su defecto, un cauce de material menos grueso, el cual es más fácil de transportar, unido a un gran caudal. En una lava torrencial, el régimen hidráulico no se puede sostener porque el flujo no es permanente, es decir, el flujo consiste en un frente

---

<sup>66</sup> Linsley, Kohler, R., & Kohler, M. &. (1975). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana. p. 237.

seguido de una recesión y este fenómeno se presenta en sucesivas oleadas. Es impresionante la pendiente de dichos frentes, simula grandes paredes, transporta grandes bloques en su superficie y produce un estruendoso ruido. Este fenómeno es muy destructivo.

Existe un factor muy importante que incrementa el caudal de los cauces llamado la escorrentía, el cual es el agua sobrante de las lluvias que no alcanza a penetrar en el suelo, escurre por la superficie en los terrenos pendientes y se va concentrando en cauces naturales hasta llegar a las quebradas y los ríos. La escorrentía tendrá un mayor volumen y velocidad a medida que las lluvias sean más intensas y la pendiente sea más inclinada y prolongada. Si esta ocurre en terrenos desnudos como los urbanos, produce el arrastre. Hay varios factores que actúan simultáneamente para que se produzcan las escorrentías: La superficie del suelo, la capacidad de infiltración del suelo, la intensidad de las lluvias, el porcentaje de humedad del suelo, la pendiente del terreno o ladera y el microrelieve.

La escorrentía es una de las formas de la llegada de las aguas a los cauces de los ríos luego de las precipitaciones, según Linsley, R. Kohler, M. & Paulus, J. (1975), existen tres caminos del agua desde la caída por las aguaceros hacia los cauces: la escorrentía superficial, la escorrentía subsuperficial y el flujo de agua subterránea, este último punto no lo abarcaremos por no influir en los parámetros de nuestro estudio.

Una porción de esa agua fluye por la superficie del suelo formando la escorrentía superficial hasta llegar a un canal o cauce de un río. Las distancias recorridas por el agua hasta el canal son generalmente cortas y si la cantidad es suficiente, es un componente importante en la formación de los picos de las crecientes. Al comenzar la escorrentía superficial, la superficie del suelo se cubre de una película fina de agua denominada película de retención superficial. Desde que el agua se desplaza sobre la superficie del suelo y llega a los cauces de la red hidrográfica, comienza a aparecer la escorrentía superficial en los cauces. La escorrentía superficial depende de la intensidad de la precipitación, de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la

cuenca hidrográfica considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo.

Otra porción del agua llamada escorrentía subsuperficial, se infiltra a través de la superficie del suelo y fluye por debajo de ésta lentamente hacia áreas que tienen pequeñas profundidades y con horizontes relativamente impermeables, situados muy cerca de la superficie del suelo, alcanzando de esta manera los cauces de la red hidrográfica sin haber sufrido una percolación profunda. Esta porción de agua infiltrada es la que mantiene el caudal en el río durante los períodos de sequía. La porción total de esta escorrentía depende de la geología del suelo de la hoya, mientras el suelo sea más permeable permite mayor percolación hacia las zonas de aguas subterráneas o nivel freático. Este proceso no ocurre en las zonas urbanas densas, puede suceder en las áreas de menor densidad donde existan superficies libres de revestimiento.

Existe una parte de la precipitación que no es infiltrada y no se desplaza como escorrentía superficial, la cual “... es depositada en la cobertura vegetal como intercepción y en las depresiones del terreno como almacenamiento superficial. A medida que continua el proceso de precipitación, la superficie del suelo se cubre de una capa delgada de agua, conocida como detención superficial...” (Linsley, Kohler, & Joseph, 1975)<sup>67</sup>, y el flujo inicia su desplazamiento aguas abajo. Esta parte de la precipitación se conoce como la retención superficial, la cual incluye la intercepción, el almacenamiento superficial y la evaporación que ocurre durante las precipitaciones. Después que la cobertura vegetal está saturada, cesa la intercepción a menos que sea evaporada directamente desde la vegetación.

Esta cobertura vegetal se encuentra muy expuesta al viento y ofrece una enorme área de evaporación, de manera que las cortas precipitaciones y poco intensas pueden llegar a ser consumidas en su totalidad por la intercepción, por la pequeña cantidad de agua que se infiltre en el suelo y las que quede depositada en charcos y las depresiones de la superficie del suelo.

---

<sup>67</sup>Linsley, R., Kohler, M., & Joseph, P. (1975). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana. p. 211.

La capacidad de infiltración depende de la estructura y la humedad del suelo, como también de su pendiente y de la cobertura vegetal. Los suelos arenosos son muy permeables al agua, mientras que en suelos arcillosos la infiltración es muy baja. También influye la intensidad del aguacero, ya que un chaparrón fugaz produce más escorrentía que una lluvia fina bien prolongada, porque las gotas grandes sellan los poros más superficiales del suelo, reduciendo la infiltración.

*“...El agua infiltrada puede atravesar el suelo y la zona vadosa, en la que los poros están llenos de aire y solo hay agua en finas películas alrededor de las partículas, y llegar al nivel freático, que marca el nivel superior de los acuíferos, es decir, de los conjuntos rocosos saturados de agua. Si llega mucha agua por infiltración, el nivel freático sube, y la presión hidrostática empuja el agua en el acuífero a los cauces fluviales. Por esta razón en épocas de sequías los ríos se mantienen con agua, ya que la mayor parte del caudal circulante proviene directamente del freático...”* (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>68</sup>

El proceso de infiltración se reduce enormemente en las zonas urbanas donde abundan superficies duras e impermeabilizadas que eliminan cualquier intento de infiltración a los suelos. Las aguas provenientes de las precipitaciones en su mayoría van a los sistemas colectores y de allí desaguan a los ríos y quebradas que en muchos casos ya están canalizadas o embauladas.

En los procesos fluviales existen otros factores que influyen en la dinámica de los cauces es la exposición a procesos de erosión o degradación<sup>69</sup>, equilibrio y sedimentación o agradación<sup>70</sup>. Un río se puede

---

<sup>68</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. pp. 51-52.

<sup>69</sup> La degradación de un cauce ocurre cuando existe la pérdida de material en una zona del río la cual es producto del desequilibrio entre el aporte de sólidos que transporta el agua en esa sección y la mayor cantidad de material que es removido por el agua en dicha sección. El arrastre del material sedimentario depende de la velocidad del flujo en cada sección. En los lechos de material suelto, la velocidad del flujo mantiene un movimiento generalizado de las partículas y en los lechos de suelos cohesivos, es la velocidad del flujo la que es capaz de ponerlos en suspensión y ser arrastrados aguas abajo, como lo habíamos indicado anteriormente. Como procesos de degradación podemos enunciar la remoción en masa, la migración y divagación de un cauce, la socavación a largo plazo, la socavación general y la socavación local. . Fuente: (Universidad del Cauca, s/f).

<sup>70</sup> La agradación, es el proceso que se produce cuando el nivel del lecho del río se eleva o cuando los bordes fluviales se desplazan hacia el interior del cauce producto del exceso de sedimentos que la corriente no puede impulsar. Este proceso se presenta especialmente en el piedemonte donde las corrientes llegan desde aguas arriba con una gran cantidad de material sólido producto de la degradación en la zona montañosa y al llegar a las zonas de

considerar en estado de equilibrio cuando no existe una variación en el perfil del fondo y ni en las márgenes del cauce, esto trae como consecuencia, la compensación entre los sedimentos que son transportados hacia el sitio y desde el sitio hacia aguas abajo. La degradación se presenta cuando el nivel del lecho baja o si las márgenes se desplazan hacia fuera, lo cual sucede cuando la carga de sedimentos arrastrada es inferior a la capacidad de transporte del flujo de agua. Estos procesos se aceleran o se intensifican durante los períodos de crecidas, las cuales producen las inundaciones generalmente en las zonas planas aluviales de los ríos.

Podemos inferir que en un tramo urbano generalmente el río pierde su estado de equilibrio porque sus márgenes están intervenidas y en algunos casos el lecho es eliminado al canalizar o embaular el río o la quebrada en todo su tramo urbano.

En los procesos fluviales existe una variable fundamental, la velocidad del agua y la distribución de la tensión de arrastre asociada a la distribución de velocidades dentro del cauce, de tal modo que la velocidad del agua varía en cada punto de la columna de agua, es decir, la velocidad es mínima en las cercanías de los márgenes del río y máxima en el centro del cauce.

En las corrientes intervienen dos fuerzas, la primera de ellas es la gravedad que actúa en la dirección aguas abajo y la segunda es la fricción que se opone a este movimiento. La relación resultante entre ambas fuerzas es la que determina la capacidad que posee la corriente para erosionar y transportar los sedimentos.

Los procesos fluviales que generan cambios morfológicos pueden ser producidos por causas naturales o por las perturbaciones antrópicas. Entre las causas naturales podemos señalar: la migración lateral y longitudinal del cauce, los cortes de meandros, la erosión de los bordes, la incisión de cauces, la formación de lecho como barras e islas y los procesos de orillares. Entre las

---

bajas pendientes, no pueden ser transportados quedando depositados en ellas. El principal problema que ocasiona este proceso es la disminución de la sección del cauce y la capacidad de transporte, lo cual trae como consecuencia el aumento de las inundaciones. Fuente: (Universidad del Cauca, s/f)

causas antrópicas podemos señalar el urbanismo, la invasión urbana, la construcción de obras hidráulicas como las presas, diques, espolones, puentes, el corte artificial de meandros y los revestimientos del cauce; las actividades de minería, cambios de usos del suelo en los bordes fluviales y el aterramiento de lagunas o la desecación de pantanos. Igualmente podemos señalar que todo curso fluvial urbano ha sufrido cambios morfológicos importantes, al ser intervenidos sus bordes, en algunos casos su lecho y en otros casos ambos.

Las inundaciones, son parte de un proceso natural como respuesta a eventos climáticos de autorregulación del ciclo hidrológico o ante perturbaciones producto de actividades antrópicas en la cuenca, es decir, son las acumulaciones de volúmenes de agua producto de las lluvias excesivas sobre las áreas planas, por desbordamientos de ciénagas, por desbordamientos de corrientes naturales, por la deficiencia en los drenajes, por deslizamientos y formación de presas naturales, o por obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles, urbanismos y sedimentación de los cauces. Este volumen de agua sobrepasa la capacidad de la sección hidráulica y desborda hacia la llanura de inundación.

La severidad de la creciente y la fragilidad de las áreas ribereñas asociadas la condicionan directamente ante las inundaciones, el tipo de cauce y las características geométricas de las secciones.

*“La recuperación de las formas y procesos fluviales que van a determinar la creación y permanencia de los hábitats físicos, se presenta de esta forma como un requisito indispensable para la restauración del río y la recuperación de sus comunidades biológicas. Dicha recuperación debe abordarse desde el conocimiento de los principios y leyes que rigen la geomorfologías fluvial, y sin duda representar la primera, y a veces única, etapa a abordar en la restauración del ecosistema fluvial”.* (Gómez, 2004).<sup>71</sup>

Esta teoría del autor Orea Gómez se puede aplicar en cursos fluviales urbanos donde su intervención sea poca, porque en cursos de agua como la

---

<sup>71</sup> Gómez, O. (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Madrid: Mundi Prensa. p. 475.

gran mayoría de las quebradas de Caracas, donde la intervención ha sido muy intensa, como los embaulamientos, la aplicación de esta teoría significaría una inversión muy onerosa, pero que valdría la pena utilizarla en alguna de ellas.

Otro proceso fluvial importante de señalar es el proceso de incisión de cauces o encajonamiento, el cual se debe al desequilibrio entre la capacidad de transporte de la corriente y el suministro de carga sólida de tal modo que para corregir ese desequilibrio, las aguas aumentan su carga sólida tomando sedimentos del propio lecho produciendo erosión de fondo y encajonando el caudal de los ríos progresivamente mas profundos. Entre las causas que ocasionan este proceso, podemos citar:

- El incremento de fuerzas erosivas por estrechamiento del cauce y por tanto concentración de caudales.
- El aumento de la pendiente por obras de canalización.
- El aumento de la esorrentía y de los caudales punta de avenidas.
- La disminución de carga sólida de caudales circulantes.

La canalización de los ríos es quizás la intervención antrópica que más problemas ha causado provocando incisión de cauces. Estas canalizaciones se efectúan para ensanchar los cauces, profundizarlos o para limpieza, todos ellos producen el aumento de la capacidad hidráulica del cauce aumentando de esa manera el radio hidráulico, la pendiente y disminuyendo el coeficiente de rugosidad. Esto trae como consecuencia el inevitable aumento de la velocidad y produce un notable incremento de la tensión de arrastre produciendo erosiones muy importantes.

Seguidamente, se produce un desnivel en el lecho con respecto de las orillas que quedan suspendidas en lo alto, hasta que se supera el límite de estabilidad y se produce el desmoronamiento y caída por gravedad de materiales al cauce dado a la desintegración de las márgenes del río y este es arrastrado aguas abajo.

Al pasar el tiempo, el cauce se ha ensanchado hasta llegar a un punto donde el material caído desde las orillas no puede ser transportado por la corriente y la situación se estabiliza.

Los procesos erosivos de los bordes pueden ocasionarse por procesos de la propia corriente como el de incisión de cauces, como también a una pérdida de cohesión del material debido a la humedad presente.

En caso de la incisión de cauces puede actuar de dos formas: erosionando directamente el borde y poniendo en movimiento el material que constituye las paredes del cauce o socavando la base del talud por erosión del fondo, trayendo como consecuencia el incremento de la pendiente del talud y su altura ocasionando la caída por efectos de la gravedad. El segundo caso se debe a los procesos erosivos asociados al exceso de humedad de las orillas y esta es determinada por las condiciones climáticas y del movimiento del agua a través del suelo.

Todo lo anteriormente descrito trae como consecuencia la inestabilidad lateral del cauce el cual es un problema asociado a la erosión de las orillas aunado a un problema de inestabilidad ocasionados por procesos de sedimentación en el lecho. Esto va causando un retiro progresivo de los bordes dando como resultado un río cada vez más ancho y menos profundo, pero más propenso a los bordes y por lo tanto es más propicio a los desastres urbanos.

Un lecho granular que soporta la circulación de una corriente de agua verá en algún momento desplazada una partícula por la fuerza del arrastre del agua. Martín, P. (2008). Un lecho granular con agua en reposo o sin circular también puede ver arrancadas sus partículas si el agua se agita lo suficiente, ya que la circulación del agua ejerce una fuerza sobre el fondo. Por lo anteriormente expuesto podemos definir los umbrales de erosión, como el principio o condición crítica del arrastre o movimiento de fondo.

El movimiento de las partículas depende de sus características físicas como el tamaño, la forma, su densidad, etc., además de la capacidad del agua para su remoción y transporte, siendo las arenas las más fácilmente erosionables. Las partículas más finas necesitan velocidades mayores debido a

su cohesión y las más gruesas necesitan mayores velocidades debido a su peso y tamaño.

El proceso de erosión puede empezar a analizarse con el despegue de las partículas del suelo tras el impacto de una gota de agua de lluvia. La energía cinética que produce el impacto de la gota en el suelo, puede lanzar las partículas al aire durante el impacto. En superficies planas, las partículas se dispersarán más o menos uniforme en todas las direcciones, pero en un terreno que posea pendiente se producirá un transporte neto hacia abajo, y si en ese momento existe un flujo superficial, las partículas removidas serán agregadas al flujo y serán arrastradas aún más abajo antes de ser depositadas en la superficie nuevamente.

El flujo superficial por ser laminar no puede despegar las partículas de la masa del suelo, no obstante, si puede mover las partículas que se encuentran sueltas en la superficie. *“Los procesos de socavación y flujo superficial son responsables de la erosión en capas de poco espesor, una degradación relativamente uniforme de la capa del suelo”*. (Linsley, Kohler, & Joseph, 1975)<sup>72</sup>. Este tipo de erosión es difícil de descubrir, a menos que el nivel del suelo haya descendido por debajo cercas o si ha descubierto las raíces de los árboles.

Ya habíamos descrito que los ríos transportan materiales sólidos junto al agua. El volumen o el peso de estos materiales cuando pasan por la sección transversal de un cauce por unidad de tiempo se denominan en hidráulica caudal sólido, y las causas que contribuyen a su formación son las siguientes: la erosión de la cuenca, la erosión del cauce, los deslizamientos del terreno, los aludes y glaciares y finalmente las cenizas volcánicas donde existan.

La erosión de las cuencas es producto de la interacción de varios factores como los cambios en la temperatura y humedad, las precipitaciones, el viento, las raíces de las plantas, la acción de los animales y las intervenciones del hombre entre otros, que producen un desmembramiento de las rocas y cuyas partículas desmoronan por las pendientes en una acción combinada de

---

<sup>72</sup> Linsley, R., Kohler, M., & Joseph, P. (1975). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana. p. 331.

la gravedad y del escurrimiento superficial, dirigiéndose hacia los cauces, suministrándoles materiales sólidos a los cauces de las cuencas.

La erosión del cauce se produce con los cambios de dirección del cauce y por la fuerza en el flujo de fondo. Al producirse el cambio de dirección en los cauces, principalmente en las partes cóncavas de las curvas, el flujo choca contra las orillas y arrancan material que de inmediato se incorpora a la corriente aguas abajo. Durante las crecidas, la fuerza cortante que ejerce el flujo en el fondo del lecho, produce la energía suficiente como para arrastrar las partículas sueltas del mismo incorporándolas al flujo.

Los deslizamientos de terreno en las márgenes del cauce, pueden producirse debido a los deslizamientos en masa de grandes volúmenes de material sólido, causado por la erosión ocasionada por la propia corriente. Esto indicaría la conveniencia de evitar cambios bruscos de dirección de cauces en procesos de urbanización. En el caso de los deslizamientos producidos en las cuencas alejadas de los cauces,

*“... pueden producirse deslizamientos de terreno inducidos por la presión hidrostática asociada a la saturación de suelos y rocas, efecto que sumado a la disminución de los parámetros resistentes de los materiales a consecuencia de la meteorización y a las condiciones topográficas (fuertes pendientes), traen como resultado que se sobrepase la resistencia al deslizamiento”. (Suarez Villar, 1993)<sup>73</sup>.*

Según Martín, J. (2008) se pueden distinguir dos tipos de erosión, la erosión general y la local. *“La erosión general del fondo se puede explicar por la acción de un flujo de agua caracterizado simplemente por una velocidad media”,* la cual afecta a tramos largos del cauce y sería la única existente en un tramo recto, prismático y sin ninguna otra característica. *“La erosión local del fondo se explica por la acción de un flujo más complejo, que en una sección de la corriente vertical u horizontal, requeriría una descripción bidimensional de las velocidades”.* (Martín Vide, 2008)<sup>74</sup> Se presenta asociada a particularidades como obstáculos los cuales crean turbulencia en el fondo. También puede

---

<sup>73</sup> Suarez Villar, L. M. (1993). *Presas de corrección de torrentes y retención de sedimentos*. Caracas: MARNR. p. 3-3

<sup>74</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 78.

llamarse erosión general de orillas o márgenes en tramos rectos y de erosión local de orillas en tramos curvos. Esta erosión de orillas puede también llamarse erosión lateral.

La erosión también se puede clasificar por el factor tiempo o temporal, ya que existe una erosión transitoria y otra permanente. “*La erosión transitoria es el descenso del fondo durante la fase ascendente de una avenida*”. (Martín Vide, 2008)<sup>75</sup>, este autor lo describe de esta manera, “*cuando crece la avenida y la superficie libre sube, desciende por su parte el fondo de un cauce aluvial. Cuando decrece la avenida y baja la superficie libre, asciende el fondo rellenando el espacio erosionado de forma transitoria*”. (Martín Vide, 2008)<sup>76</sup>.

La erosión permanente se le puede llamar erosión a largo plazo, puede ser causada de forma natural por un desequilibrio geomorfológico o por alguna intervención antrópica en la cuenca, como por ejemplo la construcción de una presa. Según Martín, J. (2008), un río puede presentar de forma natural una tendencia a la incisión o socavación en los tramos altos y al relleno o sedimentación en los tramos bajos, como evolución morfológica hacia un perfil de equilibrio. Ahora bien, la perturbación originada por la construcción de una presa, produce la interrupción del transporte sólido por completo, pero el flujo de agua lo controla y lo deja correr temporalmente.

Erosión de cárcava, es un proceso fluvial que sucede en algún sitio de la pendiente cuando ocurre suficiente acumulación de flujo superficial para causar una pequeña socavación, y si la turbulencia del flujo en las vecindades de esta perturbación es suficiente para sacar las partículas del fondo y las bancas del pequeño canal formado, se iniciará el proceso.

Los procesos erosivos en los bordes de agua pueden ser ocasionados por alguno de estos factores:

- Erosión directa de la base del talud por efecto de la corriente. Esto ocurre cuando se da un descenso del nivel del agua por debajo de la altura media del talud.

---

<sup>75</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 79.

<sup>76</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. Op. Cit. p. 79.

- Erosión del suelo de las orillas causadas por escorrentías.
- Deslizamientos en suelos limosos o arenosos saturados.
- Erosión del suelo por movimientos de agua subterránea hacia el exterior del talud.
- Erosión de la parte superior o inferior de las orillas por efecto del oleaje producido por el viento o por el paso de embarcaciones.

Según sea la composición y la estructura del material de las orillas podemos efectuar una clasificación:

Orillas de roca, son muy estables y están sometidas a una erosión gradual y a una rotura intermitente de bloques ocasionados por los cambios de temperatura.

Orillas de material no cohesivo, son conformadas por una mezcla de limos, arenas y gravas. La erosión se realiza partícula a partícula.

Orillas de material cohesivo, estos suelos están constituidos por un material con alto contenido en arcillas y minerales activos que determinan agregados. Son más resistentes a la erosión superficial, pero muy susceptibles de rotura cuando se produce un descenso del nivel de las aguas.

Orillas con materiales estratificados, generalmente son los más frecuentes y donde aparecen sucesivas capas de estratos en cuanto a tamaño, permeabilidad y cohesión. La erosión dependerá de la erosionabilidad de los materiales de cada capa.

Antes de proceder a la restauración de cualquier cauce, se hace necesario reconocer si en él se está produciendo uno o varios procesos erosivos procediendo a un reconocimiento de campo e identificación de síntomas evidentes si los hay.

Existen varios factores que controlan la erosión, los más importantes son: el régimen de lluvias, la cobertura vegetal, el tipo de suelos y la pendiente del terreno. La importancia del régimen de lluvias ya fue descrita en la sección anterior cuando tocamos el tema de los procesos de erosión.

En el caso de la cobertura vegetal, su importancia radica en la absorción de la energía que producen las gotas al caer al suelo, también puede proteger esta superficie contra la erosión en cárcava e igualmente puede mejorar la capacidad de infiltración de la tierra por el aumento en el contenido natural de materia orgánica de la misma. Esto quiere decir que mientras exista mayor infiltración habrá menor flujo superficial y menor erosión.

El suelo más cohesionado resistirá la erosión causada por el impacto de las gotas de lluvia más fácilmente que un suelo suelto. Esta erosión por impacto disminuye con el aumento en el contenido de agregados en el agua.

La erosión es mayor en las pendientes altas, es decir, entre más pendiente tenga un talud, más efectiva será la acción del agua en rodar y transportar el sedimento pendiente abajo.

La geomorfología fluvial explica buena parte del funcionamiento del ecosistema. En numerosas cuencas del mundo, y por supuesto, incluimos las de nuestro país, las alteraciones de la morfología del cauce son producto principalmente de las intervenciones antrópicas sobre los ecosistemas fluviales

Entre las intervenciones antrópicas más comunes a la geomorfología fluvial se encuentran las modificaciones en la forma del cauce, las canalizaciones, los revestimientos en concreto o embaulamientos, los diques laterales, las pequeñas presas que alteran la dinámica de sedimentos, las ocupaciones de la llanura de inundación tanto con fines agrícolas o urbanos, etc.

Todas estas perturbaciones originan fuertes impactos en la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas fluviales, por lo que es muy significativo conocerlas, y en los casos que sea posible, respetar y/o restaurar la morfología original, o al menos se debe posibilitar que el río desarrolle una dimensión estable en sus formas y perfiles, de modo que se mantengan las características del cauce y el sistema no entre en un proceso de agradación y/o degradación.

Los procesos fluviales en un tramo urbano invadido por construcciones y la mayoría de las actividades urbanas perjudican enormemente los procesos

fluviales de los ríos, reduciendo o eliminándolas conexiones verticales y laterales del río con sus riberas, reduciendo la alimentación de los acuíferos y deforestando sus riberas que producen un aumento de la velocidad de las escorrentías iniciando un proceso erosivo. En el caso de las canalizaciones y embalsamientos de las quebradas, el tramo urbano se convierte en un canal de agua cuya velocidad aumenta al no tener obstáculos como las piedras, no poseen la secuencia de rápidos y pozas que generan hábitats para las especies acuáticas, oxigenan el agua al chocar con las piedras y enriquece el paisaje fluvial. Estas modificaciones de los procesos fluviales también van en detrimento del paisaje fluvial urbano, al eliminar la naturalidad del río y convertirlo en una caja de concreto que visualmente distorsiona con el paisaje. Al mantener los procesos fluviales podemos enriquecer el paisaje fluvial con la presencia de la vegetación a lo largo del cauce y la presencia del agua en áreas inundables durante las épocas de lluvias o procesos de avenidas. Estas áreas pueden ser aprovechadas por la población urbana utilizándolas como espacios de parques fluviales urbanos con actividades compatibles con los procesos fluviales y de esta manera el paisaje fluvial urbano puede presentar otras características a las acostumbradas en nuestras ciudades.

### **Los ecosistemas fluviales.**

Para entender los ecosistemas fluviales, podemos señalar que un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat y está constituido por su componente abiótico y por la biota que se adapta a las condiciones ambientales, pero también la modifica. Entre esos componentes existe una interacción siguiendo patrones complejos, este dinamismo produce cambios *“como por ejemplo, en algunos ríos al reducirse el caudal disminuye la velocidad del agua y se favorece la colonización de macrófitos; estos incrementan la sedimentación y reducen aún más la velocidad del agua llegando a modificar la morfología del cauce”*. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>77</sup>

En la caracterización de los ríos no se puede dejar de lado el valor ecológico que representa. Los ríos son elementos vivos, en continuo cambio,

---

<sup>77</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p. 24.

que al igual que otros ecosistemas acuáticos, están estrechamente ligados a los ecosistemas terrestres adyacentes. En su estado natural, merecen ser protegidos y conservados por ser unos ecosistemas complejos y singulares. Este ecosistema fluvial se puede decir que está constituido por tres ecosistemas que interactúan entre sí, ellos son el cauce, la llanura de inundación y el bosque de ribera.

Al analizar el cauce como uno de los tres ecosistemas que interactúan en el ecosistema fluvial, podemos señalar que el cauce es uno de sus principales elementos y suele presentar gran diversidad de formas en las cuales se desarrollan una flora y una fauna acuática. En todo lo largo del cauce se genera una gran diversidad biológica, dada la variedad de hábitats que se generan en las diferentes áreas con fondo de barro o de gravas, en pozas o rápidos, lugares de sombra o de sol, zonas de mayor o menor velocidad, islas o espacios sumergidos, etc. Según el heterogéneo comportamiento de los organismos de aguas corrientes en relación con la velocidad del agua y la estructura del fondo, varían también aguas abajo las comunidades de plantas y animales, se establece, entonces, una zonificación en la que cada tramo se caracteriza por una comunidad de organismos propia. La fuerza de arrastre de la corriente exige determinadas aptitudes a sus habitantes, y esto ha llevado a adaptaciones de comportamiento o morfológicas muy especializadas como la búsqueda de refugios, adopción de formas hidrodinámicas, presencia de ventosas, entre otros. Por ejemplo,

*“Los organismos que viven en rápidos necesitan mecanismos de sujeción, disponen de elevadas concentraciones de oxígeno y los materiales (disueltos y particulados) son renovados de manera continua; los que viven en pozas lo hacen en un medio mucho menos turbulento, pero a menudo deben afrontar bajas concentraciones de oxígeno. El hábitat físico del cauce determina en buena parte el funcionamiento biológico fluvial”.* (Elosegui & Sabater, 2009)<sup>78</sup>.

Ahora bien, el papel ecológico de las crecidas puede ser bastante diferente en quebradas y en grandes ríos. Las cuencas pequeñas y con

---

<sup>78</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA, p. 28.

pendientes suelen ser muy torrenciales, y mostrar crecidas repentinas que desaparecen cuando cesan las lluvias, mientras que los grandes ríos de llanura suelen tener un ciclo de crecidas mucho más predecible. Los grandes ríos suelen ser más complejos que las quebradas, ya que en ellas cuando llueve sucede en toda la cuenca y por lo tanto, presenta una respuesta más homogénea.

Como consecuencia de ello, el efecto primordial de las crecidas en las quebradas es perturbar a las diferentes comunidades, ya que las corrientes van arrastrando los organismos y sus recursos aguas abajo, aunque en algunos casos las crecidas son cruciales para algunas especies, como los peces que solo pueden migrar a sus zonas de pareo en aguas altas. Por otro lado, en los grandes ríos de llanuras aluviales, éstos tienen un ciclo de expansión y contracción, es decir, de crecidas y sequías, el cual es muy acentuado y predecible, por lo que se han adaptado los ciclos de vida de muchos organismos.

*“La frecuencia, magnitud, y duración de las crecidas y sequías, así como su predecibilidad, constituyen una de las variables ambientales de mayor importancia biológica en los ríos. De hecho, tanto las crecidas como las sequías están entre las principales perturbaciones para la biota fluvial, por lo que buena parte de los rasgos vitales observables en las comunidades de organismos se pueden interpretar como modeladas por este componente del hábitat físico a través de la evolución”.* [(Townsend et al. 1997) en (Elosegui & Sabater, 2009)]<sup>79</sup>.

El segundo ecosistema que interactúa en el ecosistema fluvial es el que se desarrolla en las llanuras de inundación, la cual está sujeta a una compleja interacción de procesos fluviales, entre los que se destacan las inundaciones y los procesos que tienen lugar en los cauces, los cuales son productos de la potencia de la corriente y de las características de los sedimentos transportados.

---

<sup>79</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. P. 54.

En las llanuras de inundación, el desarrollo de las comunidades biológicas depende de la frecuencia de la inundación y de su duración, del nivel freático y de la diversidad física de la llanura, es decir, la existencia de depresiones, meandros abandonados, lomas, etc. Esta inundación es importante para el hábitat del llano porque aporta agua, sedimentos y nutrientes. Igualmente proporcionan un control natural contra las inundaciones y la erosión, conservan una alta calidad del agua y recargan los niveles freáticos.

Las poblaciones se establecen en las llanuras de inundación debido a sus numerosas ventajas, entre ellas el suelo fértil, gran cantidad de agua para irrigación, disponibilidad de ríos cercanos para usos urbanos y rurales, reemplazando la vegetación de los bosques ribereños.

Como tercer y último ecosistema que interactúa en el ecosistema fluvial tenemos al que se desarrolla en el bosque de ribera el cual constituye un ecosistema de gran valor biológico mientras no presente intervenciones antrópicas. Estas áreas suelen quedar cubiertas de agua en períodos de crecida. La vegetación de ribera es un elemento integrador entre los ecosistemas terrestres vecinos, el agua existente en el nivel freático y el cauce fluvial. El bosque de ribera está formado por varios tipos de vegetación, aparte de la sumergida o semisumergida, existen especies arbóreas, arbustos y herbáceas, su cercanía al agua depende de su necesidad hídrica. La sombra que producen los árboles y el detritus vegetal controlan la entrada de energía en el medio acuático.

Igualmente, el bosque de ribera funciona como un auténtico corredor biológico y como una zona de reserva para la flora y la fauna en los ecosistemas terrestres vecinos. Las intervenciones antrópicas como la tala, destrucción y modificación de la vegetación de ribera, reducen la calidad del hábitat fluvial y el funcionamiento del ecosistema, tales como el procesado de materia orgánica, la incorporación de nutrientes, la población de peces, etc.

Todos los ecosistemas para su funcionamiento dependen de la entrada y consumo de energía, especialmente de energía lumínica, que las plantas y otros productores primarios utilizan para sintetizar materia orgánica a partir de

nutrientes inorgánicos simples. En el caso de los ríos, debido a su dinámica fluvial, se produce un flujo de energías aguas abajo, en cada tramo se trata de aprovechar al máximo la energía circulante, haciendo que sea mínima la exportación o salida de esta energía mediante el almacenamiento o retención de la misma en forma de materia orgánica (biomasa de organismos vivos o sedimentos orgánicos) en ese tramo.

Una de las principales fuentes de energía es la producida por la turbulencia asociada a las corrientes del agua, que renueva constantemente el entorno de cada organismo, trayendo nuevos nutrientes y alimentos, y alejando desechos, pero a su vez impone fuertes restricciones a los organismos, por lo que termina modelando a través del tiempo muchos de sus rasgos vitales. Pero la forma en que la energía llega a cada tramo es diferente; esto condiciona la aparición de diferentes comunidades con rasgos ecológicos particulares, que nos permiten reconocer diferentes sectores. Así por ejemplo, en los tramos de cabecera la fuente primordial de energía es la que aportan los ecosistemas terrestres adyacentes como la materia orgánica alóctona<sup>80</sup>: hojas, ramas, etc.

Todos los ecosistemas cambian con el tiempo y una de las causas son las perturbaciones ambientales que puedan suceder. En el caso de los ríos, las más frecuentes son las, avenidas o crecidas que arrastran gran parte de los organismos dejando zonas libres para los colonizadores. Las especies fluviales para adaptarse a estos cambios temporales han desarrollado mecanismos que favorecen la recolonización y facilitan una rápida recuperación de la comunidad tras la perturbación, la cual está condicionada por la extensión del tramo afectado, *"...de la existencia o no de recolonizadores potenciales en las cercanías y de la movilidad de los mismos a través de las redes de drenajes"*. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>81</sup>

La caracterización ecológica de los ríos puede llevarse a cabo sobre la base de su estructura y funcionamiento. Allan y Castillo [2007 en (Elosegui & Sabater, 2009)].

---

<sup>80</sup> Alóctona. ALLOCTONE. Especie ajena al sitio que ha llegado, procedente de otro sitio de origen, como resultado de una dispersión alocórica natural o inducida por el hombre (*Sinónimo*: especie introducida). Sarmiento, F. (2001).

<sup>81</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 26.

Este mismo autor define “...la estructura de los ecosistemas como aquellas características de los medios abióticos que forman el escenario en el que se desarrolla el ecosistema, y de las comunidades de organismos que constituyen sus actores principales”. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>82</sup> Igualmente lo hace con el concepto de funcionamiento de los ecosistemas, señalando que “habitualmente se entienden los procesos que ocurren en los mismos, y que están determinados tanto por el medio abiótico como por los organismos”. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>83</sup>

*“En el caso de los ecosistemas fluviales, su estructura está ligada a la forma y dimensiones del cauce, a la química del agua, a la diversidad de hábitats y a las distintas comunidades biológicas que se establecen en los mismos. Su funcionamiento está ligado a procesos como el transporte y retención de sedimentos, nutrientes o materia orgánica, o por la fotosíntesis de las algas y otros productores primarios, por poner unos ejemplos. Hay interacciones obvias entre estructura y funcionamiento. Así el caudal transportado por el río y sus variaciones temporales determinan la configuración geomorfológica y la estructura del hábitat fluvial. Asimismo la cantidad y el tipo de materiales que llega al sistema determinan sus características químicas. Finalmente, la biota responde a las dos características anteriores y a elementos históricos, a veces muy lejanos, que son característicos de la cuenca, y puede modificar en buena medida su propio entorno, como cuando retiene nutrientes depurando las aguas”.* (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>84</sup>

En el ecosistema fluvial el agua que transporta el río es resultado de lo que ocurre en su cuenca, es decir, las influencias que recibe del clima, la vegetación y las actividades humanas durante su recorrido a través de los suelos y áreas urbanas. Periódicamente, el río llena todo su cauce, lo que le permite regenerarse estructuralmente.

---

<sup>82</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Op.Cit. p.17

<sup>83</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao. Fundación BBVA. pp.17.

<sup>84</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. op. cit..pp. 17-18.

La integración entre la biota y el medio físico del río (hidrológico, geomorfológico, químico) es dinámica, tanto en el espacio como en el tiempo, esta interacción de todos estos elementos a su vez son los que regulan el funcionamiento del ecosistema fluvial. De manera que, podemos decir, el río no solo es el cauce por el que circula el agua, sino también la zona de ribera, sus meandros, la llanura de inundación y las complejas comunidades de organismos que viven en todos estos sectores que lo conforman. Los recursos alimentarios de estas comunidades cambian con el tipo de río, pero también a lo largo del año, y con eventos más o menos impredecibles como las avenidas. La respuesta de la comunidad biótica a esos cambios se refleja en la proliferación de las especies más abundantes en el momento del evento. A modo de ejemplo,

*“...los arroyos bajo bosque caducifolio reciben una gran cantidad de hojarascas, lo que favorece a la comunidad biológica descomponedora (bacterias, hongos) y detritívora (meiofauna y macrofauna), a no ser que en la temporada de lluvias, el río arrastre la hojarasca aguas abajo. Si el caudal se mantiene bajo, las interacciones entre especies determinarán en buena medida la composición de la comunidad, mientras si hay avenidas frecuentes, la comunidad estará dominada por las especies con mayor capacidad de recolonización, importando menos sus preferencias alimentarias. Así, pues, distintos tramos del río, en distintas épocas del año, o en años distintos, pueden tener una dinámica muy diferente”.* (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>85</sup>

Por ser los ríos muy dinámicos sus ecosistemas deben analizarse considerando la dimensión longitudinal (desde la cabecera hasta la desembocadura), los movimientos laterales y verticales del agua, los materiales que transporta, la energía y los organismos, y la dimensión temporal, resultante de los cambios ambientales, estacionales o no. A lo largo del eje fluvial se produce una sucesión continua de cambios desde la cabecera hasta la desembocadura...

---

<sup>85</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 34.

*“...la mayor cantidad de materia orgánica proveniente de la ribera en zonas de cabecera favorece la presencia de organismos fragmentadores y el predominio de procesos heterotróficos. A medida que el orden del río aumenta se reduce el material aportado desde la ribera y aumenta la disponibilidad de luz, lo que posibilita una mayor cantidad de productores y un predominio de los ramoneadores. En estos tramos los procesos autotróficos pueden ser tan intensos o más que los heterotróficos. A estas tendencias halladas en el eje fluvial hay que sumarles las que ocurren en el eje horizontal (llanura aluvial) y el vertical (hiporreos), especialmente en ríos con llanuras aluviales y una zona hiporreica bien desarrollada. En grandes ríos de llanura aluviales, el pulso de inundación determina que en determinadas épocas las especies acuáticas exploten los recursos acumulados durante meses en las llanuras de inundación. Esto incide en la dinámica, en la productividad y en la diversidad que soporta la zona de transición acuática-terrestre. [Junk et al. (1989) en (Elosegui & Sabater, 2009)]<sup>86</sup>. Los ríos de orden menor también son importantes en el aporte de carbono a la llanura aluvial”. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>87</sup>*

El ambiente físico en los ríos se define por los continuos cambios temporales y por su gran variabilidad en el espacio, lo que comporta continuas variaciones en su organización y en el caso de nuestros ríos tropicales, es más complejo, ya que su curso de agua es más largo a través de gradientes altitudinales, climáticos y biogeográficos diferentes a los ríos de zonas templadas.

Un ecosistema fluvial como tal es un engranaje en continua auto organización de su estructura y su funcionamiento. Las variaciones en el caudal por las crecidas y sequías, los cambios estacionales, la llegada de hojarascas y restos de madera, las variaciones climáticas, etc., son las perturbaciones que reciben las comunidades de organismos. Aunado al continuo trabajo de erosión y transporte de materiales de los ríos, tomando

---

<sup>86</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao. Fundación BBVA..p. 34-35.

<sup>87</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Op. cit. pp. 35.

como ejemplo ese continuo trabajo de erosión y la deposición de materiales en sistemas fluviales de media y baja energía van conformando los meandros, los cuales no son estructuras fijas sino que van trazando su forma según el caudal que transporta el sistema fluvial en el transcurso del tiempo.

En esta dinámica de continua formación del meandro, las comunidades vegetales y animales que habitan las orillas y en el lecho fluvial serán alimentados, transportados o capturados en un interminable proceso sucesional que se inicia con cada cambio apreciable de flujo. Existen las perturbaciones antrópicas que por ser a veces excesivo e intenso, el sistema fluvial no tiene la capacidad para responder del mismo modo que a las perturbaciones naturales, como sucede en las mayorías de los tramos urbanos de nuestras ciudades.

Podemos inferir que en los estudios a los ecosistemas fluviales debemos conocer las estructuras de las comunidades que las habitan, entender las interrelaciones entre ellas y su entorno ambiental y a lo largo de los cursos fluviales. Recordemos que la variabilidad en el régimen de caudales condiciona los hábitats existentes, la morfología fluvial y la interacción o conectividad lateral de los sistemas fluviales con las zonas inundables y los ecosistemas riparios o ribereños. Igualmente la variabilidad temporal y espacial de los procesos fluviales condicionan las comunidades existentes en cada tramo del río.

La diversidad en la morfología del canal y en los sedimentos asociados, que forman el substrato y hábitats para las comunidades ecológicas, es un componente clave y una condición necesaria para la biodiversidad. El ambiente natural se desenvuelve mejor permitiendo a los ríos funcionar normalmente por erosión, deposición de sedimentos y cambio morfológico.

En los sistemas fluviales tropicales y en especial los de montaña existe una intensa variación altitudinal, una gran diversidad de climas y de flora, en los que la alta pendiente y la consiguiente baja estabilidad del sustrato, imprimen una marcada diferencia en la dinámica hidrológica, geomorfológica y biológica. Igualmente las diferencias enormes de los períodos de lluvia y sequía influyen en las variaciones hidrológicas de los ríos.

En un tramo urbano los ecosistemas son muy afectados o eliminados en algunos casos por el alto grado de intervención que ocasiona la ciudad y sus habitantes. La modificación de su geomorfología, la eliminación de las orillas con su vegetación riparia ocasiona la migración de las especies acuáticas a otros hábitats aguas abajo. La eliminación de la vegetación riparia inicia un proceso erosivo y aumento de las escorrentías. La rugosidad de las orillas producto de la presencia de la vegetación entre las rocas generan estos hábitats para especies acuáticas, y enriquecen el paisaje fluvial. En el momento de modificar esta morfología de las orillas y eliminar la vegetación riparia le estamos eliminando su naturalidad, además de iniciar un proceso de erosión. Esto trae como consecuencia la modificación del paisaje fluvial. La necesidad de mantener los ecosistemas fluviales en sus hábitats naturales es de suma importancia para el paisaje en general porque el río no pierde la condición de corredor ecológico, el cual puede estar interconectado con otros corredores ecológicos urbanos. De esta manera le posibilita a la ciudad el uso de estos espacios pero siempre con una visión conservacionista con el fin de preservar el sistema fluvial y su paisaje asociado.

### **Calidad del agua.**

En los ecosistemas fluviales el agua es un el elemento natural indispensable para preservar su diversidad biológica. Por esta razón la Organización de Naciones Unidas (ONU.) ha declarado el periodo desde el 2005 hasta el 2015, como el “Decenio Internacional para la Acción: El Agua, fuente de vida”, con el fin de promover los esfuerzos encaminados a cumplir los compromisos internacionales contraídos por los países firmantes y aumentar la cooperación para proteger este recurso tan vital para el futuro de los diversos ecosistemas.

La problemática radica en que el aumento de la demanda del agua está ejerciendo serias presiones sobre nuestro ambiente. Existen gran cantidad de ecosistemas contaminados o seriamente degradados a causa de las afectaciones en los bosques y cuencas de los sistemas fluviales. La presencia de la minería y las industrias en estas áreas producen unas descargas de altos volúmenes de metales pesados y desechos peligrosos aumentando la

contaminación de los acuíferos. El descenso de la cantidad y de la calidad de los recursos hídricos en los ecosistemas viene causando una enorme pérdida de la biodiversidad. El agua dulce que consumimos provenientes de las zonas montañosas, se encuentran bajo la presión que ejercen la deforestación, la agricultura y el turismo descontrolado ubicados en dichas áreas, ocasionando un aumento en la demanda y en la descarga de sustancias contaminantes.

El agua proveniente de las precipitaciones es prácticamente destilada, producto de la condensación del agua previamente evaporada. Pero una vez que toca tierra y se inicia su recorrido por el ciclo hidrológico, su composición va cambiando en la medida que se va cargando de las diversas sustancias, al mismo tiempo en su interior se van desarrollando procesos biológicos. Estas variaciones de su calidad tienen gran importancia para la salud de los ecosistemas y de los seres humanos.

Los cambios que se producen en la calidad del agua son producidos por la carga de sustancias orgánicas e inorgánicas que traslada en su cauce, desde su nacimiento hasta su desembocadura. Este proceso de adición de sustancias las FAO - ONU. (1980). Lo explica de esta manera:

*“La adición de ciertas sustancias, particularmente nitratos y fosfatos y algunos compuestos orgánicos, al principio la enriquecen, estimulan el crecimiento de organismos alimentarios favorables y aumentan la producción, especialmente en ríos, inicialmente empobrecidos. Al aumentar las cargas el enriquecimiento pasa a ser eutroficación y florecen organismos menos favorables. Finalmente, al seguir aumentando la carga, se puede exceder la capacidad del sistema de satisfacer la demanda biológica de oxígeno. Las condiciones del río se deterioran rápidamente y pierde la capacidad de sustentar la vida. Como en un río hay una sucesión natural de condiciones físicas y químicas debido a las cuales los tramos potamon<sup>88</sup> bajos están en cierto grado eutroficados naturalmente, las comunidades de peces tienden a*

---

<sup>88</sup> Subdivisión efectuada para describir diversos tramos de los ríos basados en las características físicas del canal y en la composición biológica de la fauna asociada. Illies y Botosaneanu (1963) son referidos en el documento de la FAO-ONU (1980) como los autores que reconocen estas subdivisiones del lecho de un río, donde establecen una distinción fundamental entre la parte alta pendiente y torrencial (“ritron”) y la baja plana de corriente lenta (“potamon”).

*adaptarse a las condiciones eutróficas y resistir una cierta desoxigenación". (FAO-ONU, 1980).<sup>89</sup>*

Según las FAO - ONU. (1980), la contaminación y la eutroficación están estrechamente relacionadas con la cantidad de agua en el cauce, ya que durante las grandes crecidas o avenidas, las descargas que pueden no ser graves, pasan a serlo al disminuir el caudal y aumentar las concentraciones relativas. Esto se puede observar particularmente en las aguas permanentes de algunas tierras de inundación donde las zonas de agua contaminada quedan aisladas de la corriente principal.

La calidad del agua se puede evaluar por el uso a que se destine, es decir, puede llevar una carga orgánica que la hace apta para el riego pero inadmisibles para el consumo humano. Igualmente puede ser evaluada por su relación con el buen estado del medio ambiente, es decir, el agua tiene la capacidad para sostener un ecosistema equilibrado, independientemente del uso que luego se le vaya a dar.

Las características químicas y biológicas del agua son las que determinan su utilidad, bien sea para la industria, la agricultura o para consumo humano. El estudio de su composición química proporciona indicaciones importantes sobre la historia geológica de las rocas que la contienen, de su velocidad y dirección del flujo, igualmente sobre la presencia eventual de yacimientos de minerales. Muchos de los grandes yacimientos que se han descubierto cerca de los manantiales han sido porque la composición química del agua no es la típica. En las aguas que poseen un elevado contenido de materiales sólidos disueltos pueden aparecer litio, potasio, cloruro sódico entre otros. El total de sólidos disueltos en una muestra de agua se refiere a todo el material sólido en solución, es decir, no está incluido el sedimento en suspensión.

Existen criterios prácticos de calidad para la clasificación del agua según sea su utilización por el ser humano. El criterio principal es el que distingue su

---

<sup>89</sup> FAO-ONU. (1980). *Cuencas fluviales*. Recuperado el 4 de Juliop de 2010, de FAO, Doc, 1980 Téc.Pesca, (202):62 p.: <http://www.fao.org/docrep/003/x6853s/X6853S00.htm>

mayor o menor grado de potabilidad. Igualmente existen otros criterios para clasificarlas para el riego, para uso recreativo, para uso industrial, etc. En Venezuela existen El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente que es el encargado por velar que se cumpla las normas oficiales para la calidad del agua. Las cuales se rigen por las “Normas oficiales para la calidad del agua, Venezuela: normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” de fecha 11 de octubre de 1995.

Según el uso de la tierra en las cuencas varia el tipo de amenaza a la calidad del agua y la posibilidad de que el mismo río pueda depurarla. En una zona residencial, los vertidos de aguas servidas domesticas, es decir, aguas con contenido fecal, restos de comida y detergentes, pueden ser asimilados por su proceso de autodepuración, siempre y cuando la cantidad vertida no sobrepase su capacidad de depuración natural, en este caso será necesario la depuración artificial, por medio de plantas de tratamiento.

Cuando los desechos provienen de instalaciones industriales, generalmente vienen con sustancias químicas toxicas las cuales los ecosistemas son incapaces de asimilar. El uso agrícola también puede traer problemas a la calidad del agua ya que el agua que no es asimilada por los cultivos y drena al suelo hacia los cursos de agua y acuíferos, generalmente viene cargada de restos de fertilizantes y pesticidas.

Para la protección de la calidad del agua es necesario conservar en buen estado las aguas en las cuencas, donde el ciclo hidrológico ha sido perturbado por el hombre. Es imperante el control y la depuración de los vertidos tóxicos hacia los cauces de las áreas industriales y la reducción paulatina del uso de fertilizantes y pesticidas químicos en los cultivos y evolucionar al uso de productos orgánicos.

Es altamente conocido que el hombre es la principal amenaza para la calidad del agua por sus intervenciones en la cuenca que afecta el ciclo hidrológico para abastecer los diferentes usos que demanda la sociedad.

*“Como el agua se mueve por toda la superficie o el subsuelo de una cuenca hidrográfica hasta llegar a formar la red de canales que*

*constituye el sistema fluvial, todo cambio en el uso de la tierra o el agua dentro de la cuenca lo acusa rápidamente el río*". (FAO-ONU, 1980).<sup>90</sup>

Los procesos que ocurren en los cauces están condicionados por las alteraciones que introduce el hombre en la cuenca, por ello la mayoría de las aguas corrientes en el planeta distan mucho de encontrarse en situación prístina. Naturalmente, el grado de perturbación depende del nivel de la actividad antrópica desarrollada en la cuenca, a través de prácticas asociadas a la agricultura, la ganadería, la explotación forestal y, sobre todo, al desarrollo urbano e industrial. Estos cambios en los usos del suelo modifican las características físicas y químicas originales, tanto de los cauces como la de las aguas, actuando y perturbando agresivamente en la biota y en el funcionamiento de los sistemas fluviales. *"Las perturbaciones generadas en las zonas altas de la cuenca pueden repercutir río abajo, lo que recalca la idea de la cuenca como un sistema integral, y la necesidad de estudiar el río en el marco de su cuenca"*. [(Hynes 1975) en (Elosegui & Sabater, 2009)]<sup>91</sup>

Las intervenciones antrópicas como el aprovechamiento forestal y las actividades agropecuarias pueden incidir en las características de los aportes de materiales vegetales a los ríos y en el destino de éstos, los cuales serán procesados, almacenados o transportados río abajo. Igualmente, modificarán los patrones hidrológicos o de la carga de sedimentos. Por otra parte, la descarga de agentes contaminantes en los cauces, produce modificaciones en la calidad del agua y como consecuencia en la biodiversidad, esto sucede una vez que los ecosistemas fluviales superan el límite de lo son capaces de procesar.

*"Las aguas residuales, en concreto, contienen un elevado contenido de materia putrescible (contaminación orgánica) cuya mineralización conlleva un fuerte consumo de oxígeno, originando en algunos casos problemas de desoxigenación. Estas alteraciones se alejan de lo que debería ser un uso sostenible de los recursos y hacen*

---

<sup>90</sup> FAO-ONU. (1980). *Cuencas fluviales*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de FAO, Doc, 1980 Téc.Pesca, (202):62 p.: <http://www.fao.org/docrep/003/x6853s/X6853S00.htm>

<sup>91</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 43.

*incompatible el desarrollo socioeconómico con el mantenimiento de los procesos ecológicos*". (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>92</sup>

Durante los procesos fluviales llegan a los cauces una gran cantidad de materiales además de los nutrientes, los cuales tienen sustancias de naturaleza muy variada,

*"...incluyendo compuestos de elevada toxicidad y persistencia. Entre éstos se cuentan pesticidas, disolventes, derivados de los hidrocarburos, fenoles o metales pesados. Todos estos compuestos causan impactos en los ecosistemas fluviales, máxime cuando se bioacumulan a través de la red alimentaria*". (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>93</sup>

Los residuos de los fertilizantes y pesticidas utilizados por el hombre en las actividades agropecuarias constantemente ingresan a los ríos en forma diluida en el agua, por medio de las escorrentías o de la infiltración en el suelo, mientras que en las áreas urbanas e industriales, las aguas residuales habitualmente llegan de forma directa, es decir, a través de colectores.

La explotación de la cuenca sin un criterio de sostenibilidad, siempre implica perturbar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas que se intervienen. La magnitud de los efectos es producto del tipo de gestión adoptado. Existe una interacción importante entre cuenca y río la cual su principal elemento que es el agua termina perturbado ante cualquier intervención humana, y como consecuencia, a las comunidades que hacen vida en los ecosistemas fluviales. El grado de impacto que esas intervenciones dependen de la intensidad y duración de la perturbación, así como de la identidad y la capacidad del río por soportar dicha alteración.

Las intervenciones antrópicas en las cuencas y las grandes intervenciones efectuadas por el hombre en los tramos urbanos generan una degradación del río y sus aguas, ocasionando la pérdida de calidad a las aguas. Si le sumamos la cantidad de vertidos urbanos que le llegan al río, las escorrentías con aceite, basura, desechos industriales y otros, aumentan los niveles de contaminación de las aguas a tal punto que elimina todo tipo de vida.

---

<sup>92</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Op. Cit. pp. 43-44.

<sup>93</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Op. Cit. pp.36.

Esta degradación de la calidad del agua lleva asociado el deterioro de la vegetación y como consecuencia el deterioro del paisaje fluvial. Mantener la calidad del agua en niveles razonables es importante no solo a nivel de salubridad de la población también lo es para el paisaje fluvial urbano porque te incita a la población al cuidado y disfrute de sus espacios y fluviales. Hoy en día nuestro paisaje fluvial urbano en nuestras quebradas son espacios confinados entre edificaciones que dan hacia un curso de agua cuyas características son turbias, aceitosas, sucias y malolientes. Cuando el paisaje fluvial urbano debería ser un espacio abierto con una con orillas naturales con piedras y vegetación que ayudan a purificar el agua con un aspecto cristalino, inodora y sin desechos urbanos e industriales circulando en el cauce.

### **La importancia de la vegetación en los ecosistemas fluviales.**

Una de las comunidades que hacen vida en los ecosistemas fluviales es la vegetación de ribera y podemos señalar la existencia de una interrelación muy estrecha y dinámica entre la vegetación de ribera y la forma del relieve, en ella se presentan cambios drásticos en períodos de tiempo cortos o largos, condicionado por el caudal y el material sólido transportado aguas abajo. De allí pues que la vegetación en los sistemas fluviales cumplen una función importante en la fijación de los materiales sólidos transportados por el río y en el territorio generado por la sedimentación. Pero estas funciones desaparecen cuando se perturban los procesos fluviales por las intervenciones antrópicas.

La ribera o el borde de agua es un elemento fundamental de los sistemas fluviales. Esta área es un ecotono<sup>94</sup> o área de transición entre el medio acuático fluvial y el medio terrestre cercano al río, la cual recibe la influencia hidrológica de ambos medios ya que constituye un espacio compartido en el ciclo del agua, de los sedimentos y de los nutrientes, es decir, es una zona que por su ubicación recibe constantemente aporte hídricos y acumula materiales de los suelos erosionados de las laderas, por lo cual es una zona muy apreciada para la agricultura. En los bordes de agua

---

<sup>94</sup> Ecotono. *ECOTONE*. Una zona de transición entre sistemas ecológicos adyacentes, que tienen un conjunto de características únicas, definidas por las escalas de tiempo y espacio y por la fuerza de interacción (sensu Holland). Sarmiento, F. (2001).

desarrollados en las llanuras de inundación, han sido intervenidos para otros usos, inclusive el urbano, como lo veremos más adelante.

Los bordes de aguas fluviales, por ser las zonas más próximas al cauce de un río, presenta unas condiciones muy propicias para la retención de agua y de sedimentos. Favorece al proceso de las escorrentías porque presentan suelos profundos, generalmente con una elevada capacidad de infiltración y retención. Las riberas generalmente poseen poca pendiente por ser la zona más baja de las laderas, por lo cual dominan los procesos de depósito de sedimentos.

La mayoría de los ríos del planeta relativamente bien conservados presentan en sus bordes una variada tipología de comunidades vegetales formada por bosque u otra vegetación de ribera, desde el curso de agua hasta la parte más alta de la varzea<sup>95</sup>, dando lugar a franjas de vegetación de anchura variable, las cuales se encuentran asociadas con el diseño geomorfológico del suelo, donde encuentran condiciones adecuadas para su desarrollo, caracterizada por la adaptación de las especies a la humedad, por la resistencia a los desbordamientos del río y están asociadas a un nivel freático más alto que en los terrenos adyacentes. Estas franjas verdes cuando se deja que se desarrollen a su ritmo natural se pueden convertir en los interesantes "bosque galería".

*“En sentido estricto, se llama vegetación de ribera a las zonas cubiertas por esta en las márgenes de los ríos, donde las características del suelo, sobre todo el nivel freático, están influidas por la dinámica fluvial. Se trata, por tanto, de una vegetación azonal que corresponde al ecotono entre el ecosistema terrestre y acuático. A menudo hay un contraste marcado entre las especies de ribera y las que crecen en suelos zonales no relacionados hidrológicamente con los ríos: los árboles de ribera típicamente están adaptados a suelos fértiles y son capaces de*

---

<sup>95</sup> Varzea. *PERIODICALLY FLOODED FOREST*. Terreno plano, bajo, a veces inundado en la margen de los ríos; planicie de inundación periódica con suelos aluviales y vegetación asociada a tales inundaciones. Sarmiento, F. (2001).

*resistir la inundación, mientras que otras muchas especies no pueden sobrevivir en estas condiciones*". (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>96</sup>

Este bosque galería, bosque de ribera, bosque ripario o sotobosque, se caracterizan por poseer una densa vegetación que forma una bóveda sobre el cauce, de forma que lo hace prácticamente invisible. En ocasiones solo podremos saber de la existencia de un río por un cordón verde que serpentea mientras surca sus llanuras de inundación. La línea que describe el curso del río, con su humedad, es la que determina la distribución de vegetación, la cual se dispone en bandas paralelas en los márgenes del cauce del río en función de las necesidades de humedad y de la resistencia a los desbordamientos del río.

En nuestros ríos tropicales con regímenes hidrológicos altamente estacionales se presentan condiciones de grandes crecientes y bajantes dentro del lecho arenoso del canal, ocasionando la permanencia de la vegetación mejor adaptada a esta situación. Ésta vegetación está sujeta a períodos de inundación, por lo cual presenta una gran flexibilidad para resistir los empujes producidos por el flujo de agua y por la dinámica fluvial. La estructura organizativa de estas poblaciones, fundamentalmente la cobertura, la densidad y la estratificación de la vegetación riparia tiene un papel importante en la frecuencia y magnitud de las inundaciones ya que producen cambios en la morfología del canal de escurrimiento.

La vegetación se desarrolla en función de tres factores: físicos, climáticos e hídricos. Del factor hídrico se destacan otros tres factores, como son la humedad en la zona de las raíces determinada por los niveles ordinarios del río, la acción mecánica de las aguas altas y crecidas o avenidas (evento de lluvia y transporte sólido importantes), y la calidad del agua (o inversamente la contaminación). Al producirse cambios en estas condiciones hídricas se producen alteraciones en el desarrollo normal de las poblaciones, por ejemplo: el bajo nivel freático produce el marchitamiento de la vegetación y a su vez, ella prolifera con un nivel freático alto; al perder la calidad del agua por contaminación se pierden las especies y las crecidas producen el arranque de

---

<sup>96</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p. 311.

plantas. Todos estos cambios en la vegetación repercuten en la forma y dimensión del cauce. Igualmente esta vegetación también presenta sus ciclos vegetativos estacionales.

Las pequeñas raíces de la vegetación retienen las partículas de suelo evitando su desplazamiento ocasionado por los efectos de la gravedad, la precipitación, la escorrentía y el viento. Las plantas que mejor responden a este proceso presentan las siguientes características: la ramificación desarrollada desde su base para maximizar el efecto de retención, la capacidad de desarrollar nuevas raíces desde sus tallos enterrados hacia nuevos suelos y la flexibilidad para que su tronco y ramas se doblen sin fracturarse para soportar sin daños la caída de materiales.

Las raíces de las plantas forman una red de fibras entrelazadas en el suelo que refuerza su estructura y con ello incrementa su resistencia al deslizamiento. Esta estructura mixta que se forma le proporciona resistencia al suelo dado el grado de cohesión que tiene dicha estructura y la adhesión de las partículas del suelo a las raíces.

Las raíces secundarias profundas de mayor tamaño sujetan la masa superficial del suelo evitando su desplazamiento ladera abajo y de esa forma mejora la estabilidad de las pendientes. Al penetrar en profundidad se insertan en las grietas y aberturas entre las rocas, creando una red entre las capas superficiales y profundas creando el efecto de anclaje. Si a este efecto le sumamos la fuerza que ejerce el árbol al retener la masa de suelo, frenando su desplazamiento pendiente abajo, creando el efecto de contención.

*“Entre las funciones que desempeña la vegetación riparia en el ecosistema fluvial puede destacarse la de mejora del comportamiento hidrológico de la cuenca, favoreciendo en la llanura de inundación el almacenamiento de agua, retraso de avenidas, reducción de daños por erosión de márgenes y el depósito de sedimentos y partículas orgánicas, entre otros; control de la influencia de la cuenca, haciendo que la ribera actúe como zona tampón donde se produce la retención de escorrentías y sedimentos y la retención de nutrientes; estabilización de la forma y trazado del cauce; influencia sobre el funcionamiento del ecosistema*

*fluvial, favoreciendo la formación de refugios, el sombreado del agua y el aporte de materia orgánica; por último destacar la mejora del paisaje y su interés cultural". (Cañadas, Muñoz, Arroyo, & Valle)<sup>97</sup>.*

En los cauces fluviales su forma y sus dimensiones no solo son modificados por la interacción del agua con los materiales sólidos impulsados por el río, existe otro elemento importante que puede alterarlo: la vegetación.

*"El papel morfológico de la vegetación se explica por su acción directa sobre el suelo. Las raíces de las plantas fijan el material suelto, es decir, la arena. Esta acción ocurre en lugares como las orillas del cauce principal, las barras en el interior del cauce o las llanuras de inundación. Las secciones fluviales resultan de la interacción del agua, los sólidos y la resistencia ofrecida por la vegetación, tanto en el sentido de resistencia al flujo (rugosidad) como en el de resistencia frente al arrastre del material aluvial. El papel morfológico de la vegetación es lógicamente más significativo en los pequeños ríos que en los grandes, porque las poblaciones de vegetación no son proporcionales al tamaño del río". Martín, J. (Martín Vide, 2008).<sup>98</sup>*

La vegetación ribereña tienen gran incidencia sobre la forma del cauce, ya que su sistema radicular limitan la erosión de los bordes fluviales, *"... la caída de troncos aumenta la complejidad estructural del cauce, y favorece tanto la retención de partículas como la creación de nuevos hábitats". [(Harmon et al. 1986, Gregory et al. 2003; véase capítulo 10) en (Elosegui & Sabater, 2009)].<sup>99</sup>*

*"Como ejemplo de este efecto, al desaparecer el bosque de ribera, los ríos se encajan y se convierten en más estrechos, con lo que disminuye la superficie utilizable por los organismos fluviales, la conexión del cauce con la llanura de inundación, así como los servicios que prestan los ríos". [(Swenney et al. 2004). en (Elosegui & Sabater, 2009)].<sup>100</sup>*

<sup>97</sup> Cañadas, E., Muñoz, G., Arroyo, E., & Valle, F. (s.f.). *Metodología para el estudio de la vegetación de ribera en la planificación de las actuaciones en sistemas fluviales*. Recuperado el 6 de Enero de 2011, de [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Bkw3UjOc5yEJ:congreso.us.es/ciberico/archivos\\_word/92b.doc+retraso+de+avenidas,+reducci%C3%B3n+de+da%C3%B1os+por+erosi%C3%B3n+de+m%C3%A1rgenes+y+el+dep%C3%B3sito+de+sedimentos+y+part%C3%ADculas+org%C3%A1nicas,+ent](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Bkw3UjOc5yEJ:congreso.us.es/ciberico/archivos_word/92b.doc+retraso+de+avenidas,+reducci%C3%B3n+de+da%C3%B1os+por+erosi%C3%B3n+de+m%C3%A1rgenes+y+el+dep%C3%B3sito+de+sedimentos+y+part%C3%ADculas+org%C3%A1nicas,+ent)

<sup>98</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p.32.

<sup>99</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA. p. 312.

<sup>100</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA, p.312.

El aumento en la biomasa vegetal en las orillas ocasiona una disminución de la sección libre del curso de agua y como consecuencia la pérdida de capacidad de conducción, provocando desbordes laterales. Sin embargo, la eliminación de esta vegetación con el fin de evitar estos efectos podría ocasionar la aceleración del escurrimiento, el aumento del color turbio del agua y modificaciones en los hábitats.

La vegetación ejerce un efecto muy variable en la capacidad de infiltración del suelo y está condicionado por algunas cualidades de la vegetación como su grado de cobertura, tipo morfológico, etc. y por algunas características del suelo como la textura y la estructura; además de la topografía del terreno. Es por ello, que las variables ambientales y su relación con el río determinarán los estilos geomorfológicos con sus hábitats.

Habíamos mencionado que el grado de permeabilidad y la tasa de infiltración del suelo son mayores cuando los pisos están provistos de vegetación ya que existen una serie de efectos que interactúan entre sí como la transpiración de las plantas, la intercepción y un mayor contacto agua-suelo en los suelos cubiertos por capa vegetal.

La vegetación intercepta el agua que es transferida de la atmosfera a la tierra durante las precipitaciones y modifica el sistema de drenaje superficial y de profundidad al suelo. La existencia de una capa vegetal aumenta la capacidad de almacenamiento del suelo y su infiltración, produciendo una reducción del volumen de escorrentía y de su velocidad y por lo tanto su poder erosivo.

*“...la elevada rugosidad de los suelos riparios, debida a la frondosidad natural de la vegetación y a la presencia de residuos orgánicos, disminuye la velocidad de las escorrentías o aguas de inundación, favoreciendo su infiltración y la recarga de los acuíferos”.*

(González del Tánago M. , s/f).<sup>101</sup>

---

<sup>101</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

Esta intercepción produce la retención de un volumen de agua de la precipitación. Una parte se almacena en las hojas y tallos y desde allí regresa a la atmósfera en forma de evaporación, el resto, cae al suelo escurriendo por las diferentes partes de los árboles o goteando desde la superficie de las hojas. Esto trae como consecuencia la reducción del volumen de agua que cae al suelo minimizando la movilización de las partículas sueltas y disipando la energía cinética que trae la lluvia reduciendo la capacidad erosiva el suelo.

El tipo de vegetación influye en la capacidad de intercepción del agua de lluvia, es decir, las cubiertas vegetales formadas por herbáceas y que su disposición sea de forma continua tiene una capacidad de intercepción superior a las formaciones leñosas y dentro de estas, las especies de hojas perennes interceptan un volumen mayor que los árboles caducifolios.

El proceso de evapotranspiración en la cual la pérdida de agua en forma de vapor ocasionada por la evaporación de la lluvia interceptada por la capa vegetal y la transpiración de las plantas influye en el régimen hidrológico superficial, ya que disminuye el volumen total de escorrentía y retrasa su inicio, por lo tanto el proceso de saturación por encharcamiento en el suelo con cobertura vegetal es menor que un suelo desnudo. Esta disminución de agua del suelo, implica un menor peso, lo que disminuye el riesgo de inestabilidad de taludes.

*“La existencia de amplias bandas riparias, con suelos permeables y bajo coeficiente de escorrentía, retrasa la formación de avenidas, disminuyendo considerablemente el porcentaje de agua de lluvia que llega a los cauces”.* (González del Tánago M. , s/f).<sup>102</sup>

Los cambios en la dinámica fluvial podrían alterar el patrón organizativo de las comunidades vegetales, lo cual traería como consecuencia perturbar la estabilidad de los taludes, dado la propiedad como controlador de la erosión que posee la vegetación en los ecosistemas fluviales.

---

<sup>102</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

La instauración de la vegetación de forma permanente en los bordes de los cursos de agua depende de factores hidrológicos como la variabilidad del volumen de agua más la disponibilidad de humedad en el suelo, y los geomorfológicos como el nivel de consolidación del suelo que será ocupado por las plantas y el grado de los procesos de erosión/sedimentación en la llanura de inundación.

Una de las funciones más importantes de la vegetación es la protección contra la erosión. Este proceso se inicia por el follaje al amortiguar el golpe de la lluvia, mientras mayor sea la densidad aumenta su eficiencia en reducir el poder erosivo ocasionado por la escorrentía. Los árboles altos controlan mejor la erosión que los arbustos y las hierbas o malezas protegen más que los pastos.

La erosión por salpicadura se produce al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. Este efecto disgrega las partículas terrosas y las proyecta al aire. Este proceso es modificado por la vegetación reduciendo la intensidad erosiva, disipando la energía cinética de las gotas de lluvia al frenar su contacto con el suelo. La vegetación disminuye la capacidad erosiva del agua en escorrentía al reducir los valores de volumen y velocidad durante su proceso de disgregar las partículas del suelo y transportarlas hacia el cauce.

Esta disminución es producto de la combinación la intercepción y evaporación del agua de lluvia, la transpiración de las plantas, la gran capacidad de absorción de la cubierta vegetal y de los desechos vegetales, la mejora de la estructura del suelo por la presencia de la vegetación y la mayor rugosidad de las superficies cubiertas por la vegetación.

Otro rol importante que cumple la vegetación en los ecosistemas fluviales es el favorecer la sedimentación de partículas transportadas por el agua y así acelerar los procesos de acreción<sup>103</sup> fluvial, por ejemplo en las llanuras de inundación.

El sistema radicular de la vegetación arbórea, junto con un sotobosque denso conformado por herbáceas, matorrales y arbustos, favorece a la

---

<sup>103</sup> La acreción es el incremento natural del territorio por el agregado gradual de partículas.

estabilización de los bordes, dado que cohesionan las partículas del suelo a mayor profundidad y disminuyen la erosión producto de la interacción de la corriente de agua, las partículas en suspensión y la carga de fondo.

*“...la presencia de la vegetación contribuye a la estabilidad de las orillas a través de su sistema radical, disminuyendo el riesgo de erosión por la acción de la corriente. La presencia de raíces aumenta la cohesión del suelo y su resistencia, a la vez que disipa la energía y la velocidad de las aguas”.* (González del Tánago M. , s/f).<sup>104</sup>

La vegetación de ribera cumple un significativo efecto de filtro verde, al disminuir su velocidad de llegada al cauce y retener las partículas, los nutrientes además de cantidad de desperdicios y contaminantes, que llegan por escorrentía o por vía superficial, lo cual trae como consecuencia un efecto directo positivo sobre la calidad de las aguas. El efecto que produce aguas abajo sobre las llanuras de inundación, es suavizar los efectos de las inundaciones sobre infraestructuras o construcciones en el territorio fluvial, al aumentar la cantidad de agua retenida durante las crecidas y disminuir su velocidad.

*“La calidad de las aguas puede verse muy mejorada si existe un bosque ripario que actúa de filtro para los nutrientes, impidiendo su incorporación a las aguas del cauce, retrasando su eutrofización. Asimismo, en las riberas queda atrapado un porcentaje muy elevado de sedimentos, y con ello se reducen los sólidos en suspensión de las aguas”.* González, M. (s/).

La continuidad longitudinal de los ríos posibilita que la vegetación de ribera funcione como hábitat y como corredor biológico, por ello, es vital para el ecosistema fluvial, ya que al comportarse como una auténtica autopista natural de los intercambios genéticos de las especies, conecta diversos ecosistemas, los cuales se desarrollan en las cornisas y oquedades formadas por la acumulación de material proveniente de las avenidas y el sistema radical de la vegetación.

---

<sup>104</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

La vegetación con su copa evita el calentamiento excesivo del agua, ya que al aumentar su temperatura, produciría un descenso peligroso del contenido de oxígeno, elemento esencial para el funcionamiento de las distintas comunidades vegetales y animales que sirven de alimento a la fauna terrestre y acuática. Al crear espacios en los que el agua circula a menor velocidad y mantienen unas condiciones microclimáticas más estables, funcionan como refugio para la fauna acuática, por lo cual, se generan hábitats para la fauna terrestre, asociada muchas veces con el ecosistema acuático, desde los que se alimentan de ella hasta los depredadores.

La continuidad de la vegetación en las riberas genera la formación de corredores biológicos, asegura una gran biodiversidad, no solo vegetal, favorece el movimiento y dispersión de muchas especies, al ser refugio de gran cantidad de animales que encuentran en él protección y sustento.

La vegetación ribereña, seguramente, a lo largo de la historia es la comunidad vegetal más intensamente transformada por la actividad del hombre, dado que los ríos han constituido focos preferenciales de concentración de poblaciones y como consecuencia los ecosistemas riparios han sido sometidos a lo largo del tiempo a una intensa presión antrópica. En aquellos valles con buena accesibilidad, los bosques riparios han sido eliminados, fragmentados o extremadamente modificados y minimizados a una estrecha franja junto al cauce, como consecuencia de las características de sus suelos.

Para la conservación de estos bosques existen varias amenazas, entre ellas se encuentran su sustitución por cultivos agrícolas y forestales, la minería, el encauzamiento de los tramos del río sobre los que se establecen, la construcción de infraestructuras civiles e hidráulicas, la contaminación y la expansión de los usos urbanos hasta el borde del río, intervenciones que pueden generar grandes catástrofes por ocupaciones en zonas pertenecientes al dominio de las aguas, las cuales son recuperadas por esta periódicamente ocasionando grandes daños de bienes, inmuebles y la pérdida de vidas humanas.

Las perturbaciones de estos bosques riparios crea serios problemas para el mantenimiento de las extensiones y diversidad de los sotos por la estrecha relación existente entre la vegetación de ribera con el estado del medio fluvial.

*“Las rectificaciones y canalizaciones de los ríos, en especial cuando incluyen recubrimientos de las orillas con obras de fábrica, suponen la modificación de las condiciones riparias y la pérdida o empobrecimiento de su vegetación”.* (González del Tánago M. , s/f).<sup>105</sup>

Entre los problemas que se generan con la perturbación o la eliminación de la vegetación de ribera es la modificación drástica del aporte de energía a las comunidades de los hábitats y la alteración del régimen de flujo y los intercambios de materia y energía con la cuenca.

La vegetación cumple un gran papel en los procesos fluviales de los ríos, su eliminación de las orillas y de los bordes generan grandes cambios negativos al río, modifica la temperatura del agua, desaparecen hábitats para la fauna acuática, se inician procesos erosivos en las orillas, aumenta las velocidades de las escorrentías, desaparece el proceso de filtración natural del agua hacia el río y los acuíferos y modifica el paisaje fluvial al dejar de ser un área arborizada. La vegetación en un sistema fluvial funciona como un área de transición entre el medio acuático fluvial y el medio terrestre cercano al río, y lo protege filtrando los contaminantes antes de llegar al cauce. A nivel de paisaje la vegetación describe el curso del río y se dispone en bandas paralelas a sus márgenes generando un corredor verde a lo largo del cauce en el cual hacen vida una gran cantidad de especies de flora y fauna asociadas al sistema fluvial. Este corredor fluvial puede ser conectado con otros corredores verdes urbanos y pueden ser unos grandes conservadores de la biodiversidad y enriquecedores del paisaje fluvial urbano y del paisaje en general. La conservación de la vegetación en los sistemas fluviales es de vital importancia, no solo por sus funciones ya explicadas sino por su presencia dominante en el

---

<sup>105</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

paisaje con su colorido, escala, forma y volumen que enriquecen el paisaje fluvial. La sola presencia del árbol es sinónimo de vida, protección y paisaje.

### **El río y la ciudad.**

La ciudad es el lugar en el que se desenvuelve la vida humana. Es el sitio de intercambio y encuentro de sus residentes y de sus visitantes, habitualmente en sus espacios públicos. Históricamente ha sido una constante la construcción de una ciudad en las cercanías de un río, las poblaciones indígenas tenían sus asentamientos en sus adyacencias y durante la época de la colonia, las Leyes de Indias ya contemplaban la necesidad de ubicar las poblaciones en las proximidades de un curso de agua limpio y seguro, para facilitar su aprovechamiento.

El río formaba parte del límite de la estructura urbana. La ciudad ha evolucionado en el tiempo desde que el hombre solo le bastaba con suplir sus necesidades básicas y su utilización era como sitio dormitorio y el río adyacente a ella era su proveedor de agua y se le consideraba un espacio sumidero, donde le servía para lavar la ropa y como vía de transporte; ahora la ciudad se le considera como centro de una gran actividad social, económica, política y cultural, donde el río generalmente se ha obviado su existencia utilizándolo como la vía para la descarga de desechos urbanos, y debería evolucionar hacia la ciudad como espacio sostenible y el río como espacio contenedor de valores ambientales, culturales, escénicos, lo cual llegaría a formar un equilibrio en la relación río-ciudad.

En la actualidad, la ciudad ocupa y demanda espacio y si se quiere mantener un río vivo debe conservarse su espacio vital. Como es la ciudad la que se acerca al río, ella con el fin de plantearse la coexistencia de respeto con el río debe reconocer su espacio vital, sus componentes, sus relaciones y sus funciones.

Actualmente en las ciudades venezolanas esto no sucede y el río acaba siendo devorado por la ciudad, o con el fin de defenderse los convierten en un espacio cerrado no accesible a la ciudad. La relación río-ciudad es tan dinámica como la corriente de su caudal de agua, porque se modifica o se

transforma según sea el desarrollo cultural y socio-económico de los pobladores que la habitan.

Esta relación se muestran en la variabilidad de los límites impuestos por los habitantes y su magnitud determinan la articulación del río a través de la ciudad, mientras más límites impongas menos relación existirá. Un ejemplo claro se presenta en la mayoría de las quebradas de Caracas, las cuales se encuentran embauladas o invadidas por ciudadanos que construyen viviendas marginales. Con estas intervenciones de los mercaderes del espacio fluvial, esa riqueza del valor escénico que significa el río, no es aprovechada para el disfrute de la comunidad, más bien terminan negados a la ciudad.

En el planeta, durante siglos, los ríos se han utilizados como fuentes de agua potable, alimento y riego, pero también en el hemos derramado los desechos domésticos e industriales, lo hemos utilizado para la generación de energía, para el transporte, en actividades de ocio y turismo, es decir, hemos perturbado los ríos manejando su riqueza biológica y sus fértiles llanuras de inundación como base para desarrollar nuestra economía. Ahora bien, debemos asumir que estas perturbaciones que el hombre crea en las inmediaciones de los ríos no van a ser locales, ya que por ser un sistema continuo con un desplazamiento de una masa de agua pendiente abajo, cualquier afectación tendrá efectos en lugares alejados a los puntos donde se perpetra la intervención.

*“Los ecosistemas fluviales se ven afectados por numerosas perturbaciones naturales, tanto hidrológicas (sequías, avenidas) como físicas (aludes, fuegos), respondiendo con un marcado dinamismo”.* [(Margalef 1983) en (Elosegui & Sabater, 2009)]<sup>106</sup>. Sin embargo, algunas las perturbaciones, generalmente las de origen humano, son permanentes y acaban afectando a los ecosistemas fluviales de forma irreversible. Earle B. Phelps, un ingeniero dedicado al saneamiento de los ríos, sostenía en 1944:

*“...un río es algo más que un accidente geográfico, una línea en un mapa, o una parte fija en el terreno. No puede considerársele*

<sup>106</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p. 35.

*solamente desde el punto de vista geológico y topográfico. Un río es algo con vida propia, con energía, con movimiento. Algo cambiante*". (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>107</sup>

La manera en que utilizamos y manejamos los ríos y sus áreas asociadas a su llanura de inundación, están provocando grandes daños al ambiente. Cuantiosos cauces están regulados mediante embalses para prestarle servicio a las ciudades, de manera de posibilitar el consumo doméstico, agrícola e industrial, para generar energía hidroeléctrica y para las controlar inundaciones.

Al construir las presas de los embalses se rompe la conectividad longitudinal del río, se generan barreras para el movimiento de los peces y perturban la migración de algunas de sus especies. Asimismo estos embalses modifican el régimen térmico y la calidad del agua en el río, y como consecuencia, afectan el desarrollo, la reproducción y la supervivencia, de las comunidades vegetales y animales que viven aguas abajo. Otros daños ambientales producidos por la influencia de la actividad humana son los ocasionados por los vertidos de residuos en sus cauces, la deforestación en la cuenca, los dragados y obras de ingeniería como las variaciones de su curso.

El desarrollo de nuevas áreas cultivables y urbanizaciones también produce alteraciones hidrológicas con las actividades agropecuarias, o por la eliminación de zonas de humedales y meandros. El aumento en la cantidad de nutrientes o el perenne ingreso de elementos químicos pueden generar efectos dañinos en el ecosistema fluvial, ya que muchas comunidades fluviales se encuentran adaptadas a bajas concentraciones de nutrientes, como fue su estado natural. Bajo este contexto, *"el río disminuye la eficiencia en la captación de nutrientes, se satura y pierde gran parte de su capacidad de autodepuración"*. (Elosegui & Sabater, 2009).<sup>108</sup>

Todas estas alteraciones complican la salud de los ríos y generan una reducción de la biodiversidad de las comunidades que en ellos habitan. Igualmente producen la disminución de su valor económico, recreativo y

---

<sup>107</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Op. Cit. pp35.

<sup>108</sup> Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.p. 36.

cultural. Ahora bien, para la recuperación de estos ríos y devolverles su condición de ríos vivos, implica una magnitud de trabajos y con un costo importante por la restauración necesaria, además de que muchas comunidades animales que dependen de los sistemas fluviales para su supervivencia, sus hábitats ya han resultado mermados.

Los procesos biofísicos del agua, de la tierra y de los bosques forman un sistema interactivo, que está profundamente influenciado por la actividad humana. Como el agua es un elemento imprescindible de las estructuras urbanas, resulta fundamental entender estos procesos para ejercer su óptimo uso y realizar una gestión prudente y de manera sustentable. Dado lo anterior, es obligatorio e indispensable resolver dos problemas asociados con el agua en el momento de efectuar la planificación urbana, la dotación y su eliminación. La dotación o abastecimiento implica trasladar el agua desde los embalses de reservas hasta la ciudad. Al efectuar este proceso ya se está interrumpiendo el ciclo hidrológico natural, por las intervenciones antrópicas necesarias para ejecutar las desviaciones de agua, el almacenaje artificial en embalses y la canalización de los sistemas de abastecimiento urbano. La eliminación del agua servida crea un doble problema, uno es luego de ser utilizada llevarla a su destino final, a los ríos, lagos y océanos por la vía del sistema urbano de drenaje y el otro es su tratamiento a fin de reducir los niveles de contaminación.

El desarrollo urbano crea un nuevo ambiente hidrológico. Las superficies duras como el asfalto y el hormigón remplazan al suelo, las edificaciones substituyen a los árboles, los sumideros y las corrientes de las cuencas fluviales naturales son substituidas por las redes pluviales. El volumen de agua recogido depende de las características filtrantes de la tierra y está relacionada con la pendiente, el tipo de suelo y la vegetación. En el caso de las ciudades esto cambia notablemente, ya que se mantiene la pendiente pero se elimina la percolación, y el drenaje se efectúa por las superficies duras, aumenta la velocidad y se transporta por los colectores hacia su destino final.

*“Se ha estimado que el agua recogida en las áreas urbanas que están completamente pavimentadas o techadas constituye el 85% de la*

*precipitación. El otro 15% es interceptado por las calles, edificios, tejados, muros y otras superficies pavimentadas y lisas (Hough, 1998)<sup>109</sup>”.*

Las tuberías de drenaje, diseñadas para trasladar el exceso de agua fuera de las áreas urbanas, generan dos grandes consecuencias: causan inundaciones y erosión en los cauces, y afectan la calidad del agua por los altos niveles de contaminación, estas consecuencias se presentan particularmente en aquellos climas que sufren tormentas repentinas, ya que aumenta el caudal y su velocidad en los cauces.

Existe una tendencia a las inundaciones rápidas y a la erosión en las áreas urbanas. Las inundaciones son producidas por la concentración de flujos de agua en lugares específicos y por grandes áreas de superficies duras e impermeables.

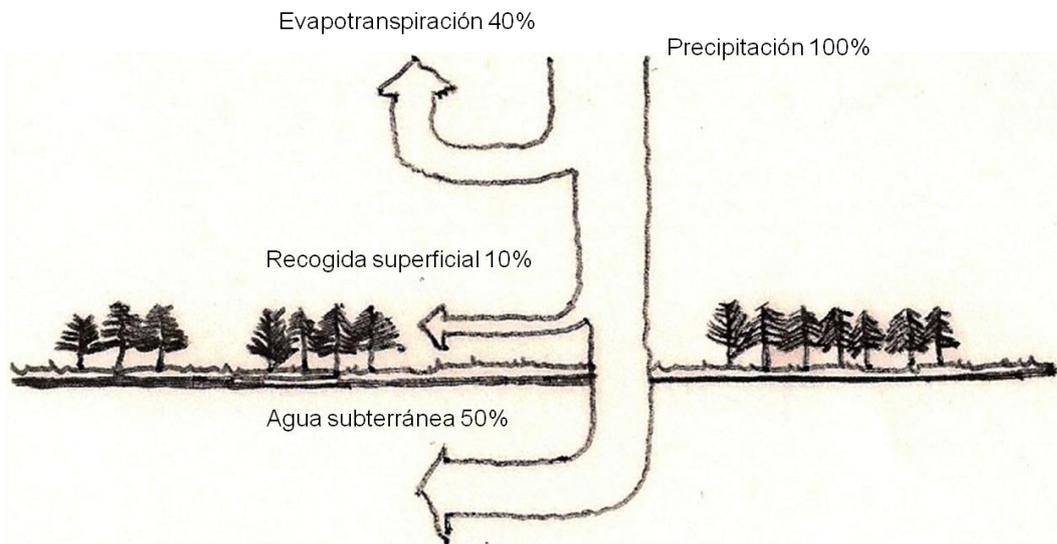
*“Cuanto mayor es la corriente que provoca una tormenta, mayor es el crecimiento de los ríos y la magnitud de la inundación. A la inversa, cuanto mayor es el volumen de agua que corre, menos pasa a las aguas subterráneas y a los riachuelos. Por lo tanto, el agua de lluvia está acompañada por extremos de inundación y bajo flujo. Las velocidades de descarga son también más altas que en condiciones normales”.* (Hough, 1998).<sup>110</sup>

En el proceso de urbanización se sella la superficie del suelo e impide la percolación natural, y cuando ocurre en las cuencas, la erosión producida por el agua en los cauces genera efectos perjudiciales superiores a los que ocurrían antes del proceso de urbanización, y a medida que se desarrollan más centros poblados ríos arriba aumenta la magnitud del problema aguas abajo. Estas intervenciones río arriba ocasionan aguas abajo unas soluciones cada vez más difíciles y costosas como las construcciones de grandes alcantarillas, la protección de las llanuras urbanizadas de inundación y la estabilización de los bordes de la corriente. Esto trae como consecuencia, la destrucción general

<sup>109</sup> [Lull, Howard W. y Sopper, William E. Hydrologic Effects from Urbanization of Forested Watersheds in the NE. Washington DC: USDA Forest Services Research Paper NE 146, Departamento de Agricultura de EE.UU., 1969. en Hough, Michael. *Naturaleza y ciudad. Planificación Urbana y procesos ecológicos.* (1998)], p.39.

<sup>110</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos.* Barcelona: Gustavo Gili. pp.39-40.

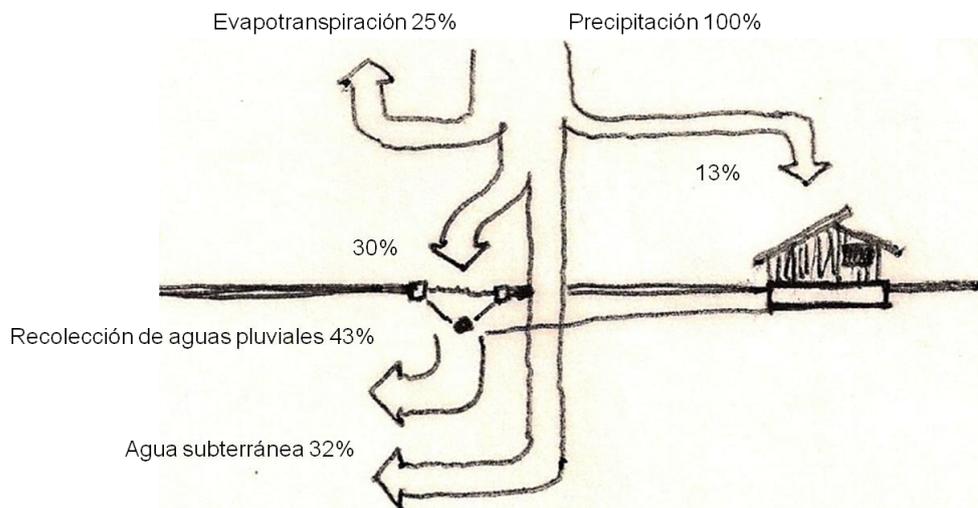
de los estanques naturales, los pantanos, la vegetación y los hábitats de la vida salvaje.



Distribución del agua procedente de la precipitación en áreas periurbanas.

Fuente: Ministerio del Medioambiente de Ontario. Evaluation of the Magnitude and significance of pollution Loadings From Urban Stormwater Run-off in Ontario. Research Reportn° 81, Ontario, 1978.

Fuente: Interpretación del autor de Hough, Michael. *Naturaleza y ciudad. Planificación Urbana y procesos ecológicos.* (1998). Editorial Gustavo Gili. Barcelona.



Distribución del agua procedente de la precipitación en áreas urbanas.

Fuente: Ministerio del Medioambiente de Ontario. Evaluation of the Magnitude and significance of pollution Loadings From Urban Stormwater Run-off in Ontario. Research Reportn° 81, Ontario, 1978.

Fuente: Interpretación del autor de Hough, Michael. *Naturaleza y ciudad. Planificación Urbana y procesos ecológicos.* (1998). Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

Las consecuencias de estas actuaciones tradicionales durante siglos han ocasionado una alteración completa de las características intrínsecas del río y han afectado su supervivencia como sistema ecológico.

La energía que fluye a través de la ciudad producto de las actividades urbanas es mucho mayor que la energía que circula a través de un ecosistema natural. La ciudad depende de estos ecosistemas para la entrada de recursos y luego para la eliminación de los desechos producidos. Como un ejemplo de esta dependencia podemos señalar a la ciudad ingresan alimentos producidos en las regiones agropecuarias y de ella escapa hacia el ambiente, calor y energía concentrada en forma de nutrientes provenientes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales, pero también se incorporan materiales compuestos de elevada toxicidad y persistencia, como lo señalamos anteriormente citando a Elosegui, Arturo y Sabater, Sergio (2009) en las áreas que no cuentan con dicho tratamiento. Para su funcionamiento las industrias extraen el agua de los ríos y quebradas y devuelven al ambiente la energía calorífica desperdiciada.

Otra forma de respuesta de la ciudad hacia el ambiente es la basura generada, ya que se depositan en lugares preparados para ello o se lanzan a los ríos y quebradas, convirtiéndolos en grandes basureros, acabando y contaminando la tierra y el agua, generando grandes cantidades de gases como el metano, durante el proceso de descomposición.

Esta es una de las consecuencias del comportamiento social que tiene como respuesta las poblaciones que hacen vida a orillas de los ríos. En las áreas urbanas consolidadas los problemas sociales se inician por la situación habitual en estas zonas, es decir, la ocupación del espacio ripario o bosque de ribera y las intervenciones directas en el cauce como lo son el encauzamiento y embaulamiento de los ríos. Ahora bien, en las áreas periurbanas la problemática no suele ser tan intensa, ya que se inicia con la ocupación discontinua de las áreas fluviales por los usos y formas urbanas, es decir, por usos marginales, por la construcción de infraestructuras y algo de una gran consecuencia, estas áreas están sometidas a una fuerte presión urbanizadora.

En la medida que los pobladores de la ciudad va desconociendo al río, no podemos decir que existe una relación clara río-ciudad, por esta razón, el río es convertido en el tras patio de la ciudad, lo cual crea grandes problemas sociales como los de inseguridad y los ambientales como la utilización del cauce como receptor de desechos urbanos.

Los problemas sociales asociados al uso del agua generan grandes consecuencias para los sistemas fluviales. Las actividades humanas en las cuencas producen un gran número de patógenos los cuales tienen sus vectores en organismos acuáticos, afectando la calidad del agua que conduce a epidemias de enfermedades infecciosas, especialmente en las poblaciones densas. Esta contaminación en los ríos aumentó enormemente durante la revolución industrial, en la cual era una época en que la tecnología se desarrolla pero se descuida el área ambiental, hasta llegar al presente siglo con una crisis ambiental global que ha impulsado a las grandes potencias y a los organismos internacionales a repensar nuestra relación con la naturaleza.

Gran parte de los cursos fluviales del planeta se encuentran intensamente alterados. Sus cauces han sido dragados, rectificados, reseccionados, los bordes protegidos por motas<sup>111</sup>, se han construido presas, se han construido grandes esclusas para facilitar la navegación, hasta en Alemania se han unido dos cauces en forma artificial para conectarlos con un canal elevado, como si fuera un distribuidor vial a fin de facilitar la navegación etc.

A través de la historia de la humanidad, numerosas ciudades del mundo se encuentran localizadas en los bordes de los ríos donde perturban el ecosistema fluvial. El reciente aumento de los desarrollos urbanos ha hecho que las ciudades se esparzan por las llanuras de inundación de grandes ríos, lo que ha aumentado el peligro de las inundaciones. Por lo cual se han debido tomar medidas para regular esas inundaciones con todos sus efectos consecuentes. Una de ellas ha sido, la canalización y el embaulamiento de los ríos que atraviesan zonas urbanas. Debido a que las ciudades consisten en extensas zonas de superficies duras e impermeables, ellas drenan las aguas

---

<sup>111</sup> Elevación de poca altura, natural o artificial, que se levanta en un llano.

provenientes de las precipitaciones rápidamente, drenando al sistema ribereño más cercano, lo que puede producir en los ríos pequeños crecidas instantáneas, aunque sus efectos son de poca importancia en la totalidad de la cuenca, pero que si afecta a ese tramo próximo a las zonas urbanas.

En los sistemas fluviales también lo afecta la extracción de grandes cantidades de agua para usos domésticos e industriales, por lo cual puede influir en el caudal, sobremanera en los ríos más pequeños.

Los sistemas de transportes a los centros urbanos generan otros problemas a los sistemas fluviales. Las carreteras y los ferrocarriles atraviesan las llanuras de inundación en terraplenes que van por encima del nivel de su cota original y en las ocasiones que no se construyen puentes y conductos para que el agua circule libremente, las consecuencias serán que grandes áreas de la llanura de inundación quedaran aisladas y se interrumpirán la dinámica migratoria de los peces.

La visión futurista de la relación entre el río y la ciudad debe ser cuando el hombre entienda en dar la oportunidad de convivencia entre los dos ámbitos, cuando se pueda disfrutar del río y sea entendido como ecosistema fluvial no como el patio trasero de la casa. Significa el considerar los espacios fluviales en el Desarrollo Urbano articulando los procedimientos para la integración paisajística y funcional de esas áreas con las funciones ordinarias de las ciudades, adoptando criterios para que las intervenciones antrópicas sean necesarias garanticen la conservación y el mantenimiento de los procesos fluviales naturales en convivencia armónica, integral y sostenible con la realidad funcional de nuestras ciudades.

Cada uno de los puntos donde se lea la articulación entre la trama urbana y el cauce del río, como el puente cruzándolo o algún hito o un sitio localizado en el borde fluvial opuesto que sirva de referencia visual al ciudadano, genera una costumbre y una participación del río en las actividades cotidianas urbanas para formar parte integral de la ciudad como otro elemento urbano, interactuando entre ellos.

Actualmente la relación río-ciudad en la mayoría de los centros urbanos de Venezuela no presenta una interacción natural, la convivencia entre el

hombre y la naturaleza se ha perdido. Como hemos dicho la ciudad ha negado a la población el disfrute del río y sus espacios además del respeto a sus funciones. Las intervenciones profundas sin ningún tipo de criterio ambientalista y paisajista han propiciado este divorcio y ha generado una altísima degeneración del río, ha eliminado su funcionalidad y han deteriorado el paisaje fluvial. Hoy en día es hora de revertir este error y devolverle al río su funcionalidad, a la ciudad el disfrute de sus espacios y al paisaje uno de sus elementos más preciados, el río con todo sus componentes del sistema fluvial, incluyendo la flora y fauna asociada. Retornar a la interacción hombre-naturaleza donde el respeto del hombre hacia la naturaleza y al paisaje sea lo predominante. Esto significará el disfrute del río y sus espacios por el hombre, con sentido conservacionista y ambientalista que generará en un paisaje fluvial sin degradación para el disfrute de las poblaciones adyacentes al sistema fluvial.

### **El uso del espacio ribereño.**

En la mayoría de las ciudades de Venezuela el desarrollo urbano, ha sido de forma espontánea, “...*imperando la anarquía en la distribución interna de usos y actividades y la no atención a condiciones específicas, restricciones ecológicas y potencialidades del medio ambiente*”. (Pérez Maldonado, 1999).<sup>112</sup>

Nuestras ciudades han venido creciendo desordenadamente e irrespetando sus condiciones naturales y limitaciones ecológicas de su espacio o localización además de su entorno físico ambiental. Esto le ha traído como consecuencia fuertes limitaciones para la conformación de una estructura ordenada y funcional, además de restricciones en la disponibilidad los recursos como el agua a fin de suplir las necesidades en su desarrollo urbano y sobremanera se ha creado una alta incidencia de desastres naturales en periodos de lluvia dado la invasión de áreas no aptas para construcción, como por ejemplo, los bordes fluviales urbanos.

---

<sup>112</sup> Pérez Maldonado, A. (1999). *La variable ambiental urbana: nociones generales y ámbitos de aplicación en Venezuela*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de Revista Geográfica de Venezuela. Vol. 40(2) 1999, 201-210.: <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40num2/articulo40-2-2.pdf>.

Desde que las ciudades se han desarrollado en las cercanías de los ríos, en su proceso de crecimiento han ido ocupando el espacio ribereño y la forma de ocupación ha ido dependiendo del grado de intensidad del desarrollo urbano así como también de las dimensiones y características del espacio fluvial.

Los asentamientos de las poblaciones comenzaron a ubicarse en las cercanías de los ríos, pero para evitar riesgos, en terrenos resguardados o de transición entre llanuras y laderas. Otras poblaciones cuya dependencia del recurso fluvial era importante se ubicaron directamente en una de las márgenes, en la que comienza a construir muros de protección; mientras que en la otra ribera, habitualmente la menos protegida, se mantiene sin usos urbanos o se ocupa por actividades marginales. El posterior crecimiento de esas poblaciones al requerir amplias superficies llanas, fue generando la ocupación todo el espacio ribereño, incluso la ocupación por el sector industrial, iniciando así la presión urbana sobre el río y la disminución del espacio disponible y necesario para la dinámica fluvial.

La evolución de ese crecimiento y del uso del suelo ha sido hacia el distanciamiento progresivo, es decir, se les da la espalda al río y los suelos en sus cercanías han ido alcanzando paulatinamente el carácter de espacios marginales, tanto en el aspecto productivo como en el social. Los usos de la tierra como residencial han ido densificándose sin ningún tipo de control, ocasionando grandes problemas sociales. Una de las causas es debido al aumento de la capacidad técnica para construir defensas en las márgenes y la construcción de presas y de embalsamientos de los ríos para la regulación progresiva del régimen fluvial, que en cierta forma controlan el curso y los riesgos de inundación, hasta que se presenten eventos extraordinarios que ocasionan algunas catástrofes por la ocupación de las áreas aluviales. Porque se ha pasado a una percepción inadecuada del riesgo, en la que éste se ha subestimado, dando como resultado una distribución de usos inapropiada. Este proceso lleva necesariamente a la catástrofe ambiental con sus consecuencias económicas y sociales. Ya lo hemos vivido en Venezuela, el año 1999 cuando se produjo el deslave en los ríos y quebradas de la Cordillera de la Costa del Estado Vargas.

Sin embargo, en algunas ciudades americanas y europeas esta concepción ha ido cambiando por las tendencias ambientales generadas a partir de los grandes escenarios de política mundial. Debido a lo anterior, ha habido evoluciones positivas por el cambio de mentalidad en las relaciones río-ciudad, en cuanto a la utilización del espacio ribereño, luego de una época donde la ignorancia y la degradación de los elementos del paisaje ribereños urbanos imposibilitaban el ordenamiento de los ríos. Esta evolución viene destacada por los siguientes aspectos, señalados por Zoilo, F. y Fernández, V., en las II Jornadas de Geografía Urbana:

- la recuperación de los valores naturales y ambientales de los cursos fluviales a través de la mejoría de las calidades de las aguas y en la utilización de sus bordes como áreas de esparcimiento de la población, tales como paseos peatonales, jardines y parques.
- La relación con otros usos y equipamientos públicos como los deportivos y culturales en los espacios ribereños y terrenos adyacentes.
- La valorización paisajística del contacto río-ciudad se manifiesta en la propuesta de nuevas fachadas urbanas hacia el río.
- Entender el río como dominio público y a su vez como elemento estructurante de la ordenación urbana e incluso territorial en ámbitos metropolitanos.

Según nuestra legislación ambiental, todos los usos dentro de los corredores fluviales están sujetos a restricciones con el fin de proteger la Ecología, debido a que forman parte del Dominio Público y en algunos casos se encuentran sobre áreas protegidas. Los usos de la tierra también pueden estar sujetos a una evaluación previa obligatoria por los organismos competentes, debido al efecto potencial de estos usos pueden y tienen sobre el medio natural en general y de la calidad del agua en particular.

Todos los terrenos urbanos en los bordes fluviales deberán ser planeados, desarrollados y administrados como un sistema interconectado donde el espacio para la recreación será una clave de uso de la tierra y de una manera que no perjudique ni genere un impacto sobre el medio ambiente.

En comparación con otros países de Latinoamérica, Venezuela posee una extensa y moderna legislación en materia de ordenación territorial y urbanística, así como para la protección ambiental de espacios no urbanizables, áreas protegidas y parques nacionales (ver apéndice 2). Las leyes urbanísticas y ambientales de Venezuela establecen a los rectores de las ciudades, la obligación de incorporar en los planes reguladores urbanos y de incluir en los procesos de perisologías para construcción, las normas o variables que ayuden a promover y orientar el mejor uso del suelo tomando en cuenta sus condiciones ambientales y limitaciones naturales de su área o localización.

Dentro del marco legal se ordena públicamente, que previo a su construcción, todo propietario de edificación o urbanización debe solicitar le sean definidas las variables urbanas fundamentales, siendo la variable ambiental una de ellas. Lamentablemente esto no se cumple a cabalidad.

*“...en nuestro país no se atiende tal exigencia legal y los Municipios, dada su baja capacidad técnica y administrativa, no las asignan, lo cual ha ido creando una anarquía en la estructuración de la ciudad, el desmejoramiento progresivo del ambiente urbano que afecta su imagen, y deteriora la calidad de vida”.* (Pérez Maldonado, 1999).<sup>113</sup>

En relación a los usos de las edificaciones, representadas en los Municipios como Zonificación, se encuentran referidas en las variables urbanas, reglamentadas en las Ordenanzas y demás instrumentos de regulación y control de los Gobiernos Municipales. Estos serían unos de los instrumentos legales a analizar para las definiciones de los usos propios para los bordes fluviales urbanos.

En cuanto a las variables ambientales, corresponden a las regulaciones administrativas establecidas por los organismos competentes conforme a la Ley, las cuales describiremos más adelante, y que afectan a todo tipo de construcción en las áreas urbanas, como las urbanizaciones incluyendo a sus edificaciones. Entre las afectaciones podemos señalar las relacionadas con la

---

<sup>113</sup> Pérez Maldonado, A. (1999). *La variable ambiental urbana: nociones generales y ámbitos de aplicación en Venezuela*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de Revista Geográfica de Venezuela. Vol. 40(2) 1999, 201-210.: <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40num2/articulo40-2-2.pdf>.

utilización de las parcelas que han sido declaradas como ABRAE, o áreas naturales protegidas por decretos presidenciales y los terrenos que se encuentren afectados por los organismos competentes en sus instrumentos de planificación al presentar algún interés por su valor escénico, histórico, artístico, turístico cultural o recreacional.

El alcance de las variables ambientales se limita a ordenar el uso del suelo la cual regula a través de los instrumentos del sistema de planificación territorial y a ejercer el control de las actividades propensas a degradar el ambiente, actividad que compete al Ministerio del Poder Popular del Ambiente a través de la normativa reguladora de la actividad susceptible a degradar el ambiente, su localización y su funcionamiento, para lo cual exigirá las evaluaciones ambientales previamente. Este organismo tiene la potestad de establecer ciertos rangos de variabilidad y permisividad en daños al ambiente, además de establecer las directrices para la protección ambiental en todos los planes territoriales de la Nación.

La utilización de los bordes fluviales urbanos por las poblaciones anexas no solo debe ser decidida por las ordenanzas municipales, sus usos deben ser reflejo de las actividades propias del uso sostenible donde predominen los usos lúdicos y educativos apoyados con actividades que le generen ingresos para su mantenimiento.

El ludismo según Serna, J. (2005) se refiere a la actividad jugar, no verbal, es decir, por acción, es recreación. En los tiempos actuales, absorbe gran parte de las actividades del ocio, por la facilidad con la que accedemos a los juegos y por su potencial socio-económico. *“El juego es una actividad socializante, competitiva y pacifista...”*

La ocupación de los espacios ribereños urbanos para usos lúdicos ha sido en épocas recientes la actividad ocasional para los bordes de agua. Estas actividades le generan a los pobladores de las ciudades un aumento en la calidad de vida, ya que pueden salir de la monotonía de las urbes y encontrarse en un espacio cuyo paisaje fluvial te ofrece además de la propia existencia de zonas para el ocio y esparcimiento en la orilla y bordes del río, la no repercusión del tráfico automotor en las actividades recreativas, la presencia

de zonas de bosque de ribera y la existencia del mobiliario para el ocio y actividades lúdicas.

*“En el caso del hombre biológico, este funcionamiento del ocio es pertinente y útil .Es esencial para su existencia. Su negación moderna es patológica, se llama estrés. Su primer síntoma es la falta de pausa y entretenimiento para recuperarse anímicamente. Los posteriores son padecimientos cardiovasculares y nerviosos entre otros, fuera de ello ocasiona patologías sociales que amenazan la vida familiar. La palabra recreación adquiere vigencia conceptual y descriptiva de la naturaleza terapéutica, a partir de esta faceta del ocio”.* (Serna, 2005).<sup>114</sup>

La visión futurista de Serna plantea una visión prospectiva de la geografía del ocio o la “geociografía” (término utilizado por Serna) donde la futurabilidad como herramienta crece sobre la base del conocimiento de la geografía como recurso del turismo, la recreación, el esparcimiento, la vida al aire libre y el ocio en general.

Los bordes fluviales urbanos poseen elementos importantes para la región donde están ubicados y ofrecen diversos recursos ecológicos, paisajísticos, y recreativos que pueden ser combinados para su aprovechamiento con los recursos culturales de la población. Estos elementos nos invita a su contemplación y estudio desde distintas disciplinas y costumbres civilizadas actuales, como el turismo, actividades primitivas como la caza, la pesca, deportes hípicas, la alfarería y otros más, conforman el grupo de actividades de hobbies y aficiones, que en muchos casos, proviene de labores forzosas de otras épocas. En muchos países la pesca es una de las actividades recreativas de los sistemas fluviales, y el conjunto de paisaje fluvial y la pesca deportiva son considerados atractivos turísticos y proporcionan notables ingresos.

En la actualidad existe la presencia creciente de un mercado del ocio que satisface los nuevos hábitos de la postmodernidad, entre ellos se encuentra el *fitness*, o el caminar, el correr y en especial, la integración de los

---

<sup>114</sup> Serna, J. (2005). *Economía del ocio. Perspectivas y Prospectivas*. Caracas: SENDES-UCV. p. 22.

medios de comunicación e información. Todo ello absorbe una elevada cantidad del tiempo, del presupuesto y las motivaciones cotidianas.

Una manera de asumir la libertad y la vida cotidiana es a través del ocio y puede ser programado o motivado, pero los minutos y los días no cuentan; lo que cuenta es la nota, la emoción, el placer, el relax o la satisfacción de la experiencia. El ocio se realiza en el tiempo libre y éste se conquista y se concreta en la lucha social del trabajo. Incluso, entre los poros de tiempo libre de la jornada de trabajo, se respira ocio. La tecnología ha creado un nuevo mundo donde el hombre puede multiplicar su ociedad, tanto para divertirse o recrearse como para fastidiarse. El ocio demanda espacios urbanos y al aire libre que canalicen y potencien sus beneficios.

Además del ocio el uso educativo es otra de las actividades que deben estar presentes en los bordes fluviales urbanos, y para ello, los aspectos paisajísticos y estéticos de estas áreas, son un ejemplo de las posibilidades de trabajar la educación ambiental a fin de concienciar y promover actuaciones positivas proambientales. En nuestro caso, el destacar las características de los entornos fluviales, en su sentido más amplio, como recursos del medio, el cual reúne especiales posibilidades para hacer una educación ambiental a través del raciocinio y de los sentimientos.

Una de éstas posibilidades es sencillamente hacer notar a los visitantes al borde fluvial la frescura, la sombra, y la diversidad de colores, texturas, olores, sonidos de estos lugares, los hacen especialmente aptos para actividades de sensibilización dirigidas a la percepción a través de los sentidos.

Son diversas las opciones y posibilidades educativas en un borde fluvial urbano, no solo las actividades más tradicionales de tipo descriptivo como pueden ser la identificación de especies de las comunidades vegetales y animales, el estudio de cadenas tróficas, etc. Dado que al conocer las características de los cauces se pueden conocer la salud ambiental de la región, el estudio de la dinámica fluvial puede ser aprovechado para ser explicado y compartido a la comunidad, a fin de concientizar sobre la conservación del sistema fluvial.

Igualmente, en el plano de la participación, tanto de la comunidad como de los visitantes, se puede hacer énfasis en la normativa legal que aplica en los cauces de agua e implementar jornadas o campañas de conservación y sensibilización.

Los usos educativos del río y la ribera actualmente es poco usual, sin embargo, puede ser un área a explotar con programas de educación ambiental, la colaboración de las empresas privadas y las ONG con el financiamiento, la promoción o participación en campañas, programas o proyectos de educación ambiental, sobre la información al público in situ de las especies y paisajes presentes en el área del río.

El uso con fines educativo del río, además de sus efectos didácticos intrínsecamente positivos, puede impulsar la concientización ciudadana y animar a las Alcaldías e Instituciones para preservar el ecosistema fluvial, ya que la conservación de los valores naturales y culturales es el principal objetivo de un sistema en el que la recreación es el uso clave.

La actividad económica no puede estar alejada de este planteamiento de utilización del espacio en los bordes fluviales urbanos. En un área donde el ocio puede ser una de las actividades a desarrollar, su conceptualización implica aceptar su diversidad y su amplitud en lo social y cultural, pero a su vez debe ser una actividad controlada, en otras palabras, el uso comercial debe estar regulado y de baja escala, es decir, con una zonificación de comercio local, sin grandes inventarios depositados.

*“...Por su extensión hacia la vida social y por la amplia participación en las prácticas de producción y consumo, el ocio conecta con la economía, se sectoriza en ella. Desde la perspectiva del ocio, la economía es una herramienta de su funcionamiento, su cauce social”.*  
(Serna, 2005).<sup>115</sup>

Toda área de esparcimiento y de recreación debe contar con el apoyo del sector comercio, ya que puede significar una fuente de ingresos importantes para financiar la conservación y el mantenimiento del área

---

<sup>115</sup> Serna, J. (2005). *Economía del ocio. Perspectivas y Prospectivas*. Caracas: SENDES-UCV. p.79.

desarrollada en los bordes fluviales urbanos. Parte fundamental de este comercio debe ser indudablemente el área gastronómica, por lo tanto, el respeto a las variables ambientales debe ser estrictamente acatado, en especial el referente a las descargas de las aguas servidas y a la disposición de los desechos sólidos, en este sentido se pudiese ir pensando en la sostenibilidad, aprovechando los desechos orgánicos, reciclándolos en forma de compost o abono orgánico, el cual debe prepararse un sitio para tal fin en alguna área del desarrollo.

Los ecosistemas fluviales presentan un alto valor escénico que le permite ser uno de los sitios predilectos para el uso turístico. El turismo es una forma de ocio y de la misma forma, el ocio está incluido en el turismo y para desarrollar dicha actividad se necesitan equipamientos exclusivos que generan los paisajes de alto valor escénico, razón por la cual, el turismo altera estos paisajes, y como contrapartida, del mismo modo genera beneficios económicos. Los cambios que produce son proporcionales a la concentración y al tamaño de las aglomeraciones, aunque hay excepciones relacionadas con la fragilidad del medio.

*“La constelación de negocios de ocio turístico crecerá de manera firme en la medida que la geociografía mejore sus estándares, ya que su información será la materia prima de sus decisiones de inversión y mercadeo. Desde las guías y mapas hasta los itinerarios de productores y usuarios, agendas y actores requieren acceder a las mismas fuentes”.*  
(Serna, 2005).<sup>116</sup>

Una nueva forma de hacer turismo es el relacionado con las actividades asociadas a la naturaleza como el Ecoturismo o el Turismo de Naturaleza, en la cual las actividades están estrechamente ligadas con la existencia de los recursos naturales y socioculturales de una región y como consecuencia su supervivencia a largo plazo depende de la conservación de dichos recursos. Es de bajo impacto ambiental, muy cuidadoso con la naturaleza, y con la población local. Los equipamientos turísticos no se concentran todos en un mismo pueblo o ciudad, sino que, al contrario, se dispersan.

---

<sup>116</sup> Serna, J. (2005). *Economía del ocio. Perspectivas y Prospectivas*. Caracas: SENDES-UCV. p. 24.

Por esta razón, todos los operadores turísticos tienen la obligación de compartir necesariamente una ética conservacionista. Esta ética compartida por los operadores debe incluir una serie de principios fundamentales como son: el desarrollo de una comprensión y respeto por parte de los visitantes, de las complejas interacciones ecológicas entre las comunidades vegetales y animales en sus ecosistemas y la ausencia o la minimización de los impactos negativos en el ambiente.

*“El turismo más que cualquier otro sector productivo, responde a la tendencia de ubicarse en las áreas del espacio físico y social que le son más favorables, es un fenómeno espacial donde se presenta la conversión de sus atractivos en productos, la creación de servicios y atracciones, su promoción y comercialización. Estas características están presentes en los espacios naturales y el turismo se aprovecha de ellos y en ocasiones con desmesura perjudicando el patrimonio natural de un país”. (Rojas, 2006).<sup>117</sup>*

Las diversas manifestaciones de este tipo de turismo, se presentan a su vez en muy variados contextos: la playa, la montaña, los ríos, los mares, los bosques, los desiertos, etc. En cada caso las comunidades receptoras deben estudiar y desarrollar su propio sistema sostenible, ya cada región requiere facilidades y servicios según el tipo de turismo que recibe y según los recursos naturales a compartir.

El Turismo de Naturaleza en los sistemas fluviales, lo podremos denominar en lo sucesivo como turismo fluvial, y en nuestro trabajo de investigación, aplicado a los bordes fluviales urbanos involucra la visita de los lugares típicos de la región a fin de lograr un acercamiento global a la vida cotidiana local permitiendo ir más allá de un turismo unilateral de consumo. Igualmente se presta para descubrir su población y sus paisajes fluviales, así mismo es un excelente medio para conocer la población local e involucrarse en la observación de su entorno, su arquitectura, su vida cotidiana, su historia, su cultura, la influencia de su clima y su geografía y lo diversos valores físicos,

---

<sup>117</sup> Rojas, A. J. (2006). *Del ocio al turismo de naturaleza*. Caracas.: Trabajo no editado de la Cátedra Antropología del Ocio. IV Maestría de Arquitectura Paisajista. FAU-UCV. p. 19.

biológicos y ecológicos propios de estos hábitats, además de ser motivos para incentivar su protección.

El uso turístico al Interactuar con el uso educativo da la posibilidad de sensibilizar a los usuarios sobre un conjunto de criterios económicos-ecológicos y cotidianos, como: el consumo racional de agua, la recuperación de aguas residuales, la deposición y reciclaje de desechos sólidos, embalajes reciclables, el uso de bicicletas, el consumo racional de electricidad, uso de energías renovables, uso de pesticidas agrícolas, etc.

El uso en los bordes de ríos ha crecido enormemente, hecho que se manifiesta en la presencia de cultivos hasta sus bordes, la urbanización y las invasiones de pobladores en terrenos aluviales y la ejecución de grandes cantidades de obras de acondicionamiento, regulación, presas, canalizaciones, rectificaciones de cursos y dragados. Todas estas intervenciones traen como consecuencia la constante reducción del territorio de Dominio Público Hidráulico, es decir, la reducción de los terrenos que nos pertenece a todos, la pérdida de la naturalidad de los ríos, el aumento de las inundaciones y otros fenómenos naturales y por supuesto la pérdida creciente de especies acuáticas las cuales están amenazadas o en peligro de extinción.

Los usos de la tierra en las áreas ribereñas arrastran un enorme costo ambiental. Su reducción tiene que basarse en la vuelta a la sostenibilidad no solo en los usos permitidos sino también sobre los ríos, es decir, en las propias actuaciones de acondicionamiento ambiental.

El espacio ribereño es un área perteneciente al río donde esporádicamente es tomado por las aguas provenientes de las precipitaciones que se depositan en ellas hasta que la irrigación del terreno permite la llegada de esos excedentes a los acuíferos. En estos espacios la vegetación riparia protege al río, las orillas y la calidad de sus aguas. Al iniciar el proceso de invasión de esos espacios por la ciudad y sus habitantes, todas esas funciones se van perdiendo hasta llegar al extremo de empotrar el río en un tubo de concreto que desaparece dentro de la trama urbana. El hombre transita sobre él sin saber de su existencia, porque se ha modificando por completo el paisaje fluvial. Un uso de los espacios ribereños con sentido conservacionista y

ambientalista debe generar en unos espacios que pueden ser utilizados como áreas de recreación, educación y actividades lúdicas para el disfrute de la población urbana y como consecuencia mejorará el paisaje fluvial. La actividad económica y turística debe ser una actividad controlada, regulada y de baja escala que pueda ayudar en la sostenibilidad del área sin afectar la funcionalidad del sistema fluvial.

## CAPITULO II.

### PAISAJISMO EN BORDES DE AGUAS.

Conceptualizar el término “paisaje” es en sí un trabajo de investigación bastante complejo por todos los factores que intervienen en él y los diferentes puntos de vista que pueden originarse en su análisis por esa razón en el alcance de esta investigación no está estipulado. Podríamos asumir un concepto entre tantos como el definido en la Convención Europea del Paisaje del Consejo de Europa: *“Cualquier parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y de sus interrelaciones”*. Podríamos agregarle a esto la consideración del paisaje como sistemas vivos, dinámicos y evolutivos en el cual se desarrollan una serie de interacciones entre sus componentes bióticos, abióticos y antrópicos en el espacio que ocupan en un tiempo determinado.

El paisaje funciona como una entidad espacial-temporal, ya que presenta una realidad física que se ha modificado en el tiempo. Su dimensión espacial-temporal es palpable en sus distintos componentes: abiótica, biótica y antrópica. Con la participación directa del hombre éste entra a formar parte del paisaje en el aspecto cultural. De allí pues, que al tener la presencia del ser humano como observador o actor, el espacio que ocupa se ve también involucrado en todas las formas del pensamiento humano: mágicas, religiosas, científicas. *“El espacio provee la estructura de las interrelaciones que constituyen nuestros pensamientos. Todas las cosas existen en relación con el espacio y el tiempo”*. (Toledo, 2006).<sup>118</sup>

El paisaje no es un ente estático, es totalmente dinámico porque sus elementos están en constante evolución como consecuencia de sus procesos naturales del medio biótico y abiótico más los procesos artificiales representados en las perturbaciones del medio antrópico. Entre cada uno de estos medios se producen una serie de relaciones e interdependencias que dan unidad al conjunto y determinan su evolución. Estas evoluciones se

---

<sup>118</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp. 159-160.

desarrollan en escalas de tiempos muy diferentes, es decir, existen dinámicas de ciclo largo como lo podría ser una sucesión ecológica y unas dinámicas de ciclo corto que pueden ser perturbaciones localizadas como desprendimientos de laderas o la muerte de individuos producto de esos desprendimientos.

En la estructura y el funcionamiento de un paisaje juega un papel importante la perturbación bien sea por causas naturales o inducidas por la actividad humana. Es un factor que modifica el espacio que ocupa y afecta a todos sus componentes. Esto ha sucedido a través del tiempo, todos los procesos físicos, químicos y biológicos han tallado la estructura y la función de los paisajes y habría que añadir los procesos humanos que los han modificado según los intereses y las necesidades del momento histórico. Es por ello que Alejandro Toledo en su libro “Agua, Hombre y Paisaje” (2006) define la perturbación del paisaje de esta manera:

*“Se la define como todo evento discreto a lo largo del tiempo que modifica a un paisaje: a sus ecosistemas, sus comunidades y las estructuras de sus poblaciones. De tal modo que cada paisaje está formado, mantenido y/o cambiado por los factores, naturales o antropogénicos, que lo perturban”.* (Toledo, 2006).<sup>119</sup>

Ya habíamos comentado que el paisaje es totalmente dinámico y están en constante evolución como consecuencia de los diferentes procesos materiales, biológicos y sociales que se llevan a cabo en la naturaleza y la sociedad y que tienen lugar simultáneamente, en este orden de ideas, Alejandro Toledo (2006) del Instituto Nacional de Ecología de México señala la existencia de una multifuncionalidad en el paisaje, ya que allí se controla la circulación de materia y energía en el tiempo y en el espacio, mantiene y dispersa diferentes organismos que dependen de su estructura y funciones ecológicas, y contribuye al sostenimiento y a la reproducción de las sociedades humanas. Desde esta perspectiva, *“permite comprender a los paisajes como sistemas vivos, como ecosistemas que pertenecen a una clase especial de sistemas ecológicos interactuantes, cuyos elementos, naturales y culturales, están*

---

<sup>119</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. P. 187.

*acoplados por relaciones mutuas, no lineales y cibernéticas*”. [(Naveh 2001: 274) en (Toledo, 2006)].<sup>120</sup>

Dentro de este marco, se requiere necesariamente una participación multidisciplinaria para percibir del paisaje toda su complejidad y riqueza, para comprender sus propiedades estructurales y funcionales, para pensar en los problemas de la naturaleza y la sociedad y, en especial, en torno a los problemas de uno de sus elementos vitales: el agua.

Para poder llevar a cabo una coherente planificación del paisaje será necesario diseñar estrategias que interactúen en forma óptima con los patrones estructurales de los paisajes, puedan mantener sus funciones ecológicas, y los usos múltiples propuestos sean compatibles con estas estructuras y funciones, a fin de lograr el desarrollo sustentable a futuro del paisaje intervenido.

*“La planificación del paisaje es un proceso orientado a regular las transformaciones que se dan en dichos espacios, en los procesos de generación y ejecución de estrategias de usos múltiples, basadas en la resiliencia<sup>121</sup> de sus ecosistemas y en la armonización de las interrelaciones entre las poblaciones y su medio ambiente, en el contexto de los paisajes culturales*”. (Toledo, 2006).<sup>122</sup>

El paisaje al planificarse tomará las funciones de contenedor de los procesos biofísicos y los sociales de sus componentes en la cual se desarrollan todas las funciones de los sistemas naturales y culturales, donde la sociedad incluye a la naturaleza y la naturaleza incluye a la sociedad de manera que opere como un solo sistema con toda su complejidad y articulando la naturaleza con las actividades humanas. El fin es la promoción de usos verdaderamente sostenibles en los paisajes.

La multifuncionalidad de los paisajes permite comprenderlos como sistemas vivos, como ecosistemas cuyos elementos, naturales y culturales, interactúan entre sí. Según Toledo, A. (2006). *“El carácter multifuncional de los paisajes*

<sup>120</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. P. 183.

<sup>121</sup> RESILIENCIA. *RESILIENCE*. Amplitud de tolerancias ambientales en un ecosistema, que le permite asimilar perturbaciones sin deteriorarse definitivamente. Sarmiento, F. (2001).

<sup>122</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. Op. Cit. pp 191.

*requiere necesariamente de una aproximación contextual a su heterogeneidad ecológica y a su diversidad biológica y cultural*". En la perspectiva que aquí adoptamos, sin un estudio multidisciplinario de todas las ciencias involucradas en el estudio de todos sus componentes será imposible percibir toda su complejidad y su riqueza de la multifuncionalidad de los paisajes.

La conservación de la biodiversidad depende básicamente de la preservación de los ecosistemas, es por ello que la necesidad de la investigación de los paisajes para direccionar coherentemente su manejo es muy importante. Dentro de este marco, estudios efectuados han documentado la importancia del conocimiento y análisis de la heterogeneidad espacial para la preservación y el entendimiento de la distribución de la biodiversidad en el paisaje, así como la dinámica de sus procesos. Se ha detectado como regularidad general, la mayor heterogeneidad del paisaje está asociada a una alta complejidad geomorfológicas y con ella la mayor riqueza de especies, sin embargo, en ocasiones, la alta riqueza biológica de un territorio puede depender de un factor abiótico en particular, en condiciones de relativa homogeneidad geologogeomorfológica e hidroclimática, por ello se asume como regularidades generales. (Priego-Santander, Palacio-Prieto, Moreno-Casasola, López-Portillo, & Geissert, 2004).<sup>123</sup>

La heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies permite confirmar que la elevada heterogeneidad del paisaje se corresponde geográficamente, con una alta riqueza específica, es decir, la distribución de la biodiversidad puede ser inferida a través de datos de geodiversidad.

La heterogeneidad de los paisajes presenta una relación muy estrecha a la conservación de los procesos ecológicos que se desarrollan a una escala de paisaje y con la distribución de la biodiversidad, con la fragmentación del paisaje y con el mantenimiento de otros flujos que igualmente se desarrollan a escala de paisaje.

En la relación con la conservación de los procesos ecológicos y la distribución de la biodiversidad, generalmente, esta biodiversidad es más

---

<sup>123</sup> Priego-Santander, A., Palacio-Prieto, J., Moreno-Casasola, P., López-Portillo, J., & Geissert, d. (2004). *Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: su relación en el archipiélago de Camaguey, Cuba*. Recuperado el 11 de Agosto de 2010, de . Pág. 138 a 144. Inverciencia. [Revista en línea, N° 3]: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/661.pdf> .

heterogéneas porque la coexistencia de diferentes tipos de usos del suelo admite una mayor riqueza de ecosistemas y permite la convivencia de grupos de poblaciones que se desarrollan en áreas diferentes generando una mayor diversidad.

En cuanto a la fragmentación del paisaje, se puede señalar que en los paisajes muy heterogéneos, con alta equitatividad pueden presentar una fragmentación elevada, por lo cual la diversidad de especies puede disminuir.

Por último es conveniente acotar que su relación con el mantenimiento de otros flujos, como la resistencia a grandes perturbaciones como el fuego, que dificulta su avance en paisajes compuestos por teselas de diferentes tipos de vegetación o en las teselas<sup>124</sup> formadas por ecosistemas maduros se ralentizan los ciclos de nutrientes, se controla la escorrentía y por tanto los flujos de materiales, así como los flujos hidrológicos.

La heterogeneidad del paisaje, permite unos altos valores de diversidad de especies y una mejor funcionalidad de los procesos ecológicos. En principio los paisajes heterogéneos tienen una mayor aptitud para funcionar como corredores biológicos entre zonas de hábitats bien conservados.

La diversidad de especies puede disminuir en los paisajes muy heterogéneos al presentar una fragmentación elevada, producto de las perturbaciones, por ello podemos señalar que la fragmentación del paisaje es un proceso continuo y dinámico y está asociada a los efectos negativos consecuencia de las intervenciones antrópicas, las cuales producen una modificación intensa del territorio generando una importante pérdida de hábitats, disminución de especies e incluso su extinción.

Como las principales causas de esta fragmentación podemos señalar la expansión urbanística, los procesos de industrialización, la intensa agricultura y silvicultura y la expansión de grandes infraestructuras como vialidades vehiculares y férreas. Sus efectos en la estructura del paisaje se pueden medir a través de índices como el porcentaje de hábitat natural y número de fragmentos entre otros.

---

<sup>124</sup> TESELAS. *TESSELAS*. Mosaico o complejo de pequeñas manchas de vegetación que forman el paisaje, consideradas estas como partes o piezas elementales del paisaje. Su nombre proviene del latín, y hace referencia a las piezas que empleaban los romanos para formar los pavimentos del mosaico. Sarmiento, F. (2000).

El producto inmediato de los procesos de fragmentación es la disminución de la vegetación, quedando la vegetación original reducida a pequeños fragmentos aislados unos de otros en una matriz regularmente alterada en un área determinada. Esta matriz pasa a ser el paisaje dominante, y este territorio suele quedar a menudo sin protección. Las características de la matriz varían según el grado de alteración antrópico y del uso que destinado en ella. En dichos territorios se transforman en hábitats, recurso y refugio para especies pequeñas que no necesitan mucho espacio para su desarrollo.

La funcionabilidad de los fragmentos está estrechamente relacionada a su forma y tamaño; y ella se puede aumentar al actuar como área de amortiguación y puede aportar en la conectividad al paisaje y entre los fragmentos.

Dependiendo el nivel de la degradación del paisaje, varían las actividades de gestión. En paisajes muy degradados, pequeñas estructuras del paisaje dispersas en la matriz toman un papel relevante. En paisajes poco degradados, los efectos de la perturbación principalmente afectan a las poblaciones con requerimientos de hábitat muy especiales.

La fragmentación de paisajes actúa en diferentes escalas para las distintas especies y los diferentes hábitats, es decir, una fragmentación que ha afectado a una especie, puede no afectar a otra, por poseer una mayor capacidad de resistencia o sus necesidades de hábitats son menos exigentes. Igualmente la forma y el tamaño de los fragmentos condicionan las posibilidades de mantener ciertas poblaciones, es decir, mientras más pequeña sea el área del fragmento, presentará más vulnerabilidad a los agentes externos. En fragmentos de grandes tamaños sus poblaciones serán más numerosas y tendrán mayor posibilidad de superar las alteraciones.

Para afrontar las consecuencias por la fragmentación del paisaje que alteran la funcionalidad y la supervivencia de las poblaciones, las políticas de conservación deben estar dirigidas hacia actividades que ofrezcan mayor permeabilidad manteniendo ciertos elementos discontinuos o continuos del paisaje y así aumentar la conectividad del territorio.

Los estudios de la percepción humana en el contexto de la relación del hombre y su medio ambiente, datan de la década de 1970, cuando el psicólogo William Ittelson plantea el entorno ambiental como una unidad perceptiva en la cual el hombre se desenvuelve como un elemento más del medio ambiente. Según Khzam, Edmon (2008), la percepción ambiental se enfoca en la percepción del paisaje como un “todo”, es decir, “*capta el espacio como una unidad desde el punto de vista de su impacto escénico en el ser humano que lo experimenta*”. (Khzam, 2008).<sup>125</sup>

A través de la percepción, el ser humano participa en el paisaje y en este proceso perceptivo involucra no solo la tarea de comprensión sino también la reutilización de la información por medio de las diferentes respuestas ante el paisaje. Al considerar un paisaje el hombre debe tener en cuenta tanto el valor ecológico que representa como el estético y emocional que la sociedad le otorga. Por ello, la percepción es la elaboración de un mapa mental en la cual se captan conocimientos de los objetos y de sus cualidades a través de los sentidos y de la comprensión del ambiente por los seres humanos, para elaborar una imagen. La percepción influye en el conocimiento de los lugares e interviene en la elaboración de las imágenes mentales de los usuarios. Cada observador construye su propia imagen ambiental el cual utilizará para armar su experiencia en el espacio y en el tiempo. El hombre en la medida que aumenta sus conocimientos e incorpora nuevas normas en su forma de percepción, modifica su relación con el medio, percibiendo el paisaje de manera cambiante.

Ormaetxea, Orbange. (2001), plantea la presencia de dos actividades mentales que ejercita el observador ante un paisaje, la descriptiva y la predictiva, las cuales citamos a continuación:

---

<sup>125</sup> Khzam, E. (2008). *La percepción ambiental como significado del paisaje: implicaciones teóricas desde la relación del ser humano y el entorno*. Recuperado el 9 de Agosto de 2010, de CEAUP. Revista Electrónica Ambiente Total. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanismos y del Paisaje. Universidad Central de Chile. Año 1. N° 1. Santiago.: [http://ambiente-total.uccentral.cl/pdf/at01\\_percepcion\\_ambiental-paisaje.pdf](http://ambiente-total.uccentral.cl/pdf/at01_percepcion_ambiental-paisaje.pdf) .

- *la actividad descriptiva de las propiedades, cuyo objetivo es comprender la situación sentándose en la determinación de las propiedades y componentes del paisaje.*
- *y la actividad predictiva de experiencias en la que el sujeto puede evaluar el grado en que el paisaje satisface sus necesidades y por tanto planear su comportamiento ante él. (Ormaetxea, 2001)*

A pesar de la individualidad del observador en torno a la percepción, éste comparte con el resto de la sociedad su punto de vista del mismo flujo de información recibida. Por esta razón y por la diversidad de criterios en la percepción, entre los usuarios del paisaje y los profesionales que lo planifican y ordenan, *“es conveniente conocer cuáles son los aspectos coincidentes de la población en la percepción y valoración del paisaje. Incluso hay que tener en cuenta la atracción psicológica de ciertos componentes, a pesar de no ser funcionales o productivos”* [(Bernaldez, 1981) citado en (Ormaetxea, 2001)]. Dado el planteamiento anterior, es importante señalar la importancia de las expresiones culturales sean reflejadas en la planificación.

Cada paisaje tiene su individualidad como su relación con otros paisajes, y lo mismo se cumple para los elementos que lo integran. El paisaje posee unas cualidades intrínsecas que la identifican con un territorio, las cuales pueden ser elementos naturales como los bióticos o abióticos y elementos artificiales como los antrópicos.

Cada uno de estos elementos del paisaje es percibido en formas distintas por el observador producto de sus particularidades físicas básicas como forma, color, textura, sonido, olor, etc. El relieve del terreno suele ser el elemento que sirve de base y enlaza al resto de los elementos que configuran un paisaje aportando formas y condiciona la distribución espacial. La vegetación es el elemento que por su gran variedad de forma y color, además de su distribución y densidad suele proporcionarle al paisaje una serie de texturas. Otro elemento importante para la caracterización del paisaje es el agua por su alto contraste con el resto de los elementos que lo rodean y por su dinamismo generador de sonidos y de calma según su locación.

Para interpretar un paisaje actual, es necesario considerar al ser humano y sus intervenciones, como un elemento más en su composición tal como lo son los elementos naturales, porque el hombre dentro de su raciocinio ha elaborado, organizado o destruido el paisaje a través de todas sus formas de conocimiento: científicas, estéticas, éticas, religiosas, míticas, etc., para crear un escenario donde se interrelacionan con todos los eventos físicos y biológicos que ocurren en él a través del tiempo. Por esta razón, la percepción del paisaje ha cambiado, independientemente que su observador sea parte de la población común, especialista, científico, técnico o artista. Sus interpretaciones están asociadas con los usos, intereses, necesidades y técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales que lo compone. En otras palabras, el paisaje es interpretado por un observador desde su perspectiva cultural e inclusive afectiva porque el paisaje se asocia con el sentido de pertenencia y arraigo a un lugar, sobremanera cuando es parte del entorno cotidiano de las personas.

En el caso de este trabajo de investigación en la cual su contexto se ubica en los paisajes fluviales urbanos, debe señalarse que en los bordes de agua, los valores del río se aprecian con los cinco sentidos pero fundamentalmente con la vista, ya que el observador disfruta de las aguas limpias y su movimiento apacible o torrencial contra las piedras, sus reflejos, las variaciones de luz y sombra, y la vegetación de ribera con su diversidad y variantes colores. Con la audición podemos disfrutar el paisaje fluvial el sonido del choque contra las piedras y el producido por el viento entre la vegetación. Con los sentidos del olfato y el tacto se pueden apreciar la frescura de la vegetación. En el paisaje fluvial la diversidad de elementos y su naturalidad son dos caracteres que se deben respetar y realzar.

Para interpretar un paisaje actual, es necesario considerar la intervención humana, como un elemento más en su composición tal como lo son los elementos naturales. A través de la historia, la percepción del paisaje ha cambiado, independientemente que su observador sea parte de la población común, especialista, científico, técnico o artista. Sus interpretaciones están

asociadas con los usos, intereses, necesidades y técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales que lo compone.

El paisaje es interpretado por un observador desde su perspectiva cultural e inclusive afectiva porque el paisaje se asocia con el sentido de pertenencia y arraigo a un lugar, sobremanera cuando es parte del entorno cotidiano de las personas.

El paisaje urbano es temporal porque a la ciudad se le ve con diferentes luces y en todo tipo de tiempo. Su percepción no puede ser algo individual, siempre debe estar relacionada a su contorno, con la secuencia de acontecimientos que llevan a ello. Y con el recuerdo de las experiencias anteriores. Por ello, las personas y sus actividades son tan importantes en el paisaje urbano como los elementos fijos. *“No somos tan solo observadores de este espectáculo, sino que también somos parte de él, y compartimos el escenario con los demás participantes”*. (Lynch, 1960).<sup>126</sup> La percepción de la ciudad no es continua es parcial o fragmentaria y mezclada con otras preocupaciones y donde ponemos a funcionar todos los sentidos y al final la imagen es la combinación de todos ellos.

En su obra Imagen de la ciudad, Kevin Lynch plantea que el hombre para estructurar e identificar el medio ambiente utiliza varios tipos de claves, las cuales son: las sensaciones visuales de color, la forma, el movimiento o la polarización de la luz, el olfato, el oído, el tacto con la textura, igualmente utiliza otros elementos de percepción como la cinestesia<sup>127</sup>, la sensación de gravedad y quizás los campos magnéticos o eléctricos.

Lynch señala que durante el proceso de orientación del hombre con el ambiente que le rodea, es utilizado como vínculo estratégico la figura de la imagen ambiental, *“...la representación mental generalizada del mundo físico exterior que posee un individuo...”*. Las imágenes ambientales son el producto de la interrelación entre el observador y su medio ambiente, en la cual el medio ambiente aporta distinciones y relaciones, y el observador según sus intereses

---

<sup>126</sup> Lynch, K. (1960). *La imagen de la ciudad*. Buenos Aires: Infinito. p. 9.

<sup>127</sup> CINESTESIA. *KINESTHESY*. Sentido por el cual se percibe la posición y el movimiento de las diferentes partes del sistema. Sarmiento, F. (2001).

escoge, organiza y le da significado a lo que ve. Esta imagen es contrastada con la percepción filtrada, mediante las interacciones con los observadores, como consecuencia una imagen determinada puede variar en forma determinante entre varios observadores. Es por ello que el propio observador debe desempeñar un doble papel en el proceso de convertir en imagen lo percibido, primero una participación activa al percibir el mundo y luego debe tener una participación creadora en la elaboración de su imagen.

*“Una imagen ambiental eficaz confiere a su poseedor una fuerte sensación de seguridad emotiva. Puede este establecer una relación armoniosa entre sí y el mundo exterior”.* (Lynch, 1960).<sup>128</sup>

La imagen ambiental, Kevin Lynch la distribuye analíticamente en tres partes aunque siempre aparecen conjuntamente, ellas son: la identidad, la estructura y el significado. Para que una imagen sea eficaz requiere, en primer término, principalmente la identificación de un objeto, para ser diferenciado de otros objetos y poder ser reconocido como una entidad individual, esto quiere decir, su identidad. En segundo término, en la imagen debe estar incluida la relación espacial del objeto con el observador y con otros objetos. Como tercer y último término el objeto debe tener un significado práctico o emotivo para el observador. Este significado implica una relación con el observador pero diferente a la espacial.

El paisaje es *“producto de la percepción, funcionalidad y significado de los elementos escénicos interactuantes entre sí y de los cuales el hombre forma parte implícita”.* (Khzam, 2008)<sup>129</sup>. Dado este concepto, podemos inferir que el paisaje es percibido por el hombre a través de todos sus sentidos, presenta una funcionalidad porque en él se desarrollan diferentes ecosistemas que le dan vida propia y por último el hombre le da un significado práctico o emotivo luego de ser percibido y transformado en una imagen ambiental.

<sup>128</sup> Lynch, K. (1960). *La imagen de la ciudad*. Buenos Aires: Infinito. P. 13.

<sup>129</sup> Khzam, E. (2008). *La percepción ambiental como significado del paisaje: implicaciones teóricas desde la relación del ser humano y el entorno*. Recuperado el 9 de Agosto de 2010, de CEAUP. Revista Electrónica Ambiente Total. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanismos y del Paisaje. Universidad Central de Chile. Año 1. N° 1. Santiago.: [http://ambiente-total.ucestral.cl/pdf/at01\\_percepcion\\_ambiental-paisaje.pdf](http://ambiente-total.ucestral.cl/pdf/at01_percepcion_ambiental-paisaje.pdf).

La diversidad de criterios en la percepción, entre los usuarios del paisaje y los profesionales que lo planifican y ordenan, hace necesario conocer cuáles son los aspectos coincidentes en la percepción para elaborar su valoración y para lograrlo se requiere del estudio en función de su atractivo escénico o en función de su capacidad para absorber los cambios cuando se planifica o se desarrolla un uso sobre él. Para ello, se utilizan dos parámetros los cuales podemos denominar calidad y fragilidad del paisaje. Para llegar a estos parámetros primero se debe llevar a cabo la valoración de las Unidades Homogéneas del Paisaje, y para ello será necesario efectuar un Inventario de la Información existente entre sus elementos, así como su análisis para definir unas unidades homogéneas de paisaje, que pueden constituirse según unidades ambientales de síntesis caracterizadas siguiendo criterios geomorfológicos, de cobertura vegetal de suelos, de infraestructuras y de influencias antrópicas.

La valorización del paisaje nos permitirá conocer de forma integral la zona en estudio y efectuar la zonificación del territorio en función de la fragilidad y calidad visual, con el fin de aprovechar sus recursos naturales de una forma integral y sustentable, así como también poder recuperar las zonas de vegetación riparia afectada, concretar la continuidad entre los corredores ecológicos con la debida protección de su flora y fauna asociada.

Luego de efectuar la valorización del paisaje analizándolo con estos dos parámetros estaremos en la capacidad de identificar las áreas a desarrollar o a proteger dependiendo de las combinaciones en su valoración y lograr una zonificación del paisaje coherente con su propia condición, anteponiendo la conservación del carácter de la región a otros tipos de intereses. Es por ello, importante resaltar que aquellas áreas de gran importancia para su protección, serán aquellas que presentan las combinaciones de alta calidad y alta fragilidad visual; las zonas ideales para el desarrollo de actividades en las cuales el paisaje es elemento de atracción, son las que presentan una valorización de de alta calidad y baja fragilidad; y las áreas cuyo uso implique actividades que puedan causar impactos visuales muy fuertes son las que presentan baja calidad y baja fragilidad.

Como actividad inicial para la valorización del paisaje debemos evaluar las Unidades homogéneas del paisaje, y por lo tanto, podemos conceptualizarla, como una sección del paisaje que presenta homogeneidad<sup>130</sup>, es decir, cuya respuesta visual sea homogénea en cuanto a sus elementos que la conforman y en su respuesta visual ante posibles intervenciones.

Esta homogeneidad está referida según el grado de detalle y debe presentar una igualdad entre sus características paisajísticas, que todos sus elementos sean iguales o sean equivalentes.

Su representación debe ser estructurada en capas, de tal manera que todo el territorio pueda estar caracterizado según los indicadores previamente establecidos, para luego definir las variables que deben incluirse en los análisis cuantitativos. Al analizar estas unidades homogéneas, deben estar espacialmente conectadas y deben presentar sus características similares entre sí diferenciándose de de otras unidades.

En ese sentido, se dividirá el área en franjas en función de los elementos dominantes del paisaje, como pueden ser la vegetación, el relieve, etc. y seguidamente con el resto de la información analizada, se establecerán las unidades de paisaje, que a continuación serán valoradas siguiendo los valores de integración de la calidad y fragilidad del paisaje.

El grado de excelencia de un paisaje define su calidad, y su mérito es que su esencia y su estructura actual se conserven y no sean alterados o destruidos. Su valor intrínseco y su calidad se pueden concretar en función de su calidad visual intrínseca, de la calidad de las vistas directas que desde el se visualizan y del horizonte escénico que lo enmarca. En otras palabras, la calidad visual es el parámetro que define los aspectos intrínsecos del paisaje y permiten obtener su aptitud paisajística, en otras palabras, su belleza. Su valoración la determinan los elementos que conforman el paisaje y son percibidos por el observador.

---

<sup>130</sup> OMOGENEIDAD. *HOMOGENEITY*. Propiedad del paisaje según la cual las *teselas* de la matriz son similares, por lo tanto el patrón es único y la pauta repetitiva del paisaje es monótona. En general, los paisajes homogéneos carecen de disturbios y sus elementos son coetáneos. Sarmiento, F. (2001).  
TESELAS. *TESSELAS*. Mosaico o complejo de pequeñas manchas de vegetación que forman el paisaje, consideradas estas como partes o piezas elementales del paisaje. Su nombre proviene del latín, y hace referencia a las piezas que empleaban los romanos para formar los pavimentos del mosaico. Sarmiento, F. (2001)

Debido a la apreciación subjetiva de los valores estéticos de los paisajes y sus elementos, los criterios para su valoración no suelen tener una interpretación homogénea. Entre los criterios de valoración más característicos podemos señalar los siguientes: la variedad de elementos y estructuras como la geomorfología, vegetación, red fluvial, usos agrícolas, arquitectura, etc.; la singularidad, es decir, los procesos naturales y artificiales que han dejado huella en el paisaje (plegamientos geológicos, formas de erosión, repoblación forestal, arquitectura, etc.); la naturalidad, representada en el nivel de la influencia antrópica y la visibilidad.

Otro sistema de valorización de la calidad del paisaje es el del Bureau of Land Management, organismo norteamericano con las siglas BLM, quien efectúa la valorización luego de caracterizar los elementos visuales básicos como la línea, la forma, el color y la textura de sus componentes como la geomorfología, la vegetación y el agua.

En cuanto a la fragilidad de un paisaje, podemos señalar que con ese parámetro se expresa la capacidad del paisaje para absorber modificaciones o alteraciones de forma natural o inducida por el hombre, y por tanto, el grado de incidencia de las distintas actuaciones en su degradación. La fragilidad de un paisaje depende del tipo de actividad que se piensa desarrollar en él. Expresa el grado de deterioro visual, que experimentaría el territorio ante la incidencia de determinadas actuaciones. Esta variable resulta de gran interés en las labores de planificación ya que ofrece información relevante que permite, por ejemplo, evitar la ubicación de infraestructuras en aquellos lugares donde su impacto visual y su consecuente deterioro sean elevados.

La fragilidad visual del paisaje consta de dos elementos, a saber, la fragilidad visual intrínseca, determinada por las características ambientales del espacio que aumentan o disminuyen su capacidad de absorción visual, y entre los principales parámetros que debemos analizar para su valorización, podremos señalar los siguientes: los factores biofísicos, como pendiente, orientación y vegetación, tomando en consideración la altura, densidad, variedad cromática, contraste con el suelo, entre otros; factores de visibilidad, como tamaño, compacidad y forma de la cuenca visual; factores histórico-

culturales, como la unicidad o elemento único, valor tradicional, interés histórico; y la fragilidad extrínseca la cual se refiere a la mayor o menor susceptibilidad de un territorio a ser observado, dependiendo de su accesibilidad al lugar, teniendo en cuenta el número potencial de observadores, todo ello en función de la distancia y la accesibilidad visual a núcleos de población y vías de comunicación.

El paisaje también es un indicador de calidad ambiental de un espacio; es en esta cualidad donde radica su valor ambiental, la cual es expresada en la fragilidad. La mayor fragilidad corresponde a los paisajes con un alto grado de naturalidad, sin signos visibles de la acción humana. Esta valoración positiva está asociada con el efecto tranquilizante que estos ejercen sobre las personas.

### **El agua como elemento importante en el paisaje.**

Debe señalarse que cada paisaje presenta un elemento dominante que le expresa su identidad y cuando señalamos “el agua como paisaje” habría que tener en cuenta, la función del agua en el paisaje y, por otro lado, la complejidad del significado del “paisaje”, concepto en el cual ya señalamos no entraremos en su análisis.

Dentro de este orden de ideas podemos definir el paisaje del agua como *“el paisaje en el que el agua es el elemento dominante y ejerce una importante función en el ecosistema fluvial por ser un factor limitante tanto en sentido ecológico, como para su manejo, pero a su vez es ilimitado su carácter escénico”*. El agua debe verse siempre como un elemento estructurante dentro del paisaje, como un recurso para los sistemas bióticos y sociales y como el elemento primordial para la sobrevivencia de las sociedades y territorios actuales, y como un elemento que presenta un alto contenido escénico en el paisaje, por lo tanto es un medio de vida, el cual condiciona tanto las formas paisajísticas como su manejo.

Los paisajes del agua debieran ser analizados considerando sus valores estético-espacial, social, ambiental y territorial teniendo en cuenta que son estructuras espaciales y culturales indivisibles porque sus componentes, cualidades y significados están estrechamente relacionados. La ponderación

equilibrada de los valores mencionados permite que la apreciación final pueda reflejar la principal característica del paisaje: ser una estructura portadora de diferentes valores.

Dada esta relación, desde el punto de vista paisajístico es necesario buscar el equilibrio y la coherencia entre la preservación del recurso como tal, los otros elementos naturales que conforman el paisaje y la ordenación final del territorio, tomando también en consideración la percepción de ese paisaje en el imaginario común de los pobladores de la zona y los riesgos que implican para cualquier desarrollo los procesos fluviales como las grandes avenidas o crecidas.

La presencia del agua en los paisajes, en los últimos años ha producido en algunos países europeos y americanos la búsqueda de coherencias entre preservación del recurso y ordenación del territorio, las cuales han sido reflejadas en la evolución de las prácticas paisajísticas, agrícolas, industriales y del desarrollo urbano. Entre las prácticas paisajísticas urbanas contemporáneas se pueden señalar la incorporación de los cuerpos de agua naturales como los ríos, lagos o frentes marinos al tejido del espacio público de la ciudad.

### **El paisaje fluvial.**

Los paisajes fluviales son entornos ambientales sujetos a cambios morfológicos en constante ajuste y evolución, producto de la acción del agua, el viento, la cobertura vegetal y otros factores climáticos, igualmente por las fuerzas geológicas que actúan en el espacio que ocupan. La interacción permanente entre los procesos que en él actúan y modifican es lo que establece la naturaleza, las características de sus patrones en diversas unidades de tiempo y les da la identidad que los diferencia entre ellos. *“Los paisajes fluviales son, pues, los resultados de la combinación de múltiples y complejos procesos biofísicos y humanos sobre períodos variables”*. (Toledo, 2006).<sup>131</sup>

---

<sup>131</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. P. 175.

El paisaje fluvial puede ser definido como *“la manifestación de un ecosistema o de un hábitat fluvial que es diferenciable de su entorno por sus características geográficas, bióticas y abióticas”*. (Salvatierra & Nieto, 2001).<sup>132</sup> Uno de sus elementos principales es el río, el cual tiene un papel de extrema importancia como componente en el ciclo hidrológico del agua por el volumen de agua dulce que almacena, por su ramificación sobre el suelo y por su alta dinámica de renovación. En él se integran los ecosistemas fluviales del cauce, el agua, las riberas, las llanuras de inundación y todos sus espacios asociados donde la presencia del agua sobre el suelo, sea esporádica o permanente. Es un sistema muy complejo el cual no tiene límites geográficos ya que sufre las perturbaciones producidas en el agua y por el uso del suelo en toda su cuenca vertiente. De allí pues, que el paisaje fluvial debe comprenderse como un solo sistema con su estructura, sus procesos fluviales y su cuenca de drenaje. *“Los ríos son las manifestaciones de los paisajes que ellos drenan”*. [Hynes (citado en Poole.2002), citado en (Toledo, 2006)].<sup>133</sup>

Estos paisajes son componentes que muestran la heterogeneidad de los sistemas fluviales y sus cuencas vertientes o de drenaje. *“El grado de heterogeneidad en el sistema juega un papel crucial en la determinación de la distribución biótica, el patrón y el funcionamiento biótico de los paisajes de una cuenca hidrológica”*. (Toledo, 2006).<sup>134</sup>

*“Debemos pensar en los paisajes fluviales como sistemas multidimensionales, biofísicos y culturales, que cumplen diferentes funciones ecológicas, regulación, soporte e información, sin las cuales no sería posible ninguna clase de vida en la tierra”*. (Toledo, 2006).<sup>135</sup>

La calidad máxima del paisaje fluvial según Salvatierra, Manuel y Nieto, Ana (2001), corresponde a “un ecosistema ecológicamente maduro en el que la cuenca hidrográfica del río estuviese ocupada por una biocenosis”<sup>136</sup>

<sup>132</sup>Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

<sup>133</sup>Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. p. 54

<sup>134</sup>Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje* México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. p.56.

<sup>135</sup>Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje...op. Cit.*, p.14.

<sup>136</sup>BIOCENOSIS. *BIOCOENOSIS*. Término acuñado por Möbius (1877) para las comunidades de plantas y animales combinadas en una unidad identificable en el tiempo y el espacio. Sarmiento, F. (2001).

desarrollada en armonía con el suelo y con el clima...”<sup>137</sup> es decir, el equilibrio entre sus elementos, por lo cual, la calidad del paisaje no cumple con ningún código o parámetro estético.

La importancia ecológica de un paisaje fluvial radica en la presencia del agua ya que en ella se forman ecosistemas biológicamente muy ricos, igualmente su linealidad la convierte en un corredor ecológico que puede conectar varios sistemas ambientales además de cumplir funciones de suministrador de recursos hídricos y alimenticios para una gran cantidad de especies incluyendo los seres humanos.

### **El paisaje fluvial como corredor ecológico.**

En el paisaje fluvial existen tres elementos fundamentales que lo conforman, la parcelas con sus distintos usos, el fondo o relieve con sus características geomorfológicas sobre el que se presentan esos diferentes usos, y los corredores que surcan y atraviesan el relieve, como conectores entre los elementos del paisaje.

Estos corredores fluviales presentan una gran importancia para el paisaje, le ofrece una dimensión estética y funcional, ya que al participar en la dinámica fluvial en ellos se establecen unos gradientes de humedad y temperatura que influyen en las características y en los usos de los terrenos continuos.

Según González, Marta (s/f), al analizar las características del paisaje fluvial es imperativo considerar tres conceptos asociados a su carácter de corredor, ellos son la sinuosidad, su altura relativa en el entorno y la conectividad; igualmente menciona otras características que afectan a restantes elementos del paisaje, como la forma, el tamaño y las características del perímetro externo o de contacto con ellos. Luego pasa a explicar cada uno de los conceptos asociados:

*“La sinuosidad depende del trazado del cauce, que en condiciones naturales está relacionado con la magnitud de los caudales, la pendiente del*

---

<sup>137</sup> Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

*valle y la carga de sedimentos del río*". (González del Tánago M. , s/f). <sup>138</sup> Esta sinuosidad se ve resaltada con la presencia de la vegetación riparia y ésta genera la extensión del área del corredor fluvial y su contraste con el entorno inmediato. Si algún evento elimina esta vegetación, será difícil percibir la presencia del río en la lejanía, además de perderse la visualización de la sinuosidad del cauce, el cual es importante para el paisaje.

*"La altura del corredor es una característica íntimamente ligada a la vegetación riparia. Su importancia es mucho mayor en relieves llanos, donde el bosque de ribera constituye un elemento vertical de suma importancia, que en zonas montañosas, donde la altura de las laderas vertientes dominan el paisaje bajo del valle*". (González del Tánago M. , s/f).<sup>139</sup>

La altura de la vegetación aunada a la mayor disponibilidad de agua en las riberas produce una mayor biomasa, la cual genera un fuerte contraste con el resto del paisaje por su frondosidad y su colorido, predominando las especies siempre verdes.

*"...la conectividad se refiere al grado de conexión o continuidad espacial del corredor, que determina la eficacia de su estructura para el tránsito y dispersión de las especies a los largo del mismo*". (González del Tánago M. , s/f).<sup>140</sup> En los bordes fluviales esta conectividad se logra con la continuidad de la vegetación de ribera, generando para muchas especies áreas para refugio, alimento, zonas de cría, etc.

La estructura y el funcionamiento de los bordes fluviales suelen ser distintos entre sus tramos y entre los diferentes tipos de ríos. Su diversidad morfológica puede tener gran influencia en la conectividad interna del río y en la conectividad con los sistemas fluviales cercanos, por lo cual son muy importantes para el desarrollo de los procesos ecológicos asociado a los cauces.

---

<sup>138</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

<sup>139</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

<sup>140</sup> González del Tánago, M. (s/f)...op. cit.

### **El paisaje fluvial cultural.**

Podríamos definir el paisaje cultural como el resultado de las interacciones entre todos los componentes de un paisaje natural y las actividades humanas, ocurridas a lo largo del tiempo, o como señalaba Sauer citado en Toledo, Alejandro (2006), el hombre es el factor morfológico mas importante en las perturbaciones de los paisajes, a través de sus culturas, utilizando los paisajes naturales como los medios para obtener como resultado los paisajes culturales.

*“Las culturas constituyen los ecosistemas del reino de las ideas y los mitos. Las culturas, constituidas por el conjunto de hábitos, costumbres, prácticas, saberes, reglas, normas, prohibiciones, tabúes, estrategias, creencias, ideas, valores, mitos, que se reproducen en cada individuo y se perpetúan de generación en generación, dan lugar y reconstruyen la complejidad social. Las culturas acumulan en ellas lo que el hombre ha aprendido, conservado y transmitido, contienen todas las estrategias y programas de acción que le han permitido a la especie humana sobrevivir y adaptarse a su entorno.” (Toledo, 2006)<sup>141</sup>.*

En este sentido se comprende la necesidad de estudiar las características de las relaciones ocurridas entre las culturas de las poblaciones que ocupan los márgenes fluviales y los ambientes que la crearon y en el que viven. Es preciso analizar no solo la razón funcional o utilitaria sino más allá de lo racional, es decir, lo espiritual ya que el hombre también vive de sus creencias, religiones, mitos, música, poesía, etc. Cada sociedad percibe, define y elabora su imagen del paisaje, de sus creencias y del mundo natural. Evidentemente que las condiciones ambientales, es decir, los niveles de sonoridad, el grado de salubridad y la contaminación atmosférica participan también como elementos en la percepción de este paisaje.

La morfología urbana es el contenedor para las actividades económicas y sociales de la ciudad, actividades humanas que no toman en cuenta los procesos ecológicos del contexto donde están ubicados y conforma la base

---

<sup>141</sup> Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje* México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales p. 178

física de la escenografía que aprecia el observador. La presencia de las personas con sus actividades urbanas le genera una doble función al paisaje pues forman parte de él y a la vez son observadores del mismo. Sin embargo, debe señalarse, La sociedad al ignorar los procesos ecológicos perturba la retroalimentación que debe existir entre estructuras y funciones ecológicas de los paisajes, convirtiéndolos más homogéneos y como consecuencia, más vulnerables y frágiles.

Es de gran importancia para el ciudadano, la posibilidad de tener espacios propios de alta naturalidad para el descanso y el ocio que no se encuentran en la trama urbana, donde los caracteres urbanos se relajan y a veces desaparecen. Son imprescindibles esos espacios para que la congestión, la tensión y el ambiente urbano deteriorado se compensen con el entorno natural.

### **Los paisajes fluviales urbanos.**

Habíamos mencionado la importancia de ver al río en el paisaje fluvial como un ecosistema, lo cual lo hace ser una situación compleja. En el caso de los ríos urbanos, es aún más difícil la situación ya que se genera una fusión de estructuras, funciones y el dinamismo de ambos sistemas en un mismo espacio, los bordes urbanos.

El paisaje fluvial urbano es la interacción de dos sistemas el sistema fluvial y el sistema urbano. Esta unión genera dos acciones, es decir, el río cuando entra a la ciudad se convierte en elemento cultural de la urbe y la ciudad cuando se expande hacia el río se abre a la naturaleza. Es la interacción entre la naturaleza y la cultura, donde los procesos fluviales y ecológicos se encuentran con los procesos urbanos como los sociales y económicos entre otros.

Esta interacción entre la ciudad y el río se produce en forma espacial y temporal, en función de los eventos históricos como las avenidas, las soluciones técnicas aplicadas en las intervenciones, la participación social en el ámbito fluvial y la sensibilidad por el paisaje de sus pobladores. Ahora bien, esta interacción también ha generado una degradación del paisaje fluvial, ya que los ríos al atravesar las ciudades los han convertido en cajas de concreto armado, con el fin de solucionar el problema de las inundaciones y por esto han

destruido gran cantidad de tramos de ríos con el consiguiente impacto ecológico y paisajístico que ocasiona al eliminar toda la vegetación de riberas y convertirlo en áreas con usos diversos para satisfacer sus necesidades básicas.

Hay la necesidad de recuperar los ríos y sus bordes para el entorno de calidad de vida deseable en las ciudades, ahora bien, el medio natural y el cultural forman una unidad territorial inseparable y que refleja toda su historia a través de sus edificaciones, de allí pues que en un proyecto de restauración de bordes fluviales urbanos será necesario elaborar los inventarios precisos que valoren el patrimonio edificado en sus áreas de influencia, a fin de evaluar su incorporación al paisaje fluvial urbano.

Los corredores fluviales deberían ser esos espacios abiertos naturales donde la trama urbana continua se descomprime, presidida por la calidad ambiental y se comporte como factor de localización de actividades e incluso a futuro como una gran zona generadora de empleos acorde con la sustentabilidad que se le debe dar. En otras palabras, los paisajes fluviales urbanos son la síntesis de un sistema de relaciones naturales y culturales que deben respetarse para no caer en el exceso del uso de la tierra y luego ser testigo presencial de las catástrofes naturales, como lo ocurrido en el Estado Vargas.

### **El manejo del paisaje fluvial.**

Uno de los atributos más destacables del paisaje es su variabilidad en el tiempo. Los cambios se producen a distintas velocidades y los ritmos de sus procesos naturales son a menudo perturbados por las intervenciones antrópicas.

Estas intervenciones están enmarcadas en un lapso de tiempo finito, modificando algunas características del lugar, pero muchas otras permanecen en el tiempo. El ser humano ha manejado los paisajes, alterando la cobertura vegetal, los suelos y el agua con el fin de satisfacer sus necesidades básicas y para producir toda clase de bienes, mercancías y servicios. El hombre no solo es observador del paisaje, también forma parte de él como un elemento y lo modifica continuamente mediante su gestión o manejo.

Cabe considerar por otra parte que el hombre no solo es el ente perturbador del paisaje y de los procesos naturales que actúan en él, es también el portador de un patrimonio cultural que ha mantenido por miles de años una relación equilibrada con sus ecosistemas, además es el generador de procesos prácticos y científicos que han logrado mantener y reiniciar una interacción con la naturaleza y los procesos que la sostienen.

Como el principal objetivo del manejo del paisaje es restaurarlo o mantenerlo natural, los conocimientos de sus elementos deben basarse en el entendimiento de la sensibilidad de dicho paisaje en función a la influencia ejercida por el hombre y a su grado de sensibilidad humana. En otras palabras, la actividad humana se disemina, baja su intensidad y es inversamente proporcional a la sensibilidad de cada componente del paisaje. Las actuaciones más apropiadas deben enfocarse en ciertas formas de recreación y esfuerzos científicos. En algunos ecosistemas muy vulnerables aun las actividades humanas controladas puede ser perjudicial para el mantenimiento de un paisaje en su condición natural.

Las modificaciones del paisaje fluvial, generalmente se producen por los manejos de algún elemento del paisaje, como el agua o la vegetación riparia. La gestión del agua generalmente está enfocada hacia el impulso de la agricultura o para la generación de energía, lo cual ha motivado la construcción de grandes obras de ingeniería como las presas, los trasvases, las canalizaciones y rectificaciones de ríos. La regulación de caudales generado por la construcción de presas, deterioran la vegetación riparia al eliminar las avenidas ordinarias, reducir la humedad en los suelos y reduce los procesos de sedimentación.

Los trasvases “transfer chanel” que son obras hidráulicas para incrementar la cantidad de agua en una cuenca adyacente, pueden eliminar la vegetación riparia por el cambio de las condiciones hidrológicas del cauce. Las canalizaciones y las rectificaciones de ríos influyen sobremanera cuando incluye el revestimiento del cauce con concreto armado, modifican las condiciones ribereñas y afectan o eliminan su vegetación.

Los técnicos responsables del manejo de los elementos del paisaje deberían valorar todos los procesos fluviales naturales como lo hacen al valorar al río como proveedor de agua y energía, ya que por no hacerlo se han perdido una gran riqueza fluvial a lo largo del tiempo, procesos necesarios recuperar en la medida de lo posible y evitar que se pierda en los ríos que no han sufrido estas intervenciones. Por consiguiente, el reto más grande que nos presentan los paisajes, y especialmente sus elementos acuáticos, es comprender y mantener sus estructuras y funciones en beneficio de la vida y de las generaciones futuras.

Es importante el comportamiento ético del hombre frente a los procesos naturales, ya que *“el abuso surge cuando se considera a la Tierra como una fuente de recursos que nos pertenece; pero esta perspectiva cambia cuando el hombre se siente parte de la comunidad biológica y se amolda a las leyes naturales, entendiendo su integridad, estabilidad y belleza”*. [Leopold, A. (1949) en (González del Tánago M. , s/f)]<sup>142</sup>.

Según Alejandro Toledo los paisajes fluviales, como ecosistemas maravillosamente complejos, están llenos de incertidumbres, nos brindan la oportunidad de comprenderlos y de construir con ellos, a través de un manejo consiente, un planeta verdaderamente sostenible.

### **La restauración del paisaje fluvial.**

El ser humano, como ente acostumbrado al cambio, históricamente ha estado involucrado con la modificación de la tierra para su supervivencia, pero generalmente no ha sido consciente de los efectos que produce su actividad sobre el paisaje donde actúa. *“Los procesos naturales o humanos han estado y están modificando constantemente el territorio. El espíritu del diseño debe tener la ecología y los seres humanos en la base de su actuación”*. (Hough, 1998).

La restauración del paisaje es un proceso complicado, que evoluciona de muchas formas. En su sentido más estricto, implica reproducir las condiciones exactas anteriores a la perturbación. *“El principio de mejora ambiental es*

---

<sup>142</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

*también la base para la restauración ecológica: llevar a los sistemas naturales a un estado de salud ecológica, de restablecimiento de la biodiversidad y de capacidad de adaptación*". Hough, M. (1998)<sup>143</sup>. Deben tener como objetivo primordial la erradicación de las causas que han inducido a su deterioro, es decir, la recuperación de sus procesos naturales, en la búsqueda del equilibrio geomorfológico y la recuperación de funcionamiento como ecosistema. En dado caso que el ecosistema fluvial ha sido irreversiblemente destruido, será necesario estudiar, diseñar y construir una estructura territorial, la cual cumpla, al menos de forma parcial, las funciones medioambientales que ésta poseía antes de su destrucción.

La situación se vuelve más compleja cuando se refiere a la gestión del agua transfronteriza, es decir, que involucre a dos países, especialmente cuando existen entre ellos importantes diferencias socioeconómicas, diferencias culturales y conflictos en los usos del suelo.

Con la restauración fluvial se pretende rectificar los errores del pasado en la implementación de técnicas de ingeniería hidráulica para rigidizar los cauces y convertirlos en canales de agua eliminando sus ecosistemas. Para recuperar gradualmente los procesos naturales del río buscando la compatibilidad de su equilibrio dinámico con el uso sostenible del cauce y su llanura de inundación.

El principal beneficio ambiental de la restauración es la potencial recuperación de los ecosistemas degradados por las intervenciones antrópicas. Entre los estudios a efectuar están la biodiversidad, la conectividad y la posibilidad de inclusión de otras especies.

Con la restauración se compensa con creces la pérdida inevitable de las funciones y la biodiversidad de los ecosistemas, es por ello que para asegurar la efectividad de la restauración, se debe conservar e incrementar la biodiversidad del medio intervenido.

Para maximizar su rentabilidad, las restauraciones ambientales deben funcionar conectando ecosistemas y evitar el seccionamiento del territorio. De allí pues, que para restaurar la vegetación ribereña de los ecosistemas fluviales

---

<sup>143</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili. p.20.

se debe considerar el contexto del paisaje donde están establecidas, a fin de establecer la conectividad entre los diferentes tramos del ecosistema. Según Elianne Ceccon (2003), está comprobado que los paisajes mayormente conectados se regenera mucho más rápido que un paisaje poco conectado. Por lo cual, *“la rehabilitación de los corredores riparios puede ser la clave para aumentar la conectividad local y favorecer el mantenimiento y el aumento de la diversidad de las especies...”*. (Ceccon, 2003)<sup>144</sup>.

Para afrontar una restauración en el sistema fluvial es importante conocer el marco en el que se producen las causas de la degradación, el cual puede estar en el entorno fluvial o bien en zonas lejos del cauce, por lo cual, estas restauraciones se desarrollarán en distintas zonas de actuación y a distintas escalas, según sea el caso de la degradación y los resultados del diagnóstico del sistema fluvial. Es por ello que la restauración fluvial se efectúa en diversas escalas espaciales y temporales, es decir, se emprende por tramos aislados, siguiendo diversos criterios que solucionen las degradaciones de dichos tramos, pero sin olvidar que cada tramo de río es solo un sector de todo un sistema complejo y cada actuación se manifiesta en otros sectores del cauce, aguas arriba o aguas abajo y con el tiempo puede ser transmitido a toda su red fluvial. Por consiguiente, todas las actuaciones encaminadas a la recuperación de los procesos fluviales y el estado ecológico de los corredores fluviales se deben analizar concienzudamente las condiciones y las limitaciones de cada uno de los tramos del área degradada.

La capacidad de recuperación del medio en forma natural sería lo más idóneo para la restauración de un medio intervenido. Sin embargo en ocasiones no es posible por el grado de degradación existente, por consiguiente, habrá que analizar la capacidad natural de evolución de los factores que componen el paisaje fluvial a restaurar. Inclusive será preciso estudiar la posibilidad de inclusión de especies vegetales o animales que ayuden a la recuperar y posteriormente incrementar su valor como ecosistema.

---

<sup>144</sup> Ceccon, E. (2003). *Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas*. . Recuperado el 6 de Agosto de 2010, de Revista Ciencias N° 72. Octubre-Diciembre 2003. México. : <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no72/CNS07206.pdf>.

Cuando en un río restaurado se recuperan sus formas y procesos originales anteriores a su degradación se puede considerar que se ha logrado una restauración definitiva. Sucede pues, que en la mayoría de los casos se trata de restituir los procesos naturales compatibles con los usos actuales de la llanura de inundación.

## **CAPITULO III.**

### **TRATAMIENTO DE BORDES FLUVIALES URBANOS.**

Desde hace siglos, las llanuras de inundación han sido los sitios predilectos para las actividades socioeconómicas y los asentamientos humanos, a pesar de los riesgos de desbordamiento por los niveles de avenida.

En las antiguas y tradicionales sociedades agrarias se ejecutaban obras de infraestructura para regadíos, como las acequias, canales de riego y otras construcciones para la distribución de las aguas y su contención, todas ellas podrían coincidir con obras hidráulicas de defensa frente a los procesos de inundación. Posteriormente, comienzan a construir diques en las orillas de los ríos a fin de evitar las inundaciones a los asentamientos urbanos, obras efectuadas empíricamente y algo precarias, las cuales fueron fácilmente destruidas en los procesos de avenidas. Estas sociedades llegaron incluso a desviar causes de algunos ríos o eliminaban meandros a fin de minimizar los riesgos de inundación.

Con las innovaciones tecnológicas en el campo de la Ingeniería del siglo XX, aparecen nuevos dispositivos hidráulicos y se utilizan nuevos materiales. Se empiezan a canalizar ríos, se construyen embalses y otras estructuras de laminación de avenidas. De esta manera, se inicia la modificación del comportamiento hidrológico de los cursos fluviales con el objeto de proteger las poblaciones de los riesgos de las avenidas, sin considerar los problemas ambientales que se producirían y la progresiva modificación del paisaje fluvial con grandes construcciones.

El hombre ha buscado como protegerse de estas crecidas, sin embargo, gran parte de las soluciones estructurales que se han implementado, alteran la dinámica fluvial y como consecuencia, la pérdida de hábitats, de diversidad biológica y de productividad del ecosistema. Ya sabemos que los ecosistemas son de gran provecho para el ser humano, porque le proporciona alimentos, le suministra agua potable, purifican el agua y regulan los regímenes fluviales, entre otras cosas. Pero la degradación ambiental puede llegar a amenazar la vida del ser humano por perjudicar los medios de subsistencia y de salubridad.

Es por ello que el hombre se ha visto en la necesidad de buscar un desarrollo sostenible y está en la exploración de soluciones a las repercusiones negativas que han producido las obras fluviales tradicionales para protegerse de las inundaciones y está reconduciendo sus esfuerzos hacia un cambio más respetuoso a la protección ambiental, con el fin de mejorar la capacidad de los ecosistemas para amortiguar las recurrentes alteraciones que reciben de las actividades humanas y poder continuar proporcionando los servicios necesarios en la recuperación de la productividad de los ecosistemas.

Luego de describir brevemente esta evolución histórica, podemos efectuar una diferenciación entre las obras fluviales en dos metodologías, que las denominaremos como “Métodos Tradicionales” y “Métodos Biotecnológicos”. Conceptualmente parten de la misma idea y cumplen el mismo fin pero con diferentes materiales y a diferentes escalas, con esto queremos señalar que dependiendo del grado de degradación del río y de los estudios interdisciplinarios definirán el método a utilizar, o se puede dar el caso del uso de ambos métodos.

## **MÉTODOS TRADICIONALES.**

Ya habíamos comentado que el hombre ha tendido a asentarse en las riberas de los ríos desde los tiempos más remotos. Posteriormente con la progresiva ocupación de las zonas fluviales, en especial los valles y el incremento de los asentamientos en ellos perturbaron a los ecosistemas de los ríos y las comunidades quedaron expuestas a los efectos de avenidas e inundaciones.

Los procedimientos de prevención que existen para eliminar, o al menos reducir, los daños que suelen ocasionar las inundaciones, implican la construcción de obras importantes con métodos estructurales, cuyas inversiones son bastante elevadas y suelen ser de efecto inmediato, pero no significa que sean necesariamente más eficaces a largo plazo, además generalmente originan una gran cantidad de problemas ecológicos en los sistemas fluviales. Para proteger el río de las erosiones y socavaciones además de proteger poblaciones u obras de infraestructura, el hombre crea las obras de defensa para algún problema localizado, son obras de modestas

proporciones que afectan una reducida área, igualmente crea los encauzamientos de parte de un tramo de río son obras de gran envergadura y proporciones a fin de mejorar las condiciones necesarias para algún fin socio-económico. Ahora bien, para lograr la efectividad en la reducción del riesgo es necesario de aplicar medidas no estructurales, a fin de reducir la vulnerabilidad ante el evento de la inundación. Entre las medidas no estructurales podemos citar la planificación territorial en la llanura de inundación, la implantación de normas de construcción para reducir el impacto de una inundación, una política de seguros que cubra las áreas y los bienes ubicados en zonas inundables y los sistemas de previsión y alarma de inundación a fin de facilitar la evacuación de las personas.

### **Encauzamientos.**

En todas las obras estructurales existe una medida común, revestir las márgenes en proporción variable, para mejorar su estado de equilibrio entre la erosión, la cohesión de los materiales y el peso de las partículas; para que el flujo de agua en avenidas no golpee la base de las márgenes y produzca erosiones de importancia. En todo caso, todas estas obras son consideradas por el Ing. Juan Martín Vide en su obra Ingeniería de ríos (2003), como encauzamientos los cuales define como las actuaciones de ingeniería fluvial por excelencia, “...*en sentido amplio, es cualquier arreglo o intervención que toma un tramo de río (un tramo de cauce) como su objeto de actuación primordial...*”, reconociendo inclusive que un encauzamiento generalmente produce una perturbación al medio y en ocasiones puede ser importante, como la alteración de la dinámica fluvial y como consecuencia, la pérdida de hábitats, de diversidad biológica y de productividad del ecosistema

Son múltiples los objetivos de los encauzamientos en un río, pueden estar presentes en diferentes grados y distintas combinaciones. Cada obra de encauzamiento se caracteriza y se diferencia de otras por sus objetivos. Estas obras pueden ser utilizadas para los siguientes objetivos: como protección a las inundaciones, como protección a las márgenes del río, como fijación de un cauce estable para el río, para mejorar las condiciones de desagüe, para la fijación o formación de un canal navegable y para la recuperación de los

valores naturales del río, a través de los procesos de restauración, rehabilitación o renaturalización de cauces, siguiendo un enfoque más respetuoso con el medio natural con respecto a los otros objetivos.

Dado el tema de la presente investigación sobre bordes fluviales urbanos, describiremos como referencia metodológica, las obras fluviales cuya funcionalidad esté basada en los tres primeros objetivos anteriormente enunciados porque afectan dichos bordes, lo cual no implica que esa obra fluvial es solo para ese objetivo, porque...

*“...algunas de estas infraestructuras sirven para proteger contra todo tipo de posibles daños, mientras que otras son más apropiadas para algunos de ellos solamente. En ocasiones –cuando se contempla el problema global de una región suficientemente extensa – es preciso acudir al empleo, de manera coordinada, de todas las tipologías enumeradas...”.* (Herrera & Marín, 2000).<sup>145</sup>

En un encauzamiento hay dos variables físicas a las que hay que tener en cuenta en la elaboración del proyecto: el régimen hidrológico y la sinuosidad. Al analizar el régimen hidrológico, podemos señalar que el caudal de un río es variable siempre. Durante la mayor parte del año el caudal lleva un nivel bajo o mediano con una variación pequeña, a ese nivel se le llama aguas bajas; al aumentar el caudal, este nivel que dura pocos días se le llama aguas altas. Existen por otra parte los caudales extraordinarios llamados de avenida, es decir, crecidas.

Estos diferentes niveles de agua se presentan todos los años y generan la forma del cauce principal, por ello es importante que en un encauzamiento estén presentes ambas características. Dado lo anterior se puede definir el cauce principal de un encauzamiento como *“...aquel por el que circulan las aguas bajas y las aguas altas...también lo llamaremos cauce de aguas altas...”*. Martín, J. (2008)<sup>146</sup>.

<sup>145</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm) .

<sup>146</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 100.

Al analizar la sinuosidad la podemos entender al tener presente que los ríos en su estado natural no son rectos, el cauce desarrolla una inestabilidad lateral que produce la formación de barras o sedimentación alternadas y el ataque alternativo a las márgenes del encauzamiento.

En un cauce, las aguas altas y las aguas bajas, se diferencian en primer lugar por su permanencia o persistencia y en segundo lugar por sus condiciones de equilibrio y sinuosidad. Estas además se diferencian de las avenidas por la circunstancia temporal e igualmente por sus condiciones de equilibrio y sinuosidad.

El régimen hidrológico de un río es irregular, ya que *“...si el río tiene una pendiente pequeña o un transporte sólido pequeño el régimen de aguas altas puede tender efectivamente a erosionar el fondo y a una pendiente menor que el régimen de aguas bajas...”*. Martín, J. (2008), igualmente puede pasar todo lo contrario, si en *“...un río de gran pendiente o gran transporte sólido, el régimen de aguas altas puede tender a sedimentar y a una pendiente mayor que el de aguas bajas...”*. (Martín Vide, 2008).<sup>147</sup>

### **Los encauzamientos como protección a las inundaciones.**

En una crecida el cauce pierde sinuosidad y va más recto que las aguas bajas y las aguas bajas al ser mas sinuoso su recorrido, se hace más largo y por lo tanto disminuye la pendiente. Es por ello que el hombre ha diseñado y construido los encauzamientos como protección a las inundaciones. Entre las obras fluviales utilizadas para la defensa contra las inundaciones podemos citar, los diques longitudinales o motas, las cortas de meandros, los cauces de derivación de avenidas y las presas de laminación de agua las cuales no analizaremos en este trabajo de investigación, porque generalmente no están ubicadas en áreas urbanas.

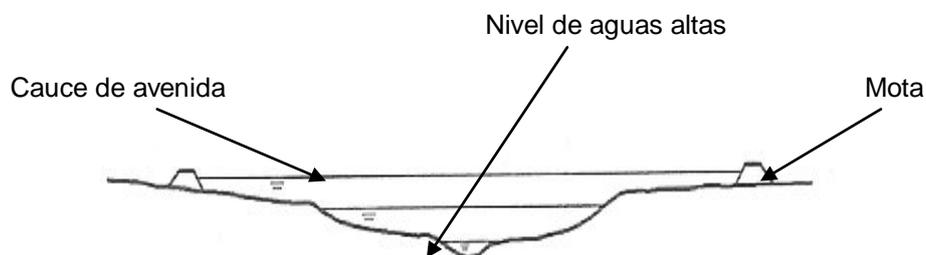
- **Diques longitudinales o motas como trazado de los cauces de aguas altas y avenidas.**

La utilización de los diques longitudinales o motas como trazado de los cauces de aguas altas y avenidas se planificaron para contrarrestar las

---

<sup>147</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos...*op. cit., p. 103.

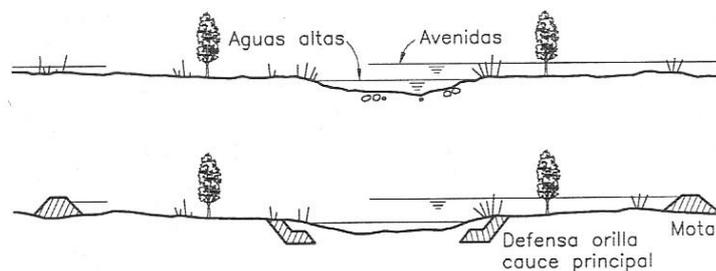
fluctuaciones de nivel de los ríos, porque los niveles de las aguas altas se producen con los caudales de baja frecuencia en el año y el de las avenidas o crecidas con los caudales extraordinarios. Para ambos casos se mantiene la sinuosidad en planta de los ríos. Podríamos deducir que el primero es realmente el cauce de un río pero el de avenidas es más bien el área inundable de un cauce. El hombre para protegerse de las inundaciones, ha tomado este nivel de avenida como cota límite de inundación y ha formado lo que se denomina cauce de avenida el cual está constituido por elevaciones o recrecimientos del terreno llamados diques longitudinales o motas.



Diques longitudinales

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Son obras fluviales que no afectan el cauce del río y que impiden el desbordamiento de las aguas de las avenidas en las zonas protegidas.



*Sección de un río sin encauzar y sección típica de un río encauzado con el objetivo de estabilizar y defender de la inundación.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

- **Diques longitudinales o motas de materiales sueltos.**

Existen otras obras de protección a los cauces de avenida como las motas de materiales sueltos. Son obras geotécnicas a modo de pequeñas pero largas presas de tierra cuya función es retener el agua en movimiento por poco tiempo. Es una solución económica por utilizar material de préstamo suelto del lugar, pero ocupa mucho espacio en su ancha base, por lo cual no es recomendable para zonas urbanas. Por ello será más frecuente ver diques o muros de concreto armado.

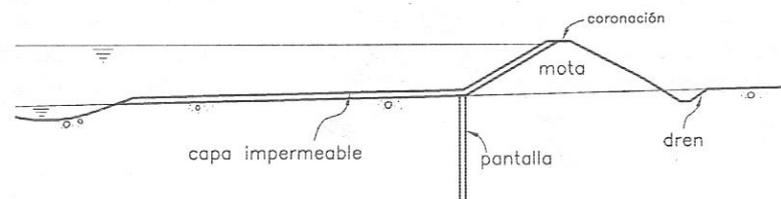


Fig. 6.7 Impermeabilización de una mota de materiales sueltos.

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

- **Corta de un meandro.**

Los ríos al ser mas sinuosos tienen mayor longitud y sus curvas ofrecen mayor resistencia al flujo lo cual trae como consecuencia una reducción en la capacidad de desagüe y aumenta el riesgo de desbordamiento. Si este cauce presenta las orillas frágiles, la fricción del agua en las curvas puede causar erosión en las márgenes. Estos problemas de inundación pueden solucionarse al alinear el cauce, pero hay que tomar en cuenta que esta rectificación implicará una reducción de la longitud y por ende un aumento de la pendiente, lo cual ocasionará que el río presente una tendencia a la erosión del cauce.

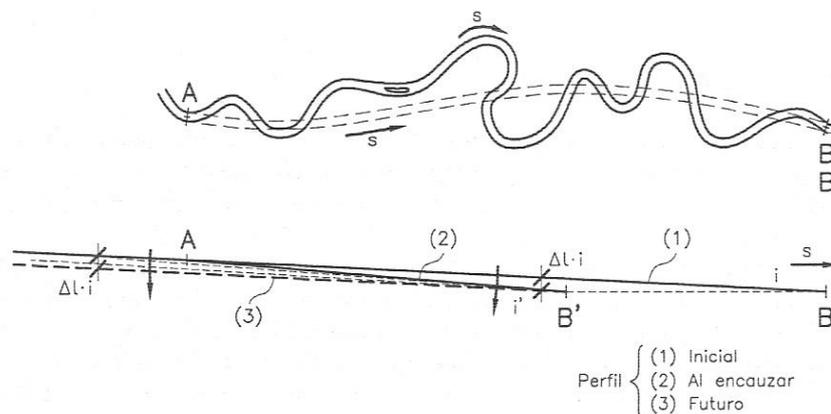
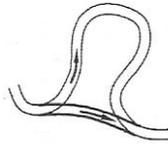


Fig. 4.8 Proyecto y efectos de un encauzamiento para suprimir curvas.

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Estos encauzamientos que recortan la longitud se denominan cortas, el cual es un cauce artificial que funciona a modo de atajo entre dos puntos, y se viene haciendo bajo el nombre de corta de un meandro.



*Corta de un meandro.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Las cortas, son obras fluviales mediante el cual se enlazan con un nuevo cauce artificial de menor longitud dos puntos de un río meandriforme, reduciendo la longitud del cauce y aumentando la pendiente de la línea de agua, con el fin de incrementar la velocidad del agua y disminuir su calado; queremos con ello significar,

*“...que este aumento de velocidad implica una erosión en el tramo de aguas arriba que producirá a su vez un aumento de los sedimentos y, en consecuencia, su transporte hacia el tramo de aguas abajo de la corta hasta que se estabilice la pendiente longitudinal del río, que, finalmente, será paralela a la inicial y producirá un descenso del lecho del río aguas arriba de la corta...”.* (Herrera & Marín, 2000).<sup>148</sup>

Debe señalarse que la construcción de una corta modifica y a veces intensamente la organización territorial de los terrenos ribereños, produciendo efectos negativos que es preciso analizar y evaluar las ventajas e inconvenientes de esta obra fluvial. Simplemente con el hecho de eliminar un tramo completo del río actual trae como consecuencia

*“...una serie de afecciones a un número importante de servicios, que deben reponerse, y generan la posible recuperación de extensos terrenos en zonas periurbanas que pueden ser recuperados para actividades sociales, pero para los que también existirán importantes*

<sup>148</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm) .

*apetencias de recalificaciones urbanísticas. Un caso bien conocido es el de la corta de La Cartuja en Sevilla, que permitió recuperar 500 ha para uso urbano y utilizarlas en su día para implantar las instalaciones de la Exposición Universal de 1992".* Herrera, José y Marín, Gonzalo (2000).

- **Cauces de derivación de avenidas.**

Con el fin de alejar el río de una población para impedir su inundación, aumentar la capacidad y hacer un cauce estable, la ingeniería fluvial ha diseñado unas obras para tal fin, podemos señalar los nuevos cauces y/o causes de alivio, las obras de desvío y las lagunas temporales. Estos cauces frecuentemente sirven de cause de alivio del río, es decir, funciona de aliviadero que empieza a trabajar a partir de cierto caudal peligroso, mientras que el cauce viejo, mantiene un nivel controlado. Inclusive ese control del cauce puede ser a través de compuertas para permitir una explotación determinada.

En ciudades donde la trama urbana no permita ningún tipo de encauzamiento u obras de regulación para el paso de la crecida por el cauce del río; existe la posibilidad de habilitar uno nuevo que bordee la ciudad y transporte parte o todos los caudales. La solución más económica y adecuada para mejorar la calidad de vida en la ciudad y disminuir el riesgo de inundación, sería mantener el cauce existente para que fluyan los caudales normales y construir un cauce nuevo a fin de hacer circular las crecidas, y en estos nuevos terrenos fluviales se podrá permitir algunos usos de carácter temporal, como actividades agrícolas estacionales y/o deportivas, por existir el riesgo de inundación por los niveles de avenidas o crecidas. Aunque en algunas ciudades europeas como Valencia, en la cual el cauce antiguo se anuló completamente para el transporte de agua y en esos espacios se desarrollan otras actividades urbanas como jardines, centros de convención, auditorios, etc.

Para soluciones como la anteriormente descrita no debemos omitir que los caudales derivados vuelven, aguas abajo, al río existente, es por ello que se debe tomar en consideración los procesos que sean necesarios a fin de que el remanso que se produce hacia aguas arriba desde el punto de confluencia no

afectará a los tramos que se pretende proteger en la ciudad. Siendo las cosas así, resulta evidente construir un nuevo cauce a fin de que drenen las crecidas.

*“Cuando se sustituye completamente el cauce es frecuente que se incremente la longitud respecto a la del río actual, por lo que, puesto que la cota del punto de confluencia con el mar debe ser la misma, se produce una disminución de la pendiente longitudinal que implica una menor capacidad de transporte de sedimentos; es preciso entonces tomar las medidas oportunas, en relación con la sección transversal, para evitar la elevación del perfil longitudinal del río aguas arriba del punto en el que se ha realizado la desviación”.* (Herrera & Marín, 2000).<sup>149</sup>

Este tipo de solución genera nuevas zonas ribereñas que poseen atractivos muy importantes para la ampliación de la ciudad, por ello debe planificarse en coordinación con los Organismos encargados de la Ordenación del Territorio, a fin de que se ordenen adecuadamente, *“...como será en Barcelona el caso del desvío del río Llobregat en su tramo final”.* (Herrera & Marín, 2000).<sup>150</sup>

Otro tipo de obras fluviales para la derivación de cauces por efectos de las crecidas son los encauzamientos tipo trasvases, son obras de desvío y pueden considerarse como cauces de emergencia, ya que presentan la misma problemática que éstos, pero difieren en el punto de destino, el cual es otro río y cuyas características hidráulicas será necesario analizar también; a pesar de no ser muy frecuente la construcción de este tipo de encauzamiento, deben ser zonas de topografía muy plana y los ríos deben estar muy próximos, y lo más recomendable es que los canales de trasvase puedan servir en ambas direcciones, de manera que sea posible derivar aguas de uno a otro, según sea la necesidad del caso, en función de la cuenca en la que se ha generado la inundación.

---

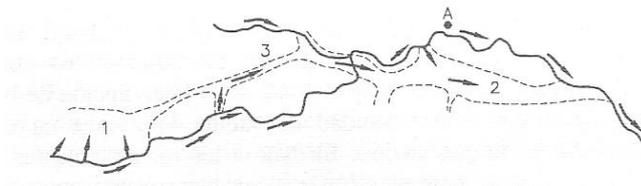
149

Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm) .

<sup>150</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm)

Entre las variables a considerar en los ríos que se decida a efectuar este tipo de encauzamiento es la conveniencia de que sean de cuencas de drenajes distintas, es decir, “...tengan regímenes hidrológicos tales que no faciliten la presentación de avenidas simultáneas o, al menos, que sus hidrogramas estén desplazados en el tiempo y permitan manipular los caudales y enviarlos al cauce más adecuado en cada momento”. (Herrera & Marín, 2000).<sup>151</sup>

Otra medida para la derivación de cauces por efectos de avenidas es la creación de áreas temporalmente inundables cercanas al cauce a fin de ubicar el caudal de avenida o crecidas. El control del acceso del agua puede ejecutarse mediante aliviaderos a partir de cierto caudal. A veces estas áreas inundables fueron ciénagas, marismas o humedales que luego de un proceso de restauración cumple estas funciones.



Ejemplo de recuperación de zonas húmedas (líneas de puntos: 1,2) para laminación de avenidas con aliviaderos laterales desde un río totalmente encauzado con motas (línea continua). Inspirado en el caso del río Sacramento en Sacramento (ciudad A).

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

### **Los encauzamientos como protección a las márgenes del río.**

Desde el siglo XIX se efectúan obras de encauzamiento en grandes ríos europeos cuya morfología es trezada, con el objetivo de sanear las zonas pantanosas que originaban enfermedades infecciosas y además para rebajar los niveles de avenidas y estabilizar el cauce con una profundidad tal que permitiese la navegación.

Las obras de protección de cauces se utilizan fundamentalmente para impedir la erosión de sus bordes fluviales, producto de la excesiva velocidad

<sup>151</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm) .

del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño en régimen hidráulico normal, y durante las avenidas e inundaciones, en zonas localizadas como las curvas, los cruces o las zonas de materiales débiles, cuyo colapso conduciría a la inundación de los tramos adyacentes.

Cabe considerar, por otra parte que en un cauce natural siempre se producirán erosiones, por lo cual no siempre será necesario proceder a su protección, “...a menos que el proceso de degradación consiguiente sea muy rápido, pueda producir cambios en el régimen hidráulico del río...” (Herrera & Marín, 2000) <sup>152</sup>, o en caso de que la degradación del borde afecte a obras de infraestructura que puedan fracturar como consecuencia de dicha erosión.

El encauzamiento estable de un río puede efectuarse en forma gradual. “una morfología estable de un encauzamiento sería un cauce único de suaves curvas alternadas, el cual debería ser convenientemente fijado”. (Martín Vide, 2008) <sup>153</sup>. Para conseguirlo en los cauces trenzados, se debe concentrar el flujo y cerrar los brazos; y en el caso de los cauces meandriformes, se debe dirigir el flujo, defender las márgenes o suavizar las curvas.

Las técnicas constructivas se basan en el empleo masivo de materiales que se encuentran in situ. La más utilizadas en las protecciones de una curva consisten en revestimientos superficiales y en la construcción de espigones, y por ser obras puntuales para evitar la erosión por la velocidad del agua “...las convierte, generalmente, en poco agresivas hacia el ambiente y de pequeña influencia sobre los ecosistemas del río”. (Herrera & Marín, 2000) <sup>154</sup>.

Los materiales y métodos de construcción que se utilizan para proteger las poblaciones y las grandes obras de infraestructura son más desarrollados entre los cuales podemos destacar el empleo de pantallas de tablestacas metálicas, pantallas continuas construidas mediante empleo de lodos tixotrópicos, pantallas de pilotes secantes, tierra armada, plásticos especiales o geocompuestos, etc.

---

<sup>152</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea]: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm)

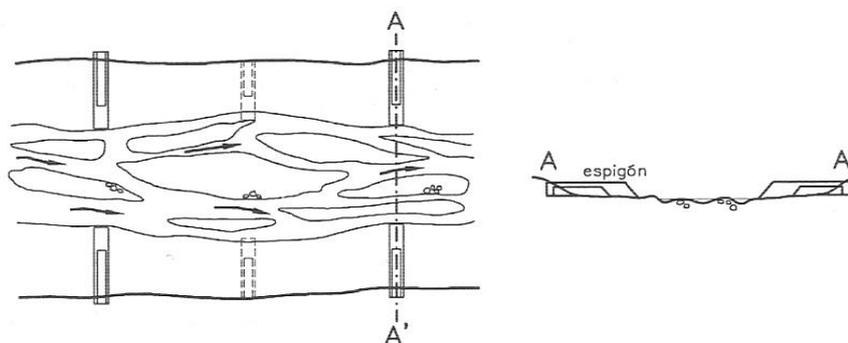
<sup>153</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 124.

<sup>154</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea]: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm)

Para obras de protección de todo un tramo del río también se efectúa en base a la corrección de su régimen hidráulico mediante los encauzamientos totales, este método es intensamente utilizado para proteger parte de las poblaciones de las ciudades y especialmente, las vías de comunicación. En Caracas la mayoría de las quebradas están intervenidas con este método “protegiendo” las construcciones estables e inestables como las de los barrios y olvidándose por completo de las zonas riparias. Con este tipo de solución las quebradas pasaron a ser canales de agua del río, de las aguas servidas de las construcciones y transporte de sedimentos y todo tipo de basura que desechan los pobladores que han invadido el espacio fluvial.

- **El uso de espigones en el encauzamiento de ríos.**

En las obras de encauzamiento en grandes ríos de morfología trezada, se taponaban los brazos y utilizaban espigones y espolones para desplazar el agua y el fondo más hondo hacia el centro del cauce. Los espigones son diques transversales a la corriente implantados en la orilla y con una ligera pendiente de su coronación hacia el eje o centro del cauce.

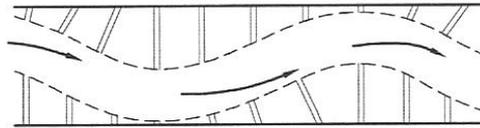


*Planta y sección de la implantación de espigones en el cauce principal de un río trezado.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Usualmente su altura no sobrepasa el nivel de aguas altas, pueden ser permeables o cerrados y su función es dificultar la circulación de las aguas, el río pierde parte de su capacidad hidráulica y genera sedimentación de granulometría fina en los espacios entre los espigones, los cuales van reduciendo gradualmente el ancho del río y formando un cauce principal estable y único o no trezado. Esto se cumple si el río es de pendiente suave y transporta abundante material sólido en suspensión.

Mediante la construcción de espigones también se puede formar un cauce de aguas bajas inscrito en uno de aguas altas más ancho o uno de aguas altas inscrito en uno de avenidas más ancho. En este caso la punta de los espigones define la orilla del cauce menor y aumenta el proceso de sedimentación fuera del cauce entre los espigones.



*Fijación de un cauce menor inscrito en uno mayor por medio de espigones.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

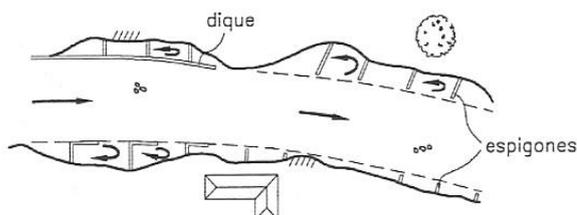
Al diseñar los espigones en un río es conveniente colocarlos lo más separados unos de otros y lo más alejados del cauce principal como sea factible. En los ríos con sus orillas normales, el agua circula libremente y frota una orilla con taludes suaves, llanuras de inundación de superficie extendida, caso contrario sucede al modificarle su borde con la construcción de espigones, el cauce se encuentra con orillas escarpadas, áreas de inundación reducidas y menor rugosidad, provocando el aumento de la velocidad del cauce y puede producir un aumento de las crecidas aguas abajo.

El roce del cauce con las orillas produce una interacción del río con los humedales que es alterada con la construcción de estas obras fluviales. Al aumentar la distancia de separación entre los diques lo máximo posible, ayuda a restaurar esa conexión lateral y la capacidad del río de moverse libremente. *“Esto también reduce la velocidad de la corriente, produce niveles más bajos de crecidas y restaura en parte las funciones naturales de la planicie de inundación, entre ellas, el almacenamiento temporal de la crecida”*. (Organización Meteorológica Mundial., 2006).<sup>155</sup>

155

Organización Meteorológica Mundial. (2006). *Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas. Tiempo-Clima-Agua. APFM. Documento Técnico N° 3. Serie Políticas de Gestión de Crecidas*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_environmental\\_aspects\\_Sp.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_environmental_aspects_Sp.pdf).

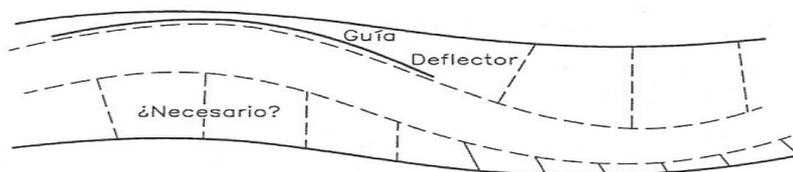
Se pueden conseguir los mismos resultados si se combinan espigones longitudinales y transversales sumergibles. Este método igualmente se utiliza para la rectificación de curvas con demasiado ángulo y para la restauración de márgenes destruidas, lo cual lo describiremos más adelante.



*Ejemplos de distintas combinaciones posibles de diques longitudinales y espigones.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

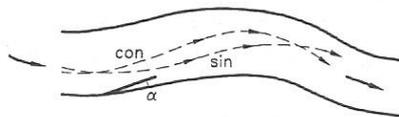
Con este método se busca darle al río un trazado de suaves curvas alternadas. Se puede decir que generalmente las orillas cóncavas son las que guían la corriente y si esto se cumple, las obras de la orilla inferior, es decir, la convexa, no es necesario construirlas. Si esto no se cumple, quiere decir que la margen se separa de la corriente, y será necesario utilizar otro elemento convergente para guiar llamado deflector.



*Uso de espigones y diques longitudinales para formar suaves curvas alternadas*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

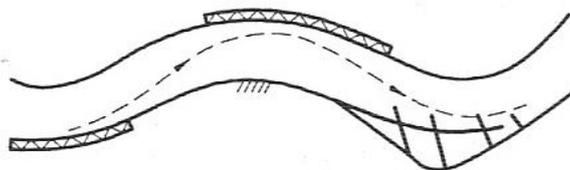
Los espigones como deflectores también han sido utilizados para dirigir el flujo y generar consecuencias deseadas aguas abajo como promover la erosión de algún sector del cauce para aumentar el calado, lo cual trae como consecuencia sedimentar en otras áreas, esto es con la finalidad de mejorar el canal de navegación y la posibilidad de ubicar un puerto.



*Espigón con función de deflector de la corriente.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

La inestabilidad real de las orillas producida por los procesos fluviales y por la mecánica de los suelos nos lleva a una variedad de modos y ritmos de erosión de orillas. Por ello, las obras de defensa de orillas son muy variadas. La defensa de las orillas en los ríos meandriiformes usualmente se efectúa para impedir la erosión en la orilla exterior o cóncava ya que es la más expuesta a la erosión por la naturaleza de la corriente y del flujo en curva. Esta protección se ejecuta mediante obras de revestimientos longitudinales de la orilla, que podrían ser diques longitudinales, mediante obras transversales utilizando espigones y se puede dar el caso de utilizar ambas obras, es decir, tipo mixto, en casos donde la curvatura de la orilla presenta un ángulo muy pronunciado, se suaviza mediante la combinación de diques longitudinales y espigones sumergibles y posiblemente permeables.



*Defensa y corrección de márgenes*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

- **Diques longitudinales.**

Los diques longitudinales, son otros tipos de encauzamiento compuesto por diques, generalmente de baja altura, alejados del cauce principal, cuya función es aumentar el nivel de las aguas sobre la cota que alcanzarían en condiciones naturales, y de esta manera se incrementa el calado de la sección

y su capacidad de desagüe; esto trae como consecuencia, la disminución del riesgo de inundación en la zona comprendida entre los diques.

*“El dique longitudinal define la línea de la orilla deseada. Los espigones reducen la velocidad de la corriente en el lóbulo de la curva rectificadas y favorecen la colmatación de los alvéolos. Los espigones sumergidos de menor altura, que cruzan la línea del dique, a veces llamados barreas sumergidas, tratan de impedir la erosión local al pie del dique longitudinal o incluso desplazar el thalweg”.* (Martín Vide, 2008).<sup>156</sup>

Cabe considerar, por otra parte que esta solución incrementa de manera sustancial los problemas del drenaje normal de la cuenca adyacente al área intervenida, hacia el río, proceso que en el tramo intervenido han sido controlados por los diques, por lo que requiere la construcción de otro tipo de obras hidráulicas que lo resuelva.

- **Escollera o enrocado.**

La escollera o enrocado, son estructuras no monolítica, permeables que funcionan por gravedad *“...es la unidad formada por la agrupación de elementos pétreos naturales, generalmente procedentes de una cantera...”*. (Martín Vide, 2008).<sup>157</sup> Su estabilidad la proporciona el peso propio de las rocas y de la estabilidad en el solape entre ellas, porque no se le aplica ninguna mezcla o pegamento. Por ser estructuras independientes, su funcionamiento es por gravedad, y es de poca resistencia por no ser monolítica, se pueden hacer estructuras independientes como espigones o traviesas, sin embargo, su mayor uso es como defensa o protección de otra estructura como un dique longitudinal de tierras impermeables o la orilla de un cauce, aunque debe señalarse que todos los taludes y las orillas deben ser estables geotécnicamente, ya que su función no es resistir al empuje de la tierra, es impedir la destrucción de las orillas por la acción de la corriente del río, aprovechando su resistencia al arrastre debido a su peso y al engranaje entre

---

<sup>156</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 125.

<sup>157</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F. Op. Cit.pp. 215.

ellas al ser colocadas, acción llamada imbricación. Otro uso de la escollera es como protección puntual a un riesgo de erosión.

La escollera como conjunto es flexible lo cual es una ventaja si se produce un asentamiento en el dique o se genera un descenso del fondo del cauce por erosión. Con una de estas fallas los elementos del conjunto se desplazan un poco y luego se reacomodan adaptándose a la nueva condición, pero no se produce ninguna fractura en la escollera por ser una estructura no monolítica. Sin embargo, la escollera presenta un inconveniente por ser una superficie macrorugosa, ella genera turbulencia en sus inmediaciones.

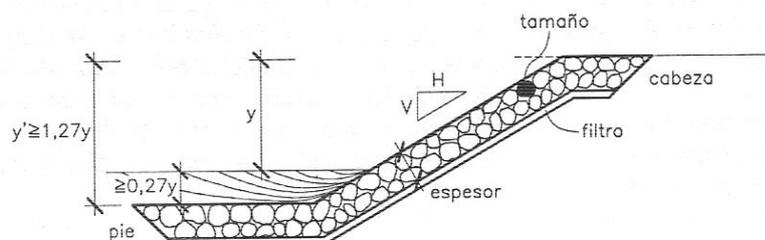
La granulometría de las rocas de la escollera no es uniforme, por ser producto de una cantera. Esta variedad de tamaño es conveniente para su colocación en el sitio, su engranaje entre sí y para su funcionamiento como conjunto. También favorece a la impermeabilidad la cual es alta y elimina las presiones intersticiales.

Una de las fallas más frecuentes en las escolleras es el derrumbe por el descalce debido a una deficiente cimentación. “...*Un talud de escollera debe continuarse enterrado en el cauce hasta la profundidad adecuada frente a la erosión...*”.

(Martín

Vide,

2008)<sup>158</sup>



*Característica de una protección de escollera.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

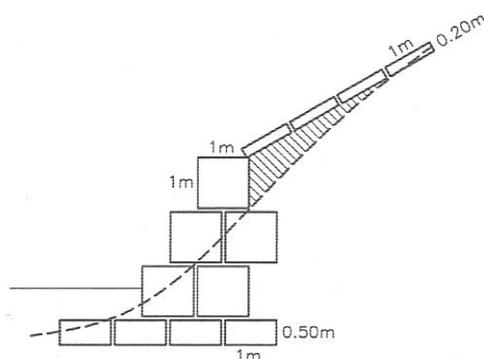
Para evitar la migración y la pérdida del material de sustrato por la acción hidrodinámica ejercida por el agua intersticial, es conveniente asentar el conjunto sobre un filtro con material granular o sintético. Al perder el sustrato, la escollera pierde su utilidad, porque se hundiría en el fondo del río.

<sup>158</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 217.

- **Gaviones.**

Los gaviones consisten en una cesta de alambre con forma generalmente de un paralelepípedo, relleno de rocas o cantos. En conjunto son estructuras capaces de resistir por gravedad. Los paralelepípedos se colocan en hiladas de forma ordenada, apoyadas unas de otras y unidas entre sí con alambre galvanizado. Su utiliza en la construcción de diques longitudinales o espigones y puede ser utilizado como contención de tierra porque puede resistir su empuje.

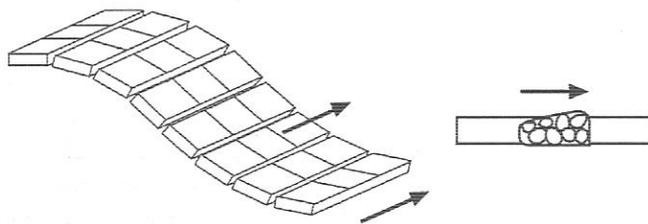
En base a sus dimensiones, según Juan Martín Vide, existen tres modalidades, los gaviones de cuerpo cuyas dimensiones son de 1 mt x 1 mt x 4 mt de longitud. Los gaviones de base son los que tienen una altura de .50 mt y son utilizados en las cimentaciones o zócalo del conjunto. Y finalmente los gaviones de coraza o revestimiento cuya altura es de .20 mt o de .30 mt y son utilizados alineados recubriendo alguna superficie sin gravedad estructural.



*Características de una protección con gaviones, combinando sus tres modalidades<sup>(4)</sup>.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

El gavión de coraza por su esbeltez puede deformarse al sufrir la acción de la fuerza de la corriente del río, sin embargo para ejercerle una resistencia complementaria se le colocan elementos llamados diafragmas, los cuales van en sentido perpendicular a la dirección de la corriente.



*Gavión de coraza con diafragmas y corte longitudinal de un gavión deformado*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Por ser estructuras permeables, es necesario colocarle filtros con material granular, a fin de evitar la pérdida de sustrato y el hundimiento del gavión. Igualmente en conjunto puede adaptarse a pequeñas erosiones del cauce o a asentamientos del sustrato por ser una estructura moderadamente flexible.

Los gaviones no son estructuras perennes ni temporales, tienen una vida útil de aproximadamente 25 años. Por ser unas cestas de alambre galvanizado su amenaza más importante son el vandalismo, la abrasión por la arena que transporta la corriente y la corrosión por el agua.

### **Los encauzamientos en los tramos urbanos.**

La causa principal de los encauzamientos de los ríos en los tramos urbanos es para proteger la ciudad del peligro de las inundaciones. Posteriormente, la presión ejercida por el crecimiento de la ciudad, va disminuyendo el espacio fluvial hasta confinar el río en una caja de concreto con construcciones a los lados y en algunos casos el encauzamiento es tal que desaparece de la trama urbana bajo avenidas y edificios hasta llegar a su desembocadura.

En ocasiones se embaulan las quebradas en los tramos urbanos, con el fin de ganar espacio a la ciudad, demostrando un desprecio al río. Estas intervenciones radicales producen el ocultamiento del cauce y como consecuencia, la quebrada deja de ser atendida, siendo las cosas así, resulta claro que al producirse una pérdida de capacidad de transporte o una obstrucción será difícilmente detectable a tiempo. Con el embaulamiento se

elimina una de las funciones de los procesos fluviales del fondo como lo es el descenso del cauce por la erosión general, por lo cual se modifica la condición del caudal y se elimina el drenaje del río al acuífero aluvial.

Cabe considerar, por otra parte, la tendencia actual de algunos gobiernos locales o regionales de los países desarrollados hacia la transformación de los ríos en sus tramos urbanos en áreas de recreación y parques públicos. Demostrando un cambio de actitud de aprecio hacia los ríos y su paisaje fluvial y por la calidad del agua. Es típico ver en esas administraciones planes propiciados por el Estado de encauzamientos de ríos con unos límites y una función hidráulica claros como un trazado estable, una capacidad de desagüe determinada, y orillas resistentes sin construcciones permanentes por ser áreas de protección, llamadas “zonas de policía”<sup>159</sup> Martín, J. (2008). Dada la escasez de espacios libres en las ciudades es lógico que estos espacios fluviales sean incorporados a la trama urbana, pero con criterios conservacionistas, es por ello, preferible contar con un espacio fluvial restaurado en el cual su río se encuentre en forma natural y no encauzado con materiales duros desde el cauce hasta las orillas.

- **La canalización del tramo urbano.**

La canalización del río en un tramo urbano es la construcción de una serie de obras fluviales, para delimitar la sección transversal del cauce en espacios relativamente más contraídos y generalmente se ejecuta con muros longitudinales, aunque pueden ir acompañadas por otras obras de protección puntuales como los revestimientos, los refuerzos, los espigones, etc.

Estas obras garantizan la estabilidad del cauce y frecuentemente aumentan la capacidad de transporte durante las avenidas, mediante la profundización del lecho. La utilización de estas obras fluviales son apropiadas para los encauzamientos en los tramos urbanos, especialmente cuando las ciudades han crecido tanto a lo largo y ancho de los espacios fluviales que

---

<sup>159</sup> ZONA DE POLICÍA. Es una franja con limitación al uso del suelo para no dificultar o impedir el flujo (así, podría ser suelo destinado a horticultura, pastos, jardines, estacionamientos, etc.). Esta limitación la dicta la Administración Hidráulica, la cual puede modificar también la anchura de 100 mts, pues las características de distintos ríos puede ser muy diferentes.

dificulta ampliar la sección natural de los cauces, a causa de la revalorización que han adquirido los terrenos, durante el proceso de urbanización.

Los efectos de estas obras fluviales sobre el equilibrio y la evolución del cauce, al reducir la sección transversal del cauce natural son el aumento de la velocidad, y el aumento de la capacidad de transporte de sedimentos, y como consecuencia,

*“...el efecto inicial será una erosión ligera en el tramo canalizado, que está protegido, y más fuerte aguas abajo, contra una sedimentación aguas arriba; posteriormente, cuando se estabilice el cauce, la pendiente longitudinal del río será la misma aguas arriba y más suave que la anterior en el tramo en cuestión pero, en ambos casos, el lecho estará más bajo que el inicial; el efecto aguas abajo se difuminará en una distancia mucho menor”.* (Herrera & Marín, 2000).<sup>160</sup>

Los revestimientos de las orillas en concreto armado o canalización se construyen para aumentar la profundidad del caudal con el fin de reducir el riesgo de inundación, *“aumentado la capacidad hidráulica total, reduciendo la fricción y confinando los caudales en un solo canal”.* (Organización Meteorológica Mundial., 2006)<sup>161</sup>

Con la canalización se simplifica la morfología del cauce y su borde en la llanura de inundación, homogeneizando y enderezando el cauce y de esta manera elimina su interacción con su orilla y sus humedales. Con este revestimiento pierda la rugosidad lo que genera el aumento de la velocidad del agua y por ende la fricción. Por consiguiente, el reducir los riesgos de inundación en un tramo del río, agrava el riesgo en tramos aguas abajo.

La canalización genera consecuencias negativas al ambiente, entre ellas podemos citar la eliminación de los bancos de sedimentos y la estructura de rápidos y pozas que son vitales para algunas especies acuáticas. Los bordes

---

<sup>160</sup> Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm)

<sup>161</sup> Organización Meteorológica Mundial. (2006). *Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas. Tiempo-Clima-Agua. APFM. Documento Técnico Nº 3. Serie Políticas de Gestión de Crecidas*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_environmental\\_aspects\\_Sp.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_environmental_aspects_Sp.pdf).

rectos y de material duro eliminan hábitats para los organismos que se desarrollan entre los sedimentos de las orillas.

- **Revestimiento de canales.**

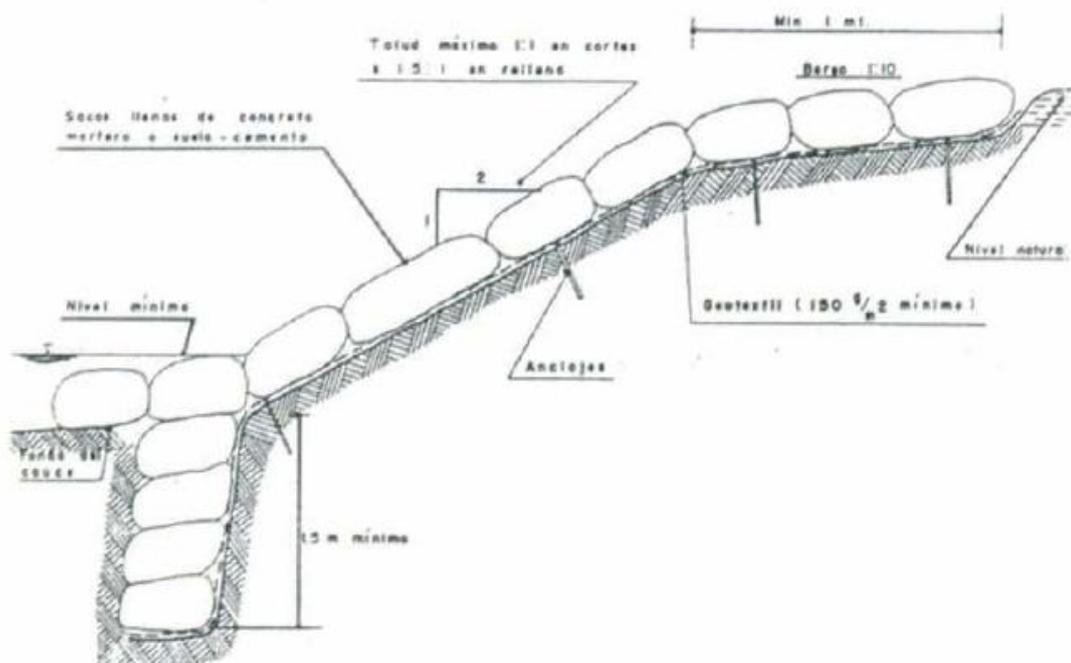
Existen varias técnicas de revestimiento de canales que funcionan como pantallas de protección contra el flujo con diversos tipos de materiales, que deben ser resistentes a la velocidad de arrastre y que impidan la socavación del fondo y su posterior derrumbe. Algunas de ellas las describiremos seguidamente:

Revestimiento con arcilla, elaborado con capas de arcilla hasta 30 cts. de espesor, sobre la cual se siembran arbustos y pastos. Es utilizado en taludes de arenas, gravas o limos limpios bajo el riesgo de erosión aún con corrientes a baja velocidad.

Revestimientos con cemento en suelos estabilizados, es efectivo en suelos arenosos y no en los arcillosos porque no alcanza a producirse el endurecimiento adecuado.

Revestimientos con cal hidratada en suelos estabilizados, en secciones de 30 a 60 cts. de ancho y compactadas a pisón para lograr una capa de 15 cmt de espesor. Su utilización es solo en suelos arcillosos ya que facilita la cohesión del suelo, transformándolo en suelos no erosionables.

Revestimiento con bolsacreto, son sacos rellenos con material del suelo o una mezcla de éste con cemento, colocados sobre una malla geotextil en taludes de pendientes 1:1. La base inferior se profundiza 1,5 mts mínimo por debajo del nivel de agua. A fin de mejorar el anclaje, se colocan cabillas enterradas en el suelo atravesando el bolsacreto.



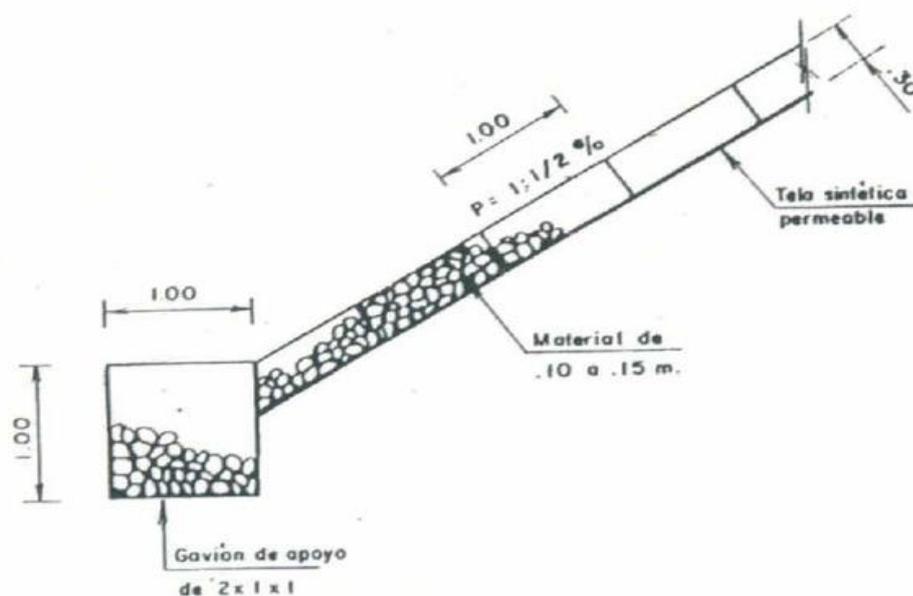
#### Protección con bolsacreto.

Fuente: anónimo. Documento en línea Erosión en corrientes de agua.

Revestimiento con colchacreto, son dos capas de geotextil cosidas formando sacos con un espesor variable entre 8 y 30 cmt, con concreto, mortero o lechada de cemento en su interior.

Revestimiento con enrocado, como su nombre lo indica consiste en la colocación de mínimo dos capas de cantos de roca colocados sobre el talud a todo lo largo de la orilla, con una cama de grava o de manto geotextil. Como variante a este revestimiento se puede señalar el mismo enrocado con una protección de malla de alambre en su parte superior, anclada con pines de acero.

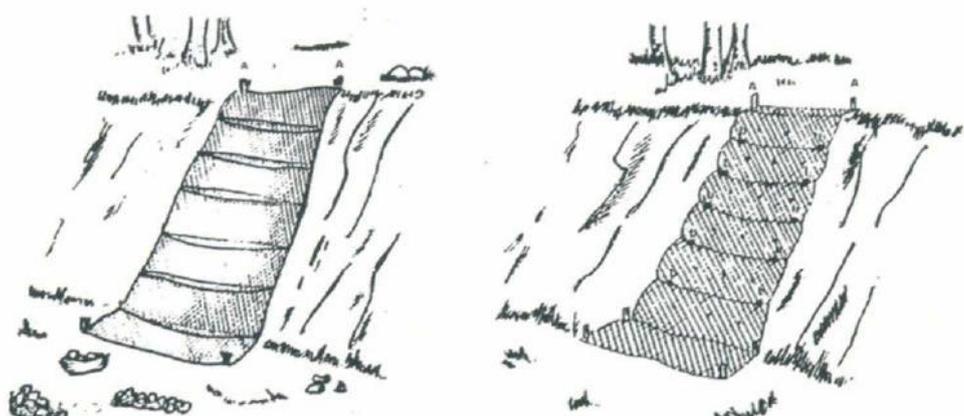
Revestimiento con gaviones, es el recubrimiento del talud de las orillas con losas de gaviones de 1 mt<sup>2</sup> cuyo espesor varía según la pendiente del talud, para taludes con pendientes de 1:1/2, el espesor será hasta 30 cmt y para taludes con pendientes hasta 1:1, el espesor será de 50 cmt. En la base del talud bajo el nivel de agua se coloca como apoyo un gavión de 2x1x1 mt con el fin de controlar la socavación.



Protección con losas de gaviones.

Fuente: anónimo. Documento en línea Erosión en corrientes de agua.

Revestimiento con coraza metálica, es una estructura formada por dos telas metálicas y se colocan entre ellas grava o canto rodado de dimensiones pequeñas. En la parte superior se cose una bolsa de tela o de geotextil cocido recubriéndola por completo, creando compartimientos de 2 mt de largo, con un ancho variable entre 85 cmt y 1 mt, una vez rellena su espesor queda en 15 cmt. Su función es disminuir la tracción producida por el flujo.



Revestimiento con coraza metálica

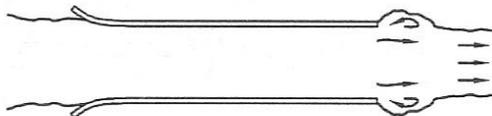
Fuente: anónimo. Documento en línea Erosión en corrientes de agua.

- **Principios y funcionalidad de los encauzamientos.**

Ya habíamos comentado que los cauces son sistemas dinámicos en sentido espacial y temporal, por ello Juan Martín Vide propone el principio de la “totalidad” el cual lo explica de esta manera:

*“...una obra de encauzamiento parcial puede engendrar mas inestabilidad que la protección que se pretende con ella. Así puede ocurrir con un encauzamiento corto: a la salida del tramo se recuperan las condiciones anteriores y esta transición brusca (a causa de su macroturbulencia) puede ser más destructiva que el flujo del que nos defendíamos, tanto más cuanto mayor es la diferencia de velocidades y si no hay transiciones suaves de comienzo y fin de la obra...”* (Martín Vide, 2008)<sup>162</sup>.

Por razones presupuestarias es común que algunas administraciones, dividan en fases las obras de encauzamiento y se efectúan en años sucesivos, en la cual cabe la posibilidad la suspensión de alguna fase del proyecto por falta de presupuesto. Dado los riesgos explicados por Juan Marín y descritos en la cita anterior, es importante visualizar el río como una unidad y sus actuaciones deberían respetar dicha unidad.



*Fig. 4.59 Transición suave con empotramiento en el terreno (izquierda) y problema de macroturbulencia (derecha), en un río visto en planta.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Otro principio que propone el Ing. Juan Martín Vide es el de “complementariedad”, en el cual explica que cada actuación tiene su reacción en otro punto del cauce, es decir, la limitación de la anchura puede influir en el

<sup>162</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 145.

descenso del fondo, la defensa de una orilla en la erosión del lecho, el control de la erosión en el cambio de pendiente.

Como conclusión de estos dos principios podemos señalar que tienen una idea común, el traslado a otro punto el problema que se busca resolver.

Al analizar la funcionalidad de estos métodos podemos diferenciarlos porque el revestimiento de la orilla se utiliza para resistir la acción erosiva del agua, solo la protegen fijando la orilla definitivamente y no le restan la sección hidráulica al cauce. En cambio, los espigones protegen la orilla pero también transforman la acción del agua, al moderar su velocidad, desvían la corriente principal al separar de la orilla el “thalweg” o punto más profundo del cauce debilitando la corriente secundaria.

### **Los encauzamientos como fijación de un cauce estable para el río.**

Los cursos fluviales tienen una dinámica que pueden generar consecuencias catastróficas físicas y materiales para las poblaciones, entre ellas podemos señalar algunas como inundaciones, deslaves o fallas en las obras de infraestructura como puentes y obras de encauzamiento. Para evitar estos problemas es necesario conocer la dinámica y el comportamiento del río. Entre las variables que debemos conocer se encuentran el caudal circulante, el transporte de sólidos, el material y la pendiente del lecho. Podemos suponer que estas variables se mantienen constantes para que el río se encuentre en equilibrio, sin embargo, puede perder esa condición debido a la alteración de alguna de ellas por efectos de fenómenos naturales o de alguna intervención antrópica. En estos casos el río evoluciona y restablece el equilibrio variando el resto de las variables, a través de procesos erosivos o de acreción, generando graves consecuencias. Entre las obras fluviales utilizadas para la fijación de un cauce estable se encuentran las traviesas y el acorazamiento del fondo.

- **Las traviesas.**

Las traviesas son estructuras de concreto armado cuya utilización está basada en la búsqueda de la estabilización y el control de fondo de un río, con el objeto de proteger de la erosión a largo plazo a otras obras de encauzamiento construidas en el río, retardando el descenso de la cota del

perfil de fondo. En otras palabras, con esta obra se busca evitar el colapso estructural de otras obras de encauzamiento o de obras de infraestructura como puentes ya que el nivel de fondo del lecho no debe alcanzar el nivel de cota inferior de las fundaciones de dichas obras.

Las traviesas se construyen en el fondo del lecho a ras de la cota de fondo o que apenas sobrepase ese nivel, en sentido perpendicular a las orillas y a todo lo ancho del cauce. También se construyen de escolleras estabilizadas con concreto, para buscar el menor impacto ambiental, se integra mejor al contexto, es permeable y además es más conveniente para la creación de hábitats.

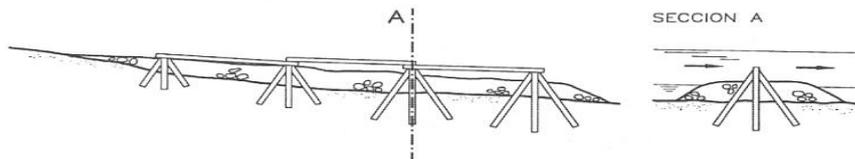
- **Acorazamiento del fondo.**

El acorazamiento del fondo, es la otra obra fluvial utilizada para la fijación de un cauce estable y consiste en reforzar el lecho con material granular de tamaño adecuado, debidamente asegurado, que no pueda ser transportado como carga de fondo por las corrientes del río. Su función es controlar la geometría del cauce. Se puede dar el caso de su formación de manera espontánea, ya que la dinámica del río produce tramos acorazados en forma natural.

#### **Encauzamientos con materiales de desecho.**

Como material de desecho se ha venido utilizando en las obras fluviales de revestimiento los neumáticos de vehículos, colocados ordenadamente y cocidos, anclados en el suelo y rellenos de tierra. Este método ha dado buen resultado a la agitación del agua y frente a pequeños oleajes causado por la navegación fluvial. Otro material utilizado para el revestimiento es el suelo-cemento, material utilizado cuando falta la piedra.

En la construcción de espigones se han utilizados pilotes o estacas clavados en el suelo en agrupaciones formando trípodas, unidos entre sí por largueros y colocando luego rocas para formar escolleras a su alrededor. Los trípodas en algunos casos son sustituidos por unos entramados metálicos tridimensionales.



*Construcción de un espigón con un esqueleto de pilotes y escollera.*

*Vista lateral y frontal.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

### **Encauzamientos con materiales de construcción.**

Algunas técnicas y materiales de construcción se utilizan para la fabricación de muros de encauzamiento, entre ellos se encuentran los muros de concreto en masa y armados, muros prefabricados en concreto, muros de tierra armada, el tablestacado y los llamados bolsacretos o colchacretos, es decir, sacos con mezcla de tierra y parte de cemento, que al fraguar le da consistencia y dureza. Por su forma lisa y generalmente oblonga ofrece menor resistencia y estabilidad que las rocas en la escollera; ya descritos como revestimiento de taludes.

Entre las principales obras para la protección de la acción erosiva del río, construidas sobre la base de concreto, describimos los siguientes:

Muros de concreto ciclópeo, son de forma longitudinal, de dimensiones variables en función al caudal máximo de diseño y el nivel de socavación. Para su construcción se utiliza material de río.

Muros de concreto armado, son construidos con armadura de hierro y son de dimensiones menores que los muros de concreto ciclópeos.

Dados, son cubos de concreto de 1,0 a 1,5 m de lado, construidos in situ y superpuestos entre si con la ayuda de maquinaria pesada. En su construcción se utiliza material del río. Una ventaja en el proceso de construcción es que, conforme se van hundiendo, puede colocarse encima otra pieza, hasta que se estabilizan. Son estructuras que trabajan por gravedad

Tetrápodos, son estructuras individuales que se asemejan a un “Yack” por apoyarse en sus cuatro brazos. Son empleados como disipadores de energía y permiten un control de la erosión hídrica.

Losas, son de concreto armado que se colocan en la cara húmeda del dique trapezoidal y espaciados entre sí.

### **Encauzamientos con plásticos especiales.**

Los tejidos geotextiles, son láminas formadas por materiales fabricados a partir de varios tipos de polímeros derivados del petróleo como el poliéster o polipropileno y unidas de diversas formas formando un fieltro homogéneo. Son materiales flexibles y permeables a los fluidos, capaces de retener partículas de suelo mayores que el tamaño de sus poros. Es por ello, que los geotextiles se pueden utilizar para evitar la erosión en diversas aplicaciones, confinando la granulometría fina y dejando libre la circulación del agua, posteriormente estos geotextiles se revisten con otro material granular preferiblemente que no cohesione a fin de permitir la permeabilidad. Se utilizan para satisfacer las siguientes funciones: como tratamientos de riberas fluviales, como barrera contra la erosión de suelos, como manto para drenaje, en reemplazo de estratos de material granular; refuerza el suelo, mejorando sus cargas últimas; permite la construcción de taludes de gran inclinación, inclusive de muros verticales de gran altura. En el caso de un muro verde de contención se utilizan mantos geotextiles de alta resistencia a la tracción a fin de resistir el empuje del terreno.

Las geomallas, son estructuras tridimensionales pero con la característica de ser mono o bi-orientadas, fabricadas en polietileno de alta densidad, utilizando un proceso de extrusión. Tienen una mayor adherencia al terreno y una mayor durabilidad en el medio que los geotextiles. Se utilizan en la protección de muros de contención y de terraplenes.

Las geomembranas, son láminas poliméricas impermeables a fluidos y partículas, fabricados en cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta o baja densidad (PEAD/PEBD) tiene como función revestir canales, lagunas, depósitos de agua, además controlan la erosión. Se instalan en depósitos de concreto o acero, de cualquier dimensión y es útil para confinamiento de químicos, residuos sólidos o químicos e industriales, así como también, ayuda a prolongar la vida útil de los tanques. Se utilizan para protección de la erosión.

Los geocompuestos, son láminas utilizadas concretamente para estabilización de suelos donde se requiere tanto el refuerzo como la separación de gradientes, es decir, una base granular y un subsuelo muy fino. Uniendo un geotextil no tejido a una geomalla, permite una gran interacción con el suelo reforzado, completa la separación de los diferentes tipos de suelo, ejerce una efectiva acción de filtración, presenta una gran resistencia a la tensión como un alto módulo elástico, ofrece una gran resistencia a los daños durante la instalación y un excelente comportamiento a los agentes atmosféricos.

Las geoceldas, son sistemas tridimensionales de retención celular fabricados en paneles de polietileno o polipropileno. Son muy resistentes para el confinamiento de cargas y se utiliza para aumentar la capacidad de carga del suelo, sin generar problemas de contaminación beneficiando al entorno ecológico. Se utilizan en protección de taludes y en protección de suelos áridos.

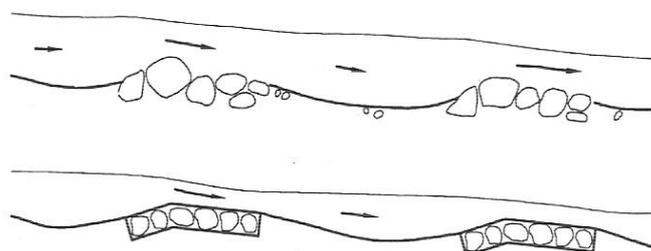
#### **Encauzamientos con materiales vegetales.**

Entre los materiales vivos formados a partir de material vegetal, utilizados para las obras fluviales tenemos los troncos, las ramas y el ramaje menor, atado en fajinas, cestones o gaviones de enramado. Hay materiales concebidos para envolver tierras y constituir cordones o tubos de tierra, más consistentes o más impermeables, como las mantas de fibra de coco que utilizan para envolver tierra o es utilizada en contra la erosión de suelos, estos tienen la propiedad de ser biodegradables, los cuales desaparecen una vez crecida la protección en vegetación. Estas técnicas las describiremos más adelante.

#### **Restauración fluvial con métodos tradicionales.**

En un río encauzado se puede propiciar buenas propiedades para sustentar una comunidad biológica del mismo modo que un cauce natural. Cuando el río no está deteriorado, presenta una diversidad física en el cauce que genera una diversidad de hábitats. De eso se trata la restauración fluvial, crear las condiciones físicas necesarias para la vida en el río, siguiendo los parámetros de velocidad, profundidad, temperatura, entre otros, que determine el biólogo en un trabajo interdisciplinario.

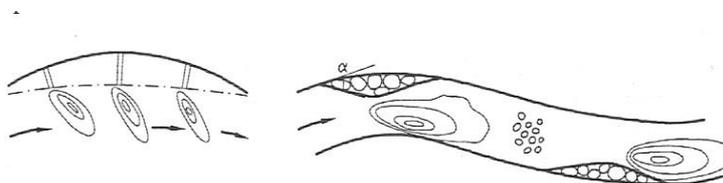
En un cauce de aguas altas al crearle una sinuosidad semejante a los meandros naturales se fomenta la diversidad física. Generar espacios que sean interesantes para la vida acuática al modificar su perfil de fondo con partes hondas y superficiales, es decir, remansos y rápidos.... “Esta morfología del fondo puede forzarse, en cauces sinuosos, colocando grupos de bolos o bien un sistema de traviesas de suave pendiente (los rápidos), cuyos fosos de erosión local son los remansos”... (Martín Vide, 2008)<sup>163</sup>. Los bolos naturales o artificiales producen una variedad de corrientes a su alrededor, zonas estancadas, corrientes desviadas, irregularidades, recodos o huecos que pueden ser microhábitat o un refugio para peces.



*Bolos artificiales (arriba) y traviesas (abajo) para crear remansos y rápidos.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Con el uso de espigones y deflectores se consigue el mismo principio, se aprovechan los fosos de erosión local como pozos y las orillas contrarias se sedimentan acentuando la sinuosidad.

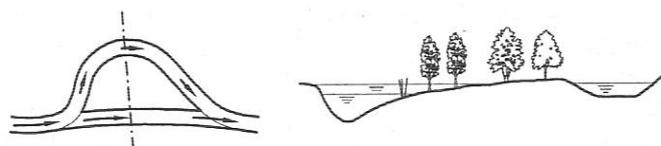


*Fosos de erosión local en espigones (izquierda) y deflectores.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

<sup>163</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 139.

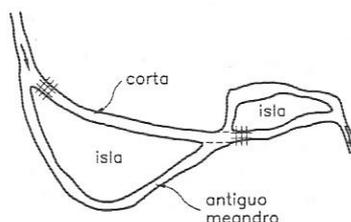
Se puede lograr la compatibilidad entre los métodos tradicionales de actuaciones en ríos y el respeto a la diversidad, es decir, para evitar las inundaciones en los ríos meándricos, se han efectuado cortes artificiales a los meandros, para generar un cauce recto directo aguas abajo, ahora bien, este cauce recto artificial se puede ejecutar para que funcione como aliviadero en las avenidas mientras que por el meandro siguen circulando las aguas bajas y altas.



*Corte de un meandro como cauce de avenidas*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

El análisis precedente se ha aplicado con éxito en la restauración de meandros que habían sido eliminados en el pasado, según Martín, J. (2008), en estas obras de rehabilitación o recuperación fluvial se bloquea el cauce recto corto a una cota que permita el flujo de las avenidas y se abre el flujo hacia el viejo meandro, de este modo, se puede recuperar la cualidad del hábitat fluvial y reducir aún más el riesgo de las inundaciones ya que son dos canales por donde circularía el flujo de avenida.



*Rehabilitación de un meandro cortado, tapando a cota desbordable el cauce acortado.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Todas estas obras de rehabilitación y recuperación fluvial deben estar acompañados de la revegetación con especies autóctonas o endémicas ya que

beneficie a la recuperación de los bordes fluviales y aumenta la biodiversidad aunque sufren las consecuencias del tránsito de avenida.

### **Consideraciones finales.**

Las obras de encauzamiento tradicional de ríos, como la corta de meandros, el aumento de la sección de los cauces por limpiezas y dragados, la creación de motas artificiales, la extracción de áridos y remoción de la vegetación de riberas han empobrecido la biodiversidad de los ecosistemas. Estas actuaciones eran las únicas posibles para resolver situaciones de protección de poblaciones pero hoy en día, su utilidad o beneficios reales son muy dudosos. Las escolleras con taludes no verticales, por ejemplo, es el procedimiento más usual para realizar los encauzamientos, tanto en tramos urbanos como en rurales. El resultado obtenido son ríos como canales, homogéneos y aparentemente mansos, con el fin de evitar los efectos de las riadas y reducir las inundaciones cuando llegan las épocas de lluvias.

El origen de las inundaciones y de la erosión del río sobre las orillas es la invasión del dominio público hidráulico por obras públicas y privadas, al igual que ciertas prácticas agrícolas o de explotación del río de forma inadecuada, como la deforestación de las riberas, sin tomar en consideración que esta vegetación tiene como función estabilizar las orillas para evitar la erosión y contribuir a filtrar la contaminación, además de servir de refugio, sombra y alimento de la fauna asociada a los sistemas fluviales.

La actuación de un río en un tramo urbano lo transforma en un tramo absolutamente artificial, y la presencia de este tramo en el recorrido del río afecta indudablemente a los ecosistemas naturales; siendo las cosas así, resulta claro que al ser necesario utilizar este tipo de solución se deberán analizar las consecuencias totales sobre el río y efectuar procedimientos que disminuyan los efectos negativos o, en todo caso, compensar dichos efectos negativos ejecutando acciones complementarias en otros tramos. De allí pues, que es recomendable prever los procedimientos mediante los cuales, en circunstancias hidrológicas normales, el cauce esté siempre ocupado por el agua, y en épocas de avenidas, controlar el caudal de desagüe ya que el efecto que produce de lámina de agua es de gran valor escénico e incluso recreativo

para ser integrado al paisaje de la ciudad. En algunos casos estas obras fluviales han servido para crear unas zonas de uso lúdico las cuales han constituido un verdadero parque fluvial al lograr integrar el cauce en el contexto inmediato, conformando, además el cauce para desaguar las avenidas.

Mediante un encauzamiento se crea una vía de circulación del agua, determinada por las necesidades del hombre, por ser más estable, más regular o tener mayor capacidad, pero el riesgo hidrológico, como el de las inundaciones, igual se mantiene.

Para efectuar encauzamiento de ríos en zonas urbanas es necesario buscar la posibilidad de establecer una relación no destructiva entre el desarrollo urbanístico (la creación humana artificial por excelencia) y un medio natural, el río, en una época en la que la toma de conciencia de la sociedad en los países desarrollados, en relación con la conservación ambiental ha impuesto importantes cambios en las concepciones y tipologías de las infraestructuras fluviales.

## **MÉTODOS BIOTECNOLÓGICOS.**

Los cauces fluviales en condiciones naturales, se desplazan por la llanura de inundación hasta su desembocadura, modificando constantemente su cauce y sus áreas fluviales. En una persistente interacción entre todos los elementos que constituyen el sistema fluvial modifica las características físicas del río, mediante el dinamismo de sus procesos fluviales y va creando diferentes hábitats para las comunidades bióticas estableciendo un equilibrio entre ellos. Como parte de esos procesos fluviales se encuentran las inundaciones generadas por el incremento temporal del caudal, estas crecidas producen cambios morfológicos al cauce, crea nuevos hábitats, moviliza material sedimentario, mantiene los humedales y almacena el agua en la llanura de inundación hasta que percola hacia el subsuelo. En otras palabras, en un río en condiciones naturales, las inundaciones forman parte del equilibrio ecológico de los ecosistemas fluviales.

El origen de las inundaciones y de la erosión del río sobre las orillas en las zonas urbanas y periurbanas se deben a la invasión del dominio público

hidráulico por obras públicas y privadas, al igual que ciertas prácticas agrícolas o de explotación del río de forma inadecuada, como la deforestación de las riberas, sin tomar en consideración que esta vegetación tiene como función estabilizar las orillas para evitar la erosión y contribuir a filtrar la contaminación, además de servir de refugio, sombra y alimento de la fauna asociada a los sistemas fluviales.

Las obras fluviales estructurales tradicionales para el control y protección de las inundaciones, alteran los procesos fluviales y como consecuencia dificulta los procesos ecológicos y morfológicos que de forma natural venían funcionando y simplifican el corredor fluvial el cual va homogenizando los ecosistemas porque disminuye la diversidad de espacios para la generación de hábitats de una variedad de especies. Es por eso, que resulta importante mantener la estructura y función de los ecosistemas fluviales a fin de no perder la continuidad funcional de los corredores ecológicos.

Las obras de encauzamiento tradicional de ríos, como la corta de meandros, el aumento de la sección de los cauces por limpiezas y dragados, la creación de motas artificiales, la extracción de agregados y remoción de la vegetación de riberas han empobrecido la biodiversidad de los ecosistemas. Estas actuaciones eran las únicas posibles para resolver situaciones de protección de poblaciones pero hoy en día, su utilidad o beneficios reales son muy dudosos. Las escolleras o enrocados con taludes no verticales, por ejemplo, es el procedimiento más usual para realizar los encauzamientos, tanto en tramos urbanos como en rurales. El resultado obtenido son ríos como canales, homogéneos y aparentemente mansos, con el fin de evitar los efectos de las riadas y reducir las inundaciones cuando llegan las épocas de lluvias.

Siendo las cosas así, resulta claro que para ayudar a mantener la salud ambiental de los sistemas fluviales, será necesario considerar en la planificación de las obras fluviales la variabilidad de los procesos fluviales y la vulnerabilidad de los ecosistemas que se desarrollan en estos sistemas con el fin de lograr el equilibrio dinámico dentro del sistema fluvial.

Los métodos biotecnológicos se diferencian de los métodos tradicionales de la ingeniería civil es en el concepto de "obra a ejecutar". En la ingeniería civil

esta obra se refiere a la creación o construcción de infraestructuras que utilizan materiales de construcción con los que se obtienen resultados tangibles. Caso contrario sucede en el ámbito de métodos biotecnológicos, usualmente los proyectos se refieren a sustituir obras existentes agresivas o contrarias a la dinámica natural del río por otras actuaciones menos tangibles, pero integradas a la dinámica fluvial, y que además evolucionan en el tiempo.

Por otro lado, con los métodos biotecnológicos, la elaboración de los proyectos está sujeta a unas condicionantes muy diferentes a los tradicionales, y responde a diseños próximos a los naturales, preocupándose de que en el río siempre este presente “agua” en cantidad y calidad, y de “espacio” para el desarrollo de sus procesos fluviales con los que se pueda reconstruir a lo largo del tiempo su estructura y funcionamiento dinámico. con los métodos biotecnológicos se busca un proceso de recuperación de lo natural, y los proyectos que se emprenden no debe existir el concepto de “obra terminada”, ya que con las intervenciones propuestas se inician o aceleran los mecanismos que van a dar lugar a dicho proceso de recuperación, el cual nunca se terminan porque los ríos y sus riberas van a seguir evolucionando en el tiempo después de la ejecución de estas intervenciones, y es por ello que el proyecto debe tener muy en cuenta dicha evolución.

Hoy en día se pueden ejecutar obras de encauzamientos con soluciones menos agresivas gracias a los avances tecnológicos que hacen posible la integración de las soluciones constructivas con el ambiente, como la protección de las márgenes de los ríos contra la erosión hidráulica con mantos vegetales, como valor añadido de orden ambiental.

### **Recuperación ambiental.**

Para Martín, J. (2008), uno de los objetivos de los trabajos para la recuperación ambiental en los entornos urbanos es la mejora estética por la fuerza de la demanda social y la tarea no muy sencilla de conocer la ecología de un río. La recuperación ambiental del cauce y de los bordes del río, hoy en día se ha convertido en uno de los objetivos de las intervenciones de los ríos en algunos de los países desarrollados.

La sensibilidad de la sociedad sobre el tema ambiental está cambiando desde finales del siglo pasado, se ha comenzado a valorar los ecosistemas y existe un creciente interés por conservarlos y recuperarlos. Para ello existen herramientas como la conservación y la restauración, donde una de sus funciones es el restringir futuras pérdidas ecológicas, mantener los humedales que existen y paralelamente reparar los sistemas naturales afectados.

Son muy amplias las posibilidades que existen para la mejora ambiental de los ríos degradados y no siempre se podrá llegar a recuperar el estado primitivo del río anterior a su degradación con la restauración, ya que ella responde a unos efectos acumulativos procedentes de numerosas actividades humanas, llevadas a cabo en el transcurso de los años y en diferentes puntos de la cuenca vertiente y en diferentes áreas de su red de drenajes. Aparte de, en muchos casos sería muy difícil y costoso eliminar o disminuir estos efectos, por el tipo de actividad antrópica existente. Sin embargo, la verdadera restauración rara vez es posible.

Es por ello, que se plantean otros tipos de intervenciones más sencillas, aunque siempre positivas, para iniciar la recuperación del ecosistema fluvial, aceptando una cierta limitación a su funcionamiento natural o ciertas modificaciones en el objetivo planteado para conseguir el estado primitivo. Dentro de este orden de ideas, y valorando siempre la mejora que podamos alcanzar en el estado ecológico de los ríos con cualquiera de las actuaciones propuestas, es importante diferenciar el significado técnico de la terminología utilizada para dar a conocer en forma explícita lo que se pretende conseguir con los distintos tipos de intervenciones de los ríos degradados. Seguidamente procederemos a describir dicha terminología, las cuales son conceptualizadas por diferentes autores y organismos encargados de llevar a cabo la restauración de ríos y riberas.

- **Conservación.**

Manuel Salvatierra y Ana Nieto la define como el *“...conjunto de medidas tendientes a conservar el buen estado del río y de sus riberas. Deben*

realizarse tanto en el marco de la planificación hidrológica como en el territorial y medioambiental...”. (Salvatierra & Nieto, 2001)<sup>164</sup>

- **Corrección.**

*“Corrección de causas deben contemplarse en el marco de la planificación (hidrológico, forestal, territorial, saneamiento y depuración de aguas residuales...), todas aquellas medidas tendientes a corregir los impactos que las acciones objeto de la planificación puedan ocasionar en los ecosistemas fluviales”.* (Salvatierra & Nieto, 2001)<sup>165</sup>.

- **Mejora.**

La mejora (enhancement) no necesariamente se refiere a la recuperación de su funcionamiento ecológico, más bien está enfocado a la mejora de su aspecto estético, al incremento de su estructura o diversidad física, sin que sean una consecuencia del funcionamiento del propio río. Un ejemplo de esto podría ser la mejora para crear las condiciones necesarias a fin de albergar una determinada especie.

- **Adecuación.**

La adecuación o acondicionamiento se refiere a potenciar un determinado uso del río, siendo muy frecuente la adecuación recreativa de las riberas o el acondicionamiento de las condiciones del río para mejorar su acceso y permitir el uso como balneario, la pesca deportes de aventura, etc.

- **Recuperación.**

*“Recuperación artificial de funciones ecológicas, cuando la rehabilitación del ecosistema fluvial es prácticamente imposible debido a que la degradación es muy elevada y las causas no pueden eliminarse, se deben de proyectar actuaciones alternativas que, en la medida de lo*

---

<sup>164</sup> Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

<sup>165</sup> Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

*posible, reduzcan los efectos o funciones que éstos generaban con anterioridad a ser deteriorados”.* (Salvatierra & Nieto, 2001)<sup>166</sup>

Según Fernando Magdaleno el acondicionamiento o recuperación, es conformado por una serie de actividades que modifican la capacidad biofísica de un ecosistema, de forma que el ecosistema resultante es distinto al que existía antes de la degradación.

La Recuperación es conceptualizada por algunos organismos en los Estados Unidos<sup>167</sup> como una serie de actividades que intentan cambiar la capacidad biofísica de un ecosistema. El ecosistema producido es diferente al ecosistema que existía previamente a la recuperación. Históricamente ha sido utilizado para referir una adaptación de recursos naturales para servir a propósitos utilitarios, como por ejemplo el drenar los humedales para la agricultura.

- **Mitigación o acondicionamiento.**

La mitigación (mitigation) representa la moderación o disminución de la intensidad de los efectos considerados nocivos para el ecosistema, los cuales son generados por las actividades antrópicas. La mitigación con frecuencia lleva a la sustitución (replacement) de un ecosistema por otro, lo que implica la creación de un ecosistema equivalente pero diferente que sustituye al primitivo.

Según estos organismos asociados a la restauración de arroyos en USA<sup>168</sup>, la mitigación, se refiere a las actividades a realizar para compensar o aliviar los daños ambientales. La mitigación podría ocurrir en un área dañada o en cualquier otra área. Esta actuación podría convertir el área restaurada en condiciones aceptables pero no necesariamente como una condición natural, y es con frecuencia un requerimiento permitido no como parte de una restauración sino como la base de un proyecto de restauración.

---

<sup>166</sup> Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

<sup>167</sup> Según tres organismos asociados a la restauración de arroyos en USA, como la National Research Council, 1992; Brookes and Shields, 1996 & Federal Interagency Stream restoration Working Group, 1998. Shields, F.; Cooper, C.; Knight, S. & Moore, M. (2003).

<sup>168</sup> La National Research Council, 1992; Brookes and Shields, 1996 & Federal Interagency Stream restoration Working Group, 1998. Shields, F.; Cooper, C.; Knight, S. & Moore, M. (2003).

Según la Sociedad for Ecological Restoration International (SER) “...*la mitigación es una acción cuya intención es compensar los daños ambientales...*”. (Society for Ecological Restoration International, 2004) <sup>169</sup>. Igualmente señala que en los Estados Unidos, la mitigación es una condición frecuente para el otorgamiento de permisos para proyectos de desarrollo privado y de obras públicas que dañan humedales.

### **Creación o Recreación.**

El termino creación también es utilizado por estos organismos<sup>170</sup>, y la definen como la formación de un nuevo sistema donde no existía uno formalmente, en otras palabras, crear un nuevo humedal.

Según la Sociedad for Ecological Restoration International (SER) creación se refiere a los “...*proyectos de mitigación que se realizan en terrenos completamente desnudos de vegetación...*”. (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>171</sup> Usualmente el proceso destructivo de un ecosistema para algún fin antrópico del terreno degradado trae como consecuencia suficientes cambios en el ambiente como para requerir la instalación de un tipo de ecosistema diferente al que existía. El proceso de creación, que se realiza como ingeniería supervisada o arquitectura de un paisaje, no puede considerarse una restauración porque ésta inicia “...*el desarrollo de un ecosistema conforme a una trayectoria preferida y después permite que los procesos autogénicos guíen el desarrollo posterior sin, o con poca, interferencia humana...*”. (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>172</sup>.

Según el Plan Andaluz de Humedales ejercido por la Conserjería de Medio Ambiente Junta de Andalucía (CMAJA, 2002) “...*la recreación se refiere a proyectos cuyas actuaciones incluyen total o parcialmente la creación de ecosistemas o elementos de estos que no existían antes de la perturbación de origen antrópico...*”. (Junta de Andalucía, 2002)<sup>173</sup>.

<sup>169</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004).

<sup>170</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004).

<sup>171</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004).

<sup>172</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004).

<sup>173</sup> Junta de Andalucía. (2002). *Manual de restauración de humedales mediterráneos*. Recuperado el 8 de septiembre de 2010, de

- **Remediación.**

La remediación (remedation) es una intervención que significa la rectificación o la aplicación de un remedio para mejorar de la condición actual, y es utilizada con mayor frecuencia en los casos de presentar una degradación muy intensa y se espera escasos logros en la recuperación a corto plazo. En estos casos se le da importancia al proceso en sí y no a su mejoría gradual, ya que los resultados se desconocen o son muy inciertos.

La remediación según el Ministerio de Medio Ambiente de España (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008)<sup>174</sup>, esta actuación es aplicada cuando el sistema fluvial está muy deteriorado y su potencial ecológico está muy limitado. Implica la sustitución total o parcial de la estructura del sistema fluvial, por otra que se considere más estética o más favorable para los intereses del hombre en cuanto al uso educativo, recreativo, etc., pero sin tratar de llegar al estado previo a la perturbación.

- **Renaturalización.**

Juan Martín Vide en su libro Ingeniería de ríos define la renaturalización o naturalización cuyo significado es “*restablecer los procesos naturales aunque no sean los originales*”, como problemático, porque el estado natural inicial “*puede no conocerse sino solo conjeturarse*”. Existe la posibilidad de cambios irreversibles ocurrido en el tiempo que impidan la renaturalización como los cambios de usos del suelo en la cuenca como el agropecuario o la urbanización; cambios de usos en la llanura de inundación como obras de infraestructuras; y la regulación de los caudales de forma artificial mediante la construcción de embalses. Es por todo lo anterior que el autor recomienda “*naturalizar los ríos de manera compatible con las nuevas circunstancias*”, de allí pues, que “*en los países más desarrollados se empiezan a demoler presas y a cambiar vías de comunicación para la naturalización de ríos*”. (Martín Vide,

---

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1\\_consejeria\\_de\\_medio\\_ambiente/dg\\_gestion\\_medio\\_natural/biodiversidad/static\\_files/habitat\\_y\\_paisaje/manual\\_humedales/05.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1_consejeria_de_medio_ambiente/dg_gestion_medio_natural/biodiversidad/static_files/habitat_y_paisaje/manual_humedales/05.pdf)

<sup>174</sup> Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Restauración de riberas: Manual para la restauración de riberas en la cuenca del río Segura*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Confederación Hidrológica del Segura. San Vicente de Raspeig. Alicante.:

[http://www.mma.es/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/ons/planes\\_sequia\\_isas/pdf/JUCAR\\_cap.pdf](http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/ons/planes_sequia_isas/pdf/JUCAR_cap.pdf).

2008)<sup>175</sup>. Otros de los objetivos planteados en las obras de encauzamiento para la restauración ecológica son la recuperación biótica y la mejora en la calidad de las aguas como consecuencia de la restauración del medio físico y la eliminación de la contaminación agrícola y urbana.

La naturalización es conceptualizada por algunos organismos en los Estados Unidos como el manejo dirigido para establecer hidrológicamente y morfológicamente, así como estabilizar dinámicamente el sistema fluvial, es decir, capaz de soportarlo saludable biológicamente para los diversos ecosistemas acuáticos.

Desde el punto de vista del paisaje según (Sanchez, Peters, Marquez-Huitzil, Vega, Portales, & Valdez, 2005)<sup>176</sup>, la naturalización o renaturalización comprende la recuperación visual o escénica de un ecosistema a través de la incorporación de elementos autóctonos que conformaron la estructura original del paisaje o bien de elementos exóticos, los cuales deben utilizarse de manera controlada.

- **Rehabilitación.**

La rehabilitación (rehabilitation) de los ríos implica la recuperación un funcionamiento más natural, con una tendencia a lograr que el río luego del proceso de rehabilitación se vaya convirtiendo poco a poco en el río que fue antes de su degradación, aceptando ciertas presiones o impactos antrópicos aunque mucho menor al que existía antes de la rehabilitación.

La rehabilitación según el Plan Andaluz de Humedales ejercido por la Conserjería de Medio Ambiente Junta de Andalucía (CMAJA, 2002) “...se refiere a los proyectos de restauración que no pretenden recuperar las funciones alteradas del sistema ecológico, sino uno o varios elementos singulares de su estructura que, en general, suelen coincidir con poblaciones o

---

<sup>175</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 138.

<sup>176</sup> Sanchez, O., Peters, E., Marquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., & Valdez, M. &. (2005). *Temas sobre restauración ecológica*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México D.F. Libro en línea:  
<http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatuche/PDF/613Capitulos%20en%20Libros/6131Nacionales/6131-32.pdf>.

*comunidades de organismos incluidos en leyes y convenios nacionales e internacionales de conservación...". (Arenas & Montes, 2002)<sup>177</sup>.*

La rehabilitación según el Ministerio de Medio Ambiente (2008) de España, se entiende como una actuación inicial de la restauración, aplicada con frecuencia a los ríos con una situación de partida muy deteriorada, en la cual solo se busca recuperar los procesos del río parcialmente, es decir, generalmente recupera o reincorpora algunos elementos de su estructura. Su objetivo es alcanzar un estado menos degradado que el actual en equilibrio con las actividades humanas presentes y según Fernando Magdaleno, está dirigida al establecimiento de escenarios capaces de albergar los sistemas ecológicos naturales pero no llega al restablecimiento de las condiciones anteriores a la degradación.

Rehabilitación, se refiere al proceso de recuperación parcial de las funciones y los procesos del ecosistema. El proyecto de rehabilitación incluye medidas estructurales y la recuperación asistida. La Recuperación asistida se refiere a la eliminación de las perturbaciones o disturbios y permitir el funcionamiento de los procesos naturales reconduciendo la recuperación de las funciones del ecosistema como los procesos fluviales y la revegetación. La rehabilitación, no necesariamente restablece la estructura previa a la degradación, pero permite la estabilización geológica e hidrológica del paisaje que sostiene el ecosistema.

- **Restauración.**

Cuando hablamos de la restauración de un río estamos reconociendo que hubo un degradación y por lo tanto es conveniente mejorar su aspecto y funcionamiento, tratando de recuperar el estado original y que viene asociado a una condición más natural. Sin embargo, resulta más preciso referirse a la “restauración ecológica ríos” ya que el objetivo fundamental es la recuperación del funcionamiento ecológico del río y sus bordes con su vegetación riparia y el logro de una estructura más natural. Es por ello que Juan Martín Vide en su

---

<sup>177</sup> Arenas, J. M., & Montes, C. &. (2002). *La Restauración de los ecosistemas en el Corredor Verde del Guadiamar*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Conserjería de Medio ambiente de la Junta de Andalucía.: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub\\_revistama/revista\\_ma40/ma40\\_7.html](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_revistama/revista_ma40/ma40_7.html)

libro Ingeniería de ríos define la restauración como *“la vuelta al estado inicial anterior a la perturbación que ha degradado el río”*. (Martín Vide, 2008)<sup>178</sup>.

La restauración nace a partir de que el hombre reconoce la alteración de los procesos que naturalmente rigen a un ecosistema en condiciones prístinas. Las causas principales de estas alteraciones de los procesos en los ecosistemas son derivadas de las actuaciones humanas de forma desmedida, las cuales han traído como consecuencia, entre otras, la pérdida de la biodiversidad, la degradación de los bienes y servicios ecosistémicos (agua, suelo, aire), las transformaciones climáticas, reducción de la calidad de vida por la alteración de la belleza escénica.

La necesidad de la restauración reside en las consecuencias, es por ello importante reconocer que los procesos de degradación del suelo afectan de distintas maneras sus propiedades edáficas<sup>179</sup>, ya que alteran su funcionamiento de manera que presentan implicaciones y efectos en los elementos que la componen y en las funciones de los ecosistemas. Estas repercusiones de la degradación del suelo no se restringen a la zona donde se originan sino que sus impactos pueden llegar a afectar zonas anexas y pueden llegar a ser regionales o globales.

Dada las conceptualizaciones precedentes, sobre las actuaciones en el sistema fluvial, podemos inferir que la restauración ecológica es el proceso más completo en la recuperación ambiental de los ecosistemas en un río, lo cual desde el punto de vista de la Arquitectura Paisajista, es lo más conveniente para la restauración de un paisaje, ya que el devolverle a su estado primitivo o a su forma más natural antes de su degradación, también se logra retornar al paisaje la belleza escénica que presentaba antes de las intervenciones del hombre, de manera de poder ofrecerle a la sociedad urbana una visión del río como componente de todo un sistema fluvial, en funcionamiento con todos los otros elementos del ecosistema fluvial de forma armónica y natural. Por consiguiente en este trabajo de investigación preferimos analizar el proceso de restauración de ríos, como punto de partida para cualquier tratamiento de

---

<sup>178</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. p. 138.

<sup>179</sup> Edáficas. *EDAFHIC*. Que pertenece o se encuentra influenciado por la naturaleza del suelo. Sarmiento, F.(2000).

bordes fluviales urbanos que pueda aplicarse en los ríos y quebradas de nuestras ciudades.

### **Restauración fluvial.**

Para tres organismos asociados a la restauración de arroyos en USA, la National Research Council, 1992; Brookes and Shields, 1996 & Federal Interagency Stream restoration Working Group, 1998, la restauración, se refiere al restablecimiento de la estructura y las funciones de un ecosistema.

La restauración ecológica es el proceso mediante el cual se retorna a un ecosistema las condiciones y las funciones lo más cercano posible a las existentes previas a la degradación. Ya que los ecosistemas son dinámicos, llegar a una perfecta replica con las condiciones previas es imposible. El proceso de restauración restablece la estructura general, las funciones y el dinamismo de los ecosistemas.

Según SER (2004), *“la restauración ecológica es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”*. Igualmente este organismo señala que *“...la restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad...”*. (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>180</sup>. Usualmente, el ecosistema que requiere de una restauración es porque se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre o por causas naturales, tales como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, hasta tal grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo.

El proceso complejo de una restauración *“...debe iniciarse con el reconocimiento de los factores de alteración naturales o de origen humano, responsables de la degradación de la estructura y funciones del ecosistema fluvial, o del deterioro de su capacidad de recuperación...”*. [Pacific Rivers

---

<sup>180</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004)

Council, 1996 en (Magdaleno, s/f)]<sup>181</sup>. La restauración la constituyen una serie de medidas que permiten la recuperación natural del equilibrio dinámico y las funciones de los ecosistemas de riberas. La principal y quizás la más importante es la eliminación de las actividades causantes de la degradación. En ocasiones solo esta acción será suficiente, pero en otras habrá que aplicar medidas capaces de reparar los daños ocurridos sobre la estructura y la dinámica de los corredores fluviales.

Según Martín, J. (2008), las obras de restauración se encuentran circunscrita solo a los ríos pequeños o arroyos y el medio físico que se busca es el de un río meandriforme porque sus condiciones son los que generan la diversidad física al presentar variabilidad de velocidades, profundidades y materiales de fondo. En los ríos de montaña se buscan las mismas características a través de los rápidos y remansos. No existe experiencias en restauraciones de ríos con morfología trenzadas, posiblemente por el espacio que ocupan estos ríos es mayor que el necesario para los ríos meandriformes.

En la restauración de ríos con abundante transporte de sólidos en el fondo, es importante respetar esa condición de transporte ya que ellos alimentan y renuevan las formas fluviales como las barras alternadas y se crean hábitats para diversas especies. Las orillas son proveedores importantes de sedimentos que transportan los ríos, por lo tanto impedir la erosión de las orillas significa cortar el dinamismo de las barras.

Con la restauración se trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica. Por consiguiente, las condiciones históricas son el punto de partida ideal para diseñar la restauración. El ecosistema una vez restaurado puede no recuperar su condición anterior debido a limitaciones y condiciones actuales que pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente.

*“...La trayectoria histórica de un ecosistema gravemente impactado puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud. No obstante, la dirección general y los límites de esa trayectoria se pueden establecer a*

---

<sup>181</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

*través de una combinación de conocimientos sobre la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, de estudios de ecosistemas intactos comparables, información sobre condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas del ecosistema de referencia. Esta combinación de fuentes permite trazar la trayectoria histórica o condiciones de referencia a partir de los datos ecológicos iniciales y con ayuda de modelos predictivos...". (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>182</sup>.*

Las intervenciones que se utilizan en la restauración varían de un tramo fluvial a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones ocurridas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. En la más simple de las circunstancias, la restauración implica eliminar o modificar una alteración específica, para permitir que los procesos ecológicos se recuperen por sí solos. En otras circunstancias de mayor complejidad, la restauración podría requerir de la reintroducción intencional de especies autóctonas que se habían perdido y de la eliminación o control, hasta donde sea posible, de especies exóticas invasoras y dañinas.

Cuando se logra el objetivo deseado en una restauración, es posible que el ecosistema intervenido ya no requiera de más ayuda externa para asegurar su salud e integridad futuras, en cuyo caso se puede dar por terminada la restauración. Sin embargo, el ecosistema restaurado muchas veces requiere un manejo constante para contrarrestar la invasión de especies oportunistas, los impactos de las actividades humanas, el cambio climático y otros acontecimientos imprevisibles.

*"...Aunque la restauración de un ecosistema y el manejo del mismo son parte de un continuo y con frecuencia, emplean tipos de intervención similares, la restauración ecológica tiene como meta ayudar o iniciar la recuperación, mientras que el manejo del ecosistema tiene la intención de garantizar el bienestar constante del ecosistema restaurado*

---

<sup>182</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004)

*de ahí en adelante*". (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>183</sup>.

Un ecosistema restaurado se ha recuperado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda adicional. Este ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente, demostrará su capacidad de recuperación dentro de los límites normales de estrés y alteración ambiental e interactuará con ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos e interacciones culturales.

Según Fernando Magdaleno, *"...No se puede hablar por tanto de restauración en aquellos casos en los que la actuación vaya encaminada a generar usos distintos, con un objetivo básicamente antrópico..."*. (Magdaleno, s/f)<sup>184</sup>. Igualmente el mismo autor señala que en una restauración puede haber tres niveles de actuaciones o intervenciones, las cuales serán definidas por un conjunto de técnicos e investigadores al analizar las ventajas y los inconvenientes, desde varios enfoques como lo son el social, económico, el fluvial y el ambiental. En primer lugar, la no intervención, en los casos donde se recuperan las condiciones originales del medio fluvial con la simple eliminación de las causas de la degradación.

En segundo lugar, la intervención parcial, asistiendo en el proceso de recuperación de las funciones y estructura del ecosistema. Esta intervención es aplicada en los casos en que sea necesario mejorar o acelerar el proceso de recuperación del ecosistema luego de notar que el corredor fluvial muestre signos de recuperación de forma lenta o incierta.

Y como último nivel es el manejo completo del sistema, el cual es aplicado cuando la capacidad de auto-recuperación del ecosistema no es suficiente para llegar a la estructura y dinámica natural.

*"En cualquier caso, es preciso definir con claridad los objetivos específicos de toda restauración, y no tratar de establecer, en un*

---

<sup>183</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004)

<sup>184</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.:

[http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

*escenario estático, las condiciones originales del ecosistema. Es preciso dotar al medio fluvial de las condiciones necesarias para que él mismo alcance y mantenga las condiciones dinámicas naturales. Resulta particularmente interesante conseguir, en este sentido, que el ecosistema restaurado tenga una capacidad de respuesta suficiente a las alteraciones periódicas naturales, que sirven en último término para mantener la integridad del ecosistema". (Magdaleno, s/f)<sup>185</sup>.*

Con las intervenciones de restauración se busca mejorar el estado ecológico de los ríos, recuperando sus condiciones más naturales con el fin de aumentar la heterogeneidad de sus hábitats, la conectividad entre ellos y su biodiversidad, además, cabe considerar por otra parte que solo se admitirán bajos niveles de perturbación por actividades humanas. En otras palabras, *"...se trata de rectificar errores pasados en la utilización y gestión de los ríos, donde se aplicaron técnicas de ingeniería hidráulica para modificar los cauces y simplificar su funcionamiento como canales de agua, sin considerar su identidad como ecosistemas..."*. (González & García, 2007)<sup>186</sup>. Hay una gran variedad de intervenciones que podemos realizar para mejorar el estado ambiental de los ríos, entre ellas tenemos la recuperación de la sinuosidad del cauce, la protección de los bordes, la revegetación de las riberas, la mejora del hábitat piscícola, la reintroducción directa de las comunidades biológicas, etc.

Al mejorar la calidad ambiental de los ríos se logra no solo mejorar su estructura biológica, el valor escénico del paisaje por el cual discurre y recuperar los valores culturales asociados a los mismos, sino también disponer de mayor garantía de utilización de sus recursos hídricos, disminuir los riesgos asociados a las inundaciones, así como también, la reintegración de ecosistemas y de paisajes fragmentados.

En la concepción de un proyecto para la actuación puntual en un río, conviene observar y prever sus consecuencias en otros tramos, pensando

---

<sup>185</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

<sup>186</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente.

también en las posibles o necesarias actuaciones complementarias para recuperar un equilibrio dinámico. En este sentido, Guido Schmidt señala que las actuaciones generalmente se estructuran en los siguientes niveles territoriales: “...tratamientos y estructuras acuáticas, en el cauce; estabilización y diversificación de la orilla; reconstrucción de la llanura fluvial; creación de un corredor fluvial y la gestión sostenible de la cuenca (agrícola, forestal, urbano, etc.)” (Schmidt, 2002)<sup>187</sup>.

*“Es especialmente importante que una restauración sea autosostenible en el tiempo, es decir que después de la fase de construcción y el mantenimiento necesario durante los primeros años, las funciones ecológicas se mantengan sin continua intervención humana. Para ello, es importante contar con la perspectiva temporal de la restauración en su diseño y ejecución, así como lograr que el impacto inicial desaparezca (no siempre es el caso)”.* (Schmidt, 2002)<sup>188</sup>.

La recuperación integral de los ecosistemas degradados a nivel de su estructura, funcionalidad y autosuficiencia debe comenzar por reconocer las fuerzas naturales o antrópicas que han originado dicha degradación del suelo, el grado y tipo de alteración de las propiedades edáficas y las consecuencias producidas por la pérdida de sus funciones. “...La intensidad de estos procesos dependerá también de la capacidad de resiliencia<sup>189</sup> del suelo, El conocimiento de este equilibrio dinámico sustenta el planteamiento de técnicas y prácticas de restauración de suelos como parte de la restauración ecológica...”. (Sanchez, Peters, Marquez-Huitzil, Vega, Portales, & Valdez, 2005)<sup>190</sup>.

Con la restauración de los ríos se busca ofrecer al hombre nuevamente, lo que representaba la estética de los procesos fluviales naturales, la belleza de la expresión de su dinámica través de la erosión y sedimentación según la

<sup>187</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

<sup>188</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas... op. Cit.*,

<sup>189</sup> Resiliencia. *RESILIENCE*. Amplitud de las tolerancias ambientales en un ecosistema, que le permite asimilar perturbaciones sin deteriorarse definitivamente. Sarmiento, F. (2000).

<sup>190</sup> Sanchez, O., Peters, E., Marquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., & Valdez, M. &. (2005). *Temas sobre restauración ecológica*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México D.F. Libro en línea.: <http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatuche/PDF/613Capitulos%20en%20Libros/6131Nacionales/6131-32.pdf>.

fluctuación del régimen de caudales, configurando orillas y barras de sedimentación con diferentes tipos de granulometría que van evolucionando y cambiando de forma con el transcurrir del tiempo, a través de la evolución de los hábitats y de la vegetación riparia, siempre de manera natural, siguiendo las leyes de la naturaleza que determinan la renovación y la regeneración natural que conforman una infinita variedad de formas y procesos.

Su aplicación debe ser principalmente en los tramos urbanos donde sus bordes han sido revestidos e impermeabilizados, eliminando su expresión natural, donde es necesario recuperar la estética del río con su dinámica, la valoración de su fuerza y energía y la belleza del bosque de ribera.

Es necesario emprender y comprender la restauración de los ríos con la colaboración de la ingeniería hidráulica respetando la dinámica natural del propio río y abandonar la tendencia actual de canalizar y embaular los ríos para recuperar la estética ecológica de la diversidad y complejidad de la dinámica fluvial.

### **Porque restaurar los ríos y riberas.**

Las llanuras de inundación tienen un gran valor para el desarrollo del hombre, su utilización está basada como terrenos agrícolas, para la ubicación de asentamientos urbanos y de infraestructuras del transporte. Ahora bien, desde el punto de vista ambiental, estas llanuras son necesarias para que el río, mantenga su equilibrio, ocupándolas en casos de avenidas o crecidas, ya que retienen las precipitaciones fuertes, evitando posibles inundaciones aguas abajo, almacenando el agua o reteniéndola en la superficie de los esteros, pantanos y otros humedales. Así mismo, la vegetación de estos sistemas reduce la velocidad de circulación de las aguas de las crecidas.

Históricamente el hombre ha construido muros de contención y represas en los ríos para mejorar el control de las avenidas, pero con frecuencia tienen el efecto opuesto. La restauración de las llanuras de inundación y la demolición de estructuras artificiales en algunos sitios, está resolviendo este problema en parte en muchos países desarrollados. Igualmente, es posible proponer una política destinada a permitir la inundación total o parcial de la llanura de

inundación, aunque sólo podrá aplicarse razonablemente en áreas que todavía no estén consolidadas.

Los meandros evolucionan con mayor o menor rapidez y los que han sido afectados por alguna perturbación natural o antrópica reclaman sus territorios invadidos, por lo que es práctica habitual la fijación de las márgenes, esto supone una alteración de las condiciones naturales que trae como consecuencia deterioros graves al ecosistema fluvial.

Las cortas de meandros deben evitarse ya que produce el aumento y la discontinuidad de las pendientes en las cortas y el correspondiente aumento de la capacidad de transporte pueden originar importantes desequilibrios en el transporte de sedimentos, generando erosiones en la zona intervenida y depósitos de sólidos aguas abajo, que pueden ser de graves consecuencias. Otro problema que generan las cortas es la baja capacidad de drenaje natural que presentan los terrenos del cauce abandonado y de sus márgenes, ya que estos terrenos quedan convertidos en terrenos sin desagüe al haber perdido su capacidad filtrante.

La estabilización de cauces en multicauces trenzados en las llanuras aluviales donde se asientan estos ríos, es de difícil aprovechamiento para la ocupación urbanística, debido a la variación repentina de los cauces. Si se sustituye un cauce por uno de tipología totalmente diferente puede originar problemas de depósitos en los tramos de aguas abajo, tomando en cuenta que los ríos adoptan la tipología de multicauce trenzado para una determinada combinación de régimen de caudales, pendientes y granulometría.

Una buena parte de las catástrofes originadas por ríos en terrenos no aluviales tiene su origen en canalizaciones cerradas inadecuadas u ocupaciones de terrenos de cauce. Igualmente, otros problemas en este tipo de ríos provienen del choque de la corriente sobre los bordes inestables, provocando deslizamientos que originan rupturas súbitas, produciéndose flujos de agua y sólidos.

Otro motivo para señalar que es necesaria la restauración ecológica es para salvaguardar la biodiversidad y el capital natural, de manera que siga proveyendo servicios ecológicos en el futuro, así como también:

*“...mejorar la diversidad biológica de los paisajes degradados, aumentar las poblaciones y la distribución de las especies raras y amenazadas, mejorar la conectividad del paisaje, aumentar la disponibilidad de bienes y servicios ambientales, y contribuir al mejoramiento del bienestar humano”.* (Society for Ecological Restoration International, 2008) <sup>191</sup>.

Existen zonas de humedales con un gran número de hábitats fluviales, incluidos en la zona riparia, de características diferentes, desde zonas de marisma permanentemente inundadas hasta zonas inundables en temporadas de lluvias pero con el nivel freático superficial. *“...Estos ecosistemas presentan una gran capacidad de producción primaria y la enorme biodiversidad de su biocenosis...”.* (Redondo & Vara, 1999) <sup>192</sup>. La progresiva desaparición de estas zonas, por labores de desecación y rellenos ocasionados por la construcción de obras públicas, y su importancia para la conservación de la flora y la fauna, las convierte en zonas protegibles de especial interés. De allí pues, que es muy recomendable la restauración de los humedales degradados, e incluso la creación de humedales artificiales donde existieron los originales.

La restauración ecológica debe fundamentarse en la creación de una interacción entre el hombre y los ecosistemas; en otras palabras, el hombre le debe una mayor conciencia al lugar. Eso se facilita con una participación directa de la sociedad en las actividades de restauración, aunado con esfuerzos similares adicionales en el área de la educación, a fin de buscar el desarrollo de una comprensión y apreciación más profundas de los sistemas naturales y las amenazas que enfrentan.

Hoy en día nuestros ríos y quebradas urbanas se encuentran en un desequilibrio geomorfológico muy notorio que provoca constantes procesos de ajustes de erosión y sedimentación impredecibles. Todo esto producto de las actividades antrópicas en sus bordes como la invasión de sus espacios fluviales, el revestimiento de sus bordes, la canalización y el embaulamiento de

<sup>191</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Recuperado el 5 de septiembre de 2010, de <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>

<sup>192</sup> Redondo, F., & Vara, M. (1999). *Encauzamientos en zonas urbanas*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. Río y Ciudad, Volumen I. Año 1999.: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm).

sus cauces, el aumento de las escorrentías urbanas sin caudales sólidos y en otros casos la retención de los sedimentos por los embalses, así como también la extracción del material sedimentario como gravas y arenas.

Dentro de este orden de ideas es necesario entender las erosiones que efectúan los ríos en determinados tramos son en la mayoría de los casos una consecuencia de anteriores obras fluviales efectuadas en otros tramos como encauzamiento o protecciones de orillas. Igualmente tenemos que entender que las inundaciones y desbordamientos de los ríos son motivados a su pérdida de espacios fluviales donde naturalmente éste desbordaba sus caudales de avenidas, o que las aguas de lluvia no pueden infiltrarse en el suelo como siempre la habían hecho por haber sido sellado o urbanizado una superficie importante de la cuenca.

Es conveniente no olvidar que el río constituye una unidad hidrológica, es decir, forma parte de un sistema fluvial y por lo tanto las modificaciones en un tramo de cauce pueden producir efectos en otros). Por ello es recomendable estudiar la morfología fluvial en los tramos vírgenes o, en su caso, la de otros ríos de características similares, a efectos de alterar lo menos posible las condiciones naturales de equilibrio.

*“...cabe únicamente reiterar la consideración de que los ríos, sus zonas riparias y la biocenosis asociada forman una unidad ambiental única y que cualquier actuación deberá considerar la globalidad del ecosistema...”*. (Redondo & Vara, 1999)<sup>193</sup>.

*“...La restauración ecológica posibilita el apoyo abiótico del ambiente físico, la circulación y el intercambio idóneo de organismos y materiales con el paisaje circundante, y el restablecimiento de interacciones culturales de las que depende la Integridad de algunos ecosistemas...”*. (Society for Ecological Restoration International, 2008)<sup>194</sup>.

En los sistemas fluviales asociados a los centros poblados, las acciones de restauración de un ecosistema conectan a las personas que habitan en esas

<sup>193</sup> Redondo, F., & Vara, M. (1999). *Encauzamientos en zonas urbanas*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. Río y Ciudad, Volumen I. Año 1999.: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm).

<sup>194</sup> Society for Ecological Restoration International. (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Recuperado el 5 de septiembre de 2010, de <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>

ciudades, muchas veces de tal manera que se estimula una nueva conexión entre las personas y los procesos ecológicos, algo olvidada entre las presiones de tiempo y espacio propio de las urbes.

Pero más específicamente el proceso de restauración aumenta la comprensión y la apreciación de la naturaleza, además del apoyo social y la participación en las iniciativas de restauración, y refuerza la necesidad de preservación y conservación. En el sentido más general, la restauración ecológica es, según la misión de la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, “...un medio de sostener la diversidad de vida en la Tierra y restablecer una relación ecológicamente sana entre la naturaleza y la cultura...”. (Society for Ecological Restoration International, 2004)<sup>195</sup>. Por ello es necesario pensar en la restauración ecológica como un proceso participativo, de manera que lleve a una restauración “*atractiva para las personas*”, que ofrezca una perspectiva más global que la de la restauración efectiva y eficiente.

### **Objetivos de la restauración fluvial.**

Dado los desequilibrios geomorfológicos de los ríos ocasionado por las intervenciones antrópicas uno de los objetivos de la restauración de ríos debe ser la eliminación de las causas que lo generan a fin de lograr la disminución progresiva de los desequilibrios hidrológicos y geomorfológicos de los ríos. El objetivo principal de la restauración es devolverle al sistema fluvial degradado su estado previo a la perturbación, creando las condiciones necesarias para que los ecosistemas sean capaces de automantenerse y lo más parecido a las áreas vecinas no perturbadas. Otro de los principales objetivos en la restauración fluvial es recuperar el equilibrio del río entre sus diferentes componentes, utilizando en las actuaciones materiales lo más natural posible. Ahora bien, hay que tener en cuenta que este equilibrio nunca va a ser estable, ya que el propio funcionamiento del río, con sus procesos de avenidas, sequías, etc., lo convierte en un equilibrio de carácter dinámico.

---

195

Society for Ecological Restoration International. (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Recuperado el 5 de septiembre de 2010, de <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>

Los autores Marta González del Tánago y Diego García de Jalón, en su libro “Restauración de río. Guía metodológica para la elaboración de proyectos” efectúan un análisis y una descripción del proceso de la recuperación ambiental de los ríos y plantean unos objetivos para la restauración de ríos, los cuales adoptaremos en este trabajo por considerarlos acordes desde el punto de vista de la arquitectura del paisaje, seguidamente resumimos sus planteamientos.

#### Objetivo General.

Según las definiciones de los distintos autores podemos inferir que el objetivo general es *“lograr el retorno del funcionamiento de los ecosistemas en el sistema fluvial a un estado más natural o equivalente al que presentaban antes de su degradación”*. (González & García, 2007)<sup>196</sup>.

#### Objetivos específicos.

Para recuperar el funcionamiento de los ecosistemas de los ríos es necesario crear las condiciones necesarias para que se inicie el proceso de reconstrucción de los procesos fluviales asociados a la variabilidad del régimen de caudales y sedimentos así como también a la dinámica geomorfológicas ligada a dicha variabilidad, que son los que van a generar la diversidad de los hábitats y permitir y mantener la regeneración natural de las comunidades biológicas. Dado el análisis precedente podemos describir el primer objetivo específico de la restauración de los ríos como: *“...recuperar los procesos fluviales con los que el río puede reconstruir su dinámica y un funcionamiento más próximo al natural o de referencia...”*. (González & García, 2007)<sup>197</sup>

Cuando los ríos son degradados por causas externas a su normal funcionamiento, van perdiendo su capacidad de recuperación natural frente a las perturbaciones como su capacidad de autodepuración de las aguas, su energía para crear nuevos hábitats y su capacidad de regeneración de la vegetación riparia y otros más. Ahora bien con la restauración ecológica se pretende estimular en los ríos su capacidad de recuperación natural,

---

<sup>196</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 41.

<sup>197</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. op. cit., p. 41.

otorgándoles de las condiciones necesarias para efectuar por sí mismo dicho trabajo de reconstrucción de los procesos fluviales después de perturbación de origen natural o antrópico. De allí pues, podemos describir el segundo objetivo específico de la restauración de los ríos como: “...lograr que el río aumente su resiliencia<sup>198</sup> frente a las perturbaciones naturales y antrópicas...”. (González & García, 2007)<sup>199</sup>.

Al recuperar los ecosistemas fluviales es necesario buscar un equilibrio entre en el aprovechamiento de los recursos naturales que ofrece el río y el respeto por el funcionamiento y el mantenimiento de los procesos fluviales, de manera de no alterar su integridad ecológica. Con la restauración de los ríos se procura de que los ríos mantengan sus funciones ecológicas y en paralelo se puedan utilizar los espacios fluviales en un grado de compatibilidad con la dinámica fluvial y respetando la regeneración natural de su vegetación, así como también el aprovechamiento de sus recursos de forma compatible con sus características temporales. Es por eso que, podemos describir el tercer objetivo específico de la restauración de los ríos como: “...fomentar la creación de una estructura sostenible con los usos del territorio y los recursos fluviales acordados por la sociedad...”. (González & García, 2007)<sup>200</sup>.

Además de recuperar los procesos fluviales de los ríos es necesario también recuperar la belleza escénica de lo natural, su vitalidad y capacidad de evocación, su presencia, su pasado, que son tan necesarias para el desarrollo de la creatividad intelectual, artística y de calidad de vida de los habitantes de las poblaciones urbanas, ya que las alteraciones sufridas en los tramos urbanos como las canalizaciones o embaulamientos alejaron el río de la ciudad y es necesario dignificar su belleza escénica y su funcionamiento como corredor fluvial, recobrando su identidad y su relación histórica con su ciudad. Es por ello que, podemos describir el cuarto objetivo específico de la restauración de los ríos como: “...recuperar la belleza y capacidad de

---

<sup>198</sup> Resiliencia. “...La resiliencia, o estabilidad relativa de un ecosistema, se refiere a la capacidad que tiene para recuperar su estado de referencia dinámico después de una perturbación temporal de origen natural y/o humano...” González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007).

<sup>199</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 41.

<sup>200</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op.cit., p. 41.

*evocación de los ríos y sus riberas, así como la relación afectiva del hombre con su territorio y paisaje fluvial...". (González & García, 2007)<sup>201</sup>.*

Según Schmidt, Guido “...el estudio del funcionamiento del ecosistema fluvial, junto con el análisis de las alteraciones, determinan los objetivos y los principios para la restauración”. (Schmidt, 2002)<sup>202</sup>.

Guido Schmidt señala que usualmente los proyectos de restauración incluyen actuaciones dirigidas hacia las cuatro categorías anteriormente descritas y actúan a corto, medio y largo plazo. Por otro lado, las actuaciones a corto plazo, y directamente situadas en la zona de alteración solamente son necesarias y justificables bajo las siguientes condiciones [Payne & Copes, (1986) en (Schmidt, 2002)]<sup>203</sup>:

- Cuando sea necesario restaurar el hábitat que ha sido dañado o alterado por la actividad humana o por catástrofes naturales, y no pueda ser restaurado de forma natural en un tiempo razonable.
- Cuando sea la única vía de proporcionar el hábitat desaparecido.
- Cuando la mejora de hábitat proporciona estructuras sustancialmente mejores que el proceso natural.

### **Principios de la restauración fluvial.**

Para cumplir los objetivos de la restauración ecológica de los ríos, según González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007), existen una variedad de estrategias que deben estar basadas en los principios científicos que manejan su funcionamiento como ecosistemas, provenientes de las ciencias que deben regir las actuaciones a realizar en cada caso, tales como la Hidrología, Geomorfología, Hidráulica fluvial, Ecología, Biología asociada a la fauna y la flora acuáticas y de riberas, la Arquitectura del Paisaje, etc., las cuales seleccionan los materiales y herramientas más adecuadas para alcanzar los objetivos propuestos.

<sup>201</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op.cit., p. 41.

<sup>202</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

<sup>203</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas...* op. cit.

Como a lo largo del tiempo ha existido la relación del hombre con el río, en la restauración es necesario tener en cuenta unos criterios propios del contexto a intervenir tales como socio-económicos, históricos y culturales, es decir, los usos y costumbres tradicionales de ese paisaje, las actividades económicas culturales y recreativas.

En toda restauración debe estar presente el concepto de sostenibilidad, ya que existe una obligación moral que tiene cada generación con las siguientes, de permitir el uso y disfrute de los ecosistemas naturales, asegurando la calidad y el aprovechamiento de los recursos naturales para su desarrollo.

También será necesario tener en cuenta en los procesos de restauración la memoria, los sentimientos y las relaciones afectivas de los pobladores de las áreas ribereñas con su río y con su paisaje fluvial.

A fin de lograr una verdadera restauración del sistema fluvial, es necesario recuperar su dinámica natural, es decir, el espacio fluvial necesario para su desarrollo y su régimen ecológico de caudales reflejado en la variación espacio-tiempo de las condiciones hidrológicas de la cuenca vertiente. *“...Recuperando estos dos elementos claves se restauran los procesos fluviales que determinan los flujos y conexiones entre el cauce y las riberas, y con ellos la reconstrucción de hábitats y de las comunidades biológicas...”*. (González & García, 2007)<sup>204</sup>.

Según [González del Tánago & García de Jalón, (1995) en (Schmidt, 2002)]<sup>205</sup> existe una serie de principios de actuación que deben tenerse en cuenta para el diseño concreto de la restauración de los ecosistemas fluviales:

- *Dar oportunidad al río para desarrollar su propia dinámica dentro del cauce, atendiendo a los procesos de erosión y sedimentación variables en el tiempo, con el régimen de caudales.*

---

<sup>204</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. P.

<sup>205</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

- *Crear una morfología estable con dichos procesos, y flexible dada la incertidumbre en la respuesta del río.*
- *Potenciar la mayor heterogeneidad de formas y condiciones hidráulicas, para favorecer la diversidad de hábitats y de especies.*

### **Prioridades de la restauración.**

Los hábitats fluviales se desarrollan en forma distintas en cada tramo según las condiciones hidráulicas, el sustrato y la vegetación, los cuales se crean a partir de las características morfológicas de los ríos, de los flujos de agua y de los sedimentos que por ellos circulan.

Queremos con ello significar que la restauración ecológica de los ríos debe dirigirse hacia *“...la recuperación y mejora de los mecanismos y procesos que determinan el régimen de caudales y la dinámica que mantiene la integridad de sus dimensiones, dejando que sea el propio río el que reconstruya la estructura biológica...”*. (González & García, 2007)<sup>206</sup>. Por lo cual será imperioso otorgar al río el espacio suficiente a fin de que puedan desarrollarse con desahogo los procesos fluviales; y por otro lado es preciso *“...permitir que por el cauce circule un régimen de caudales adecuado en cantidad y calidad...”*, (González & García, 2007)<sup>207</sup>, así como también su carga de sedimentos asociada de manera que se reconstruya una morfología estable, para el mantenimiento del hábitat necesario para el desarrollo de las comunidades biológicas autóctonas de cada tramo.

Generalmente, estas intervenciones van acompañadas de diferentes actuaciones en la cuenca vertiente a fin de reducir las presiones que generan los usos del suelo con el objeto de mejorar el funcionamiento hidrológico y el balance de escorrentías y sedimentos. Finalmente, el río debe evolucionar con el tiempo, alcanzar el buen estado ecológico y su complejidad biológica, así como también se modelará el cauce con las sucesivas avenidas y estiajes<sup>208</sup>. Luego surgirán las relaciones entre el medio físico y las comunidades

<sup>206</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 45.

<sup>207</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...op. cit.* p. 45.

<sup>208</sup> Estiajes. *Low water season*. El nivel más bajo del río en verano o el caudal mínimo del río por causa de la sequía. Sarmiento, F. (2000).

biológicas que incrementarán progresivamente la complejidad del sistema fluvial.

Dentro de este marco, y en atención a los principios por los cuales deben regirse los procesos de restauración de ríos y riberas y con la intención de establecer prioridades en las distintas actuaciones necesarias, podríamos considerar como la estrategia mas urgente en llevar a cabo son las de “conservación” de los tramos del río que presentan mejor estado ecológico, evitando cualquier desarrollo de actividades en la cuenca vertiente que suponga una perturbación o una presión antrópica existente.

Como segunda prioridad, podríamos considerar el desarrollo de estrategias de “protección” de los tramos fluviales en buen estado pero con una amenaza por presiones de origen antrópico asociados a cambios en las políticas agrarias, urbanísticas y recreativas, entre otros. Para ello será necesario establecer las medidas económicas, legislativas o administrativas para tal fin.

Como tercera y última prioridad se desarrollaran las estrategias de “restauración” de los tramos del río alterados, “...*así como rehabilitar los tramos más degradados y mejorar ambientalmente las masas de agua muy modificadas, tratando de conseguir gradualmente la recuperación de su funcionamiento como ecosistemas y el aumento de su biodiversidad...*”. (González & García, 2007)<sup>209</sup>.

### **Escala de la restauración fluvial.**

Los problemas de los ríos se presentan en tramos concretos pero su origen y sus causas afectan a una de cauce mucho mayor que el tramo afectado. Es por ello, importante tomar en cuenta en un proceso de restauración de ríos toda la dimensión fluvial en la que se actúa, es decir, el recorrido completo del río y el de sus afluentes, en el caso de ríos pequeños; o la longitud de un segmento fluvial lo suficientemente grande como para poder recuperar el trazado original del río, en el caso de los ríos grandes.

---

<sup>209</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 43.

*“...cuanto mayor sea la longitud del tramo restaurado mejores serán las condiciones para lograr la recuperación de la integridad del ecosistema, dando oportunidad a que se restauren en mayor espacio, y por ello con mayor intensidad, las funciones hidrológicas y ecológicas del corredor fluvial...”. (González & García, 2007)<sup>210</sup>.*

A pesar de que la restauración ecológica de los ríos se actúa desde el propio río, siempre será necesario tomar en consideración una escala mucho más amplia e integrar sus actuaciones en una estrategia más general de conservación de las funciones hidráulicas y ecológicas del paisaje.

## **TÉCNICAS Y MATERIALES EN EL TRATAMIENTO DE BORDES FLUVIALES URBANOS CON METODOS BIOTECNOLÓGICOS.**

En el campo de la restauración ambiental y específicamente en el tratamiento de bordes fluviales con métodos biotecnológicos, se manejan una serie de técnicas que utilizan material vegetal vivo como elemento de construcción, solo o combinado con materiales inertes. En países de Europa y en los Estados Unidos estos métodos también se conocen bajo los términos Ingeniería Biológica, Bioingeniería, Ingeniería del Paisaje, y son utilizados en todas las áreas de las obras civiles que ameriten la consolidación de taludes, diversificación de la morfología, estabilización de riberas y control de la erosión. Para los efectos de este trabajo de investigación, nos referiremos a estas técnicas como Ingeniería del Paisaje.

Según Sangalli, Paola(s/f), el profesor austríaco H. M. Schiechteln, es considerado el fundador de esta disciplina, que aprovecha los múltiples rendimientos de las plantas, utilizando técnicas constructivas de bajo impacto ambiental, y él define a la Ingeniería Biológica, Bioingeniería o Ingeniería del Paisaje, como

*“...la disciplina constructiva que persigue objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos, utilizando sobre todo materiales vivos*

---

<sup>210</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 27.

*como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales solos o en combinación con materiales inertes como piedra, tierra, madera, hierro o acero como elementos constructivos...". (Sangalli, s/f)<sup>211</sup>.*

Las intervenciones efectuadas con técnicas de Ingeniería del Paisaje la podemos concebir como una actuación en el ámbito de la restauración de ríos, con las cuales se pueden efectuar intervenciones de control de erosión con material vegetal vivo, así como también intervenciones de diversificación morfológica en el trazado o en la sección del cauce con el fin de aumentar la biodiversidad y la interconexión de los corredores ecológicos.

En la actualidad, hay una mayor sensibilidad hacia los temas ambientales. Los métodos biotecnológicos tienen un gran campo de intervención en el paisaje y en la defensa al ambiente. Esta disciplina ha permitido cambiar la forma de tratar los cursos fluviales, con ella se da inicio a una reflexión sobre cuál es la mejor solución para un curso de agua, además de solucionar un problema concreto del río como puede ser el control de la erosión y de las inundaciones. Igualmente, ha llevado a respetar en mayor medida la morfología del río y los procesos fluviales asociados.

Las técnicas de Ingeniería del Paisaje en el tratamiento de bordes fluviales urbanos son utilizadas para mejorar los valores medioambientales, especialmente, en áreas donde sea necesaria la regeneración de ambientes degradados y en aquellas situaciones en donde amerite llevar a cabo el control de la erosión, se precise una revegetación del suelo y exista material vegetal autóctono con características biotécnicas fácilmente disponible, sino en su defecto será necesario adquirirlas en viveros especializados, es decir, estas técnicas se pueden aplicar en todos aquellos lugares donde las plantas que van a ser utilizadas como material vivo constructivo puedan crecer bien, es decir, si una región es pobre en especies es una región con una limitada variedad de especies para su aplicación.

---

<sup>211</sup> Sangalli, P. (s/f). *¿Qué es la Ingeniería Biológica o Bioingeniería?*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2010, de Revista B & P Nº 130. Arquitectura del Paisaje. Construcción y Medio Ambiente. : [http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12_19.pdf)

La aplicación de estas técnicas la podemos englobar en tres niveles de intervención. En primer lugar podemos citar la no intervención, si en el área degradada se eliminan las causas que la propiciaron y se consigue una rápida recuperación de las condiciones originales del medio fluvial. En segundo lugar podemos señalar la posibilidad de efectuar una intervención parcial, para ayudar a la recuperación de las funciones y estructura del ecosistema, es decir, efectuar la intervención para agilizar el proceso de recuperación. Para finalizar podemos señalar “...*el manejo completo del sistema, actuando de forma sustancial, en los casos en los que la capacidad de auto-recuperación del ecosistema no es suficiente para alcanzar la estructura y dinámica naturales...*”. (Sangali, 2010)<sup>212</sup>.

Para ejecutar las técnicas de Ingeniería del Paisaje en el tratamiento de bordes fluviales es necesario definir con claridad los objetivos para la actuación, y no establecer a priori en un escenario estático, las condiciones originales del ecosistema. Es preciso generar en el medio fluvial las condiciones necesarias para que por sí mismo alcance y mantenga las condiciones dinámicas naturales. “...*Resulta particularmente interesante conseguir, en este sentido, que el ecosistema restaurado tenga una resiliencia suficiente para soportar las alteraciones periódicas naturales, que sirven en último término para mantener la integridad del ecosistema*”. (Sangali, 2010)<sup>213</sup>. Dentro de este orden de ideas podemos señalar que son muchos los objetivos que se pueden alcanzar con el uso de estas técnicas en los sistemas fluviales entre todos ellos podemos resaltar los siguientes objetivos:

- Mejorar el Paisajismo en el borde fluvial intervenido.
- Optimizar la morfología del cauce en busca de protección de los bordes.
- Optimizar el espacio fluvial del río para garantizar el funcionamiento de los procesos fluviales.

---

<sup>212</sup> Sangali, P. (2010). *Bioingeniería en el ámbito fluvial. Curso de restauración ambiental de áreas degradadas*. Burgos. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de : [http://www.forestaes.net/archivos/jornadas/Bioingenier\\_ambito-fluvial.pdf](http://www.forestaes.net/archivos/jornadas/Bioingenier_ambito-fluvial.pdf)

<sup>213</sup> Sangali, P. (2010). *Bioingeniería en el ámbito fluvial. Curso de restauración ambiental de áreas degradadas*. Burgos. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de : [http://www.forestaes.net/archivos/jornadas/Bioingenier\\_ambito-fluvial.pdf](http://www.forestaes.net/archivos/jornadas/Bioingenier_ambito-fluvial.pdf)

- El aumento de la conectividad del cauce con la llanura de inundación.
- La optimización de la biodiversidad en el corredor fluvial.
- Mejorar los hábitats de las especies acuáticas.
- El frenado de los contaminantes agrícolas, favoreciendo la asimilación en su trayectoria por escorrentía desde los cultivos hasta los ríos.
- Generar espacios para las poblaciones adyacentes al río para el aprovechamiento recreativo, cultural y sostenible.

El estudio del funcionamiento del ecosistema fluvial, además del análisis de las alteraciones, determinan los objetivos para la restauración ambiental.

### **Algunas técnicas utilizadas en la ingeniería del paisaje.**

En el campo de la restauración ambiental, la Ingeniería del Paisaje comprende una serie de técnicas que utilizan material vegetal vivo como elemento de construcción, solo o combinado con materiales inertes, De allí pues, que dichas técnicas en los tratamientos de bordes fluviales las podemos dividir en dos clases dependiendo de la utilización o no de materiales inertes como estructura de soporte, ellas son: técnicas de estabilización con material vivo y técnicas de estabilización con material mixto.

Las técnicas de estabilización con material vivo consisten en un conjunto de técnicas que se construyen únicamente con material vegetal vivo tales como estacas, plantas, rizomas, siembra de ramajes, trenzados vivos en las riberas, coberturas de ramas en márgenes y fajinas vivas. Estas técnicas tienen la limitante de que durante el desarrollo inicial de la vegetación, ésta no posee una funcionalidad efectiva y requiere de ciertas condiciones ambientales como humedad y disponibilidad de agua para su crecimiento y estabilización.

Las técnicas de estabilización con material mixto es la combinación de material vivo con material inerte. La base de estas estructuras es un soporte de fibra vegetal o gravas que dotan a las plantas de las condiciones necesarias para su fase de adaptación al medio. Una vez desarrollada la planta, ésta

tomará las funciones destinadas como la estabilización de las márgenes y taludes. Entre las técnicas incluidas en este grupo tenemos los rollos estructurados en fibra vegetal; fibras sintéticas y orgánicas como geomallas, geofibras, mantas orgánicas; y los gaviones de piedras. En estas técnicas pueden colocarse vegetación luego de su instalación en el sitio o previamente vegetadas como es el caso del rollo estructurado en fibra cuya funcionalidad es inmediata.

Como pudimos notar, existe una amplitud de medidas estructurales y no estructurales. La utilización de las técnicas de Ingeniería del Paisaje o de otras tradicionales más estructurales, deben ser justificadas por las condiciones de cada tramo. En la búsqueda de una mayor calidad de los proyectos, la selección de los objetivos debe definir la elección de las técnicas. No es aconsejable el uso de cada una de las técnicas descritas en el proyecto, *“...dado que esta utilización indiscriminada de técnicas suele encerrar un desconocimiento del funcionamiento ecológico del río”*. (Magdaleno, s/f)<sup>214</sup>.

Esta disciplina puede ser empleada para trabajos de reconstrucción de márgenes fluviales, ambientes húmedos, embalses, zonas costeras, recuperación de taludes, estabilización de laderas, y en otras situaciones más, sin embargo tienen una serie de limitaciones que la condicionan como lo son la estacionalidad, el mantenimiento, debe ser ejecutado por personal capacitado y las condiciones de seguridad.

Es limitante en cuanto a la estacionalidad porque los trabajos deben realizarse cuando el material vegetal se encuentra en un estado vegetativo adecuado y cuando las condiciones ambientales locales sean favorables a la siembra y al enraizamiento de esas especies.

Su limitación por el mantenimiento se debe a los controles y al mantenimiento que se deben realizar luego de haber ejecutado las siembras, resiembras, sustitución de plantas, fertilización y podas debido a no ser las intervenciones de efecto inmediato.

---

<sup>214</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

En cuanto al personal capacitado es limitante por su escasez en la experticia en esta disciplina reciente que debe ser aplicada simultáneamente con las técnicas constructivas.

Estas técnicas pueden sustituir a los métodos tradicionales solo si se cumplen las condiciones ambientales y de seguridad que garanticen su buen funcionamiento, en este sentido se comprende su limitación en las condiciones de seguridad, porque en su ausencia será conveniente apelar a las técnicas tradicionales.

### **Aplicaciones de la ingeniería del paisaje.**

Las técnicas de Ingeniería del Paisaje para el tratamiento de bordes fluviales son aplicadas para la estabilización y diversificación de bordes de los ríos, para el tratamiento de estructuras acuáticas, para actuaciones en el corredor fluvial y para revegetar obras de encauzamientos.

#### **1- Las Técnicas para la estabilización y diversificación de bordes fluviales.**

Las Técnicas para la estabilización y diversificación de bordes fluviales son técnicas que utilizan materiales vegetales y permiten estabilizar el terreno hasta una profundidad de 2 metros y están constituidas en la colocación de plantas leñosas recolectadas por reproducción vegetativa en viveros y colocada en filas horizontales. Estas plantas leñosas deben tener como característica la capacidad de producir raíces adventicias de manera que puedan formar una red que permita la sujeción del terreno.

Esta técnica también es utilizada para evitar los efectos erosivos del agua, consiste en sembrar una cobertura vegetal cuyo objetivo es cumplir diversas funciones, entre ellas la estabilización del borde fluvial, refugio de especies, etc.

Se utilizan como método alternativo a las canalizaciones, pudiendo sustituir o servir de complemento a las escolleras o enrocados.

Dentro de estas técnicas se distinguen:

- Colocación de estacas.

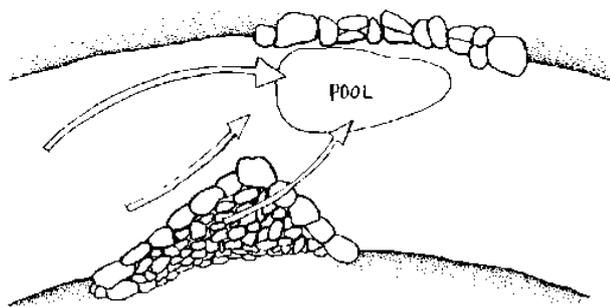
- Colocación de lechos de ramajes.
- Sucesión de estacas y fajinas vivas.
- Colocación de trenzados de mimbre.
- Colocación de fajinas en riberas.
- Colocación de esteras de ramas
- Instalación de empalizadas.

## 2- Técnicas aplicadas para el tratamiento de estructuras fluviales:

Las técnicas utilizadas para el tratamiento de estas estructuras son con el fin de construir y mantener los refugios para la fauna acuática, para corregir el lineamiento del cauce. Algunas estructuras pueden significar un obstáculo en la continuidad fluvial pero al ser construidas con piedras fijas con concreto o sueltas en el lecho, con la cota superior debajo del nivel del agua y con su estructura que no interrumpan el paso agua, sedimentos y la fauna acuática, mantienen los procesos fluviales y a nivel de paisaje su estructura es mucho más natural. Entre las técnicas podemos señalar las siguientes:

- Deflectores.

Son estructuras hechas con piedras de poca altura pero por encima del nivel de las aguas en estiaje. Se utilizan para delimitar lateralmente el cauce evitando la dispersión del agua en una lámina demasiado fina.



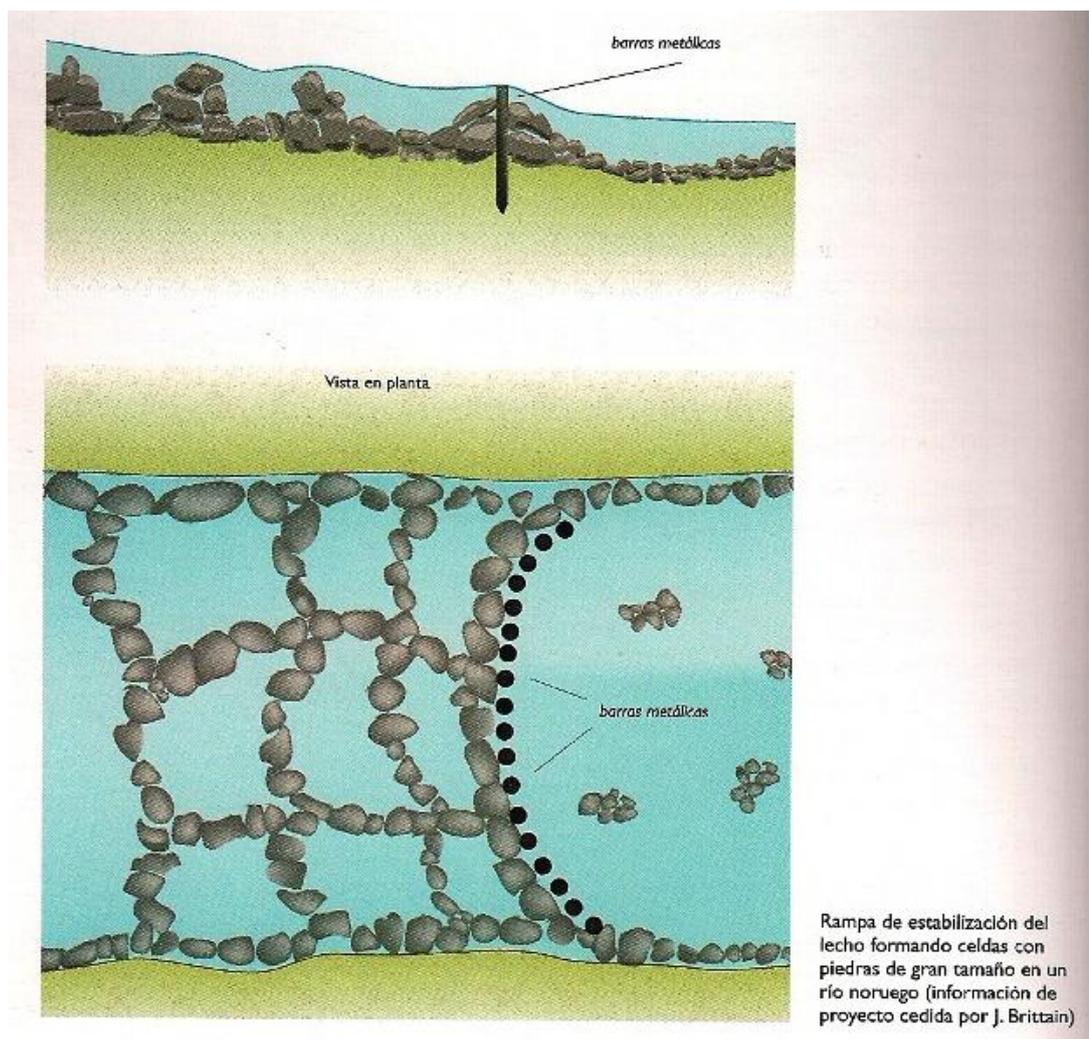
Deflectores construidos en piedras

Fuente:

[http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/RestauracionRiberasOld/Solucion\\_Adoptada/Actividades\\_Realizar.asp](http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/RestauracionRiberasOld/Solucion_Adoptada/Actividades_Realizar.asp)Encauzamientos y Aplicación de técnicas de bioingeniería

- Intercalado de piedras y otros refugios para la fauna acuática.

Se colocan en el cauce, con el fin de constituir refugios para las especies acuáticas. Producen variaciones en la corriente, formando en el río concavidades o depósitos de arenas. Las piedras han de tener un diámetro mayor que el sustrato del entorno, para ser capaces de resistir al arrastre de la corriente y no se deben utilizar sobre suelos arenosos.



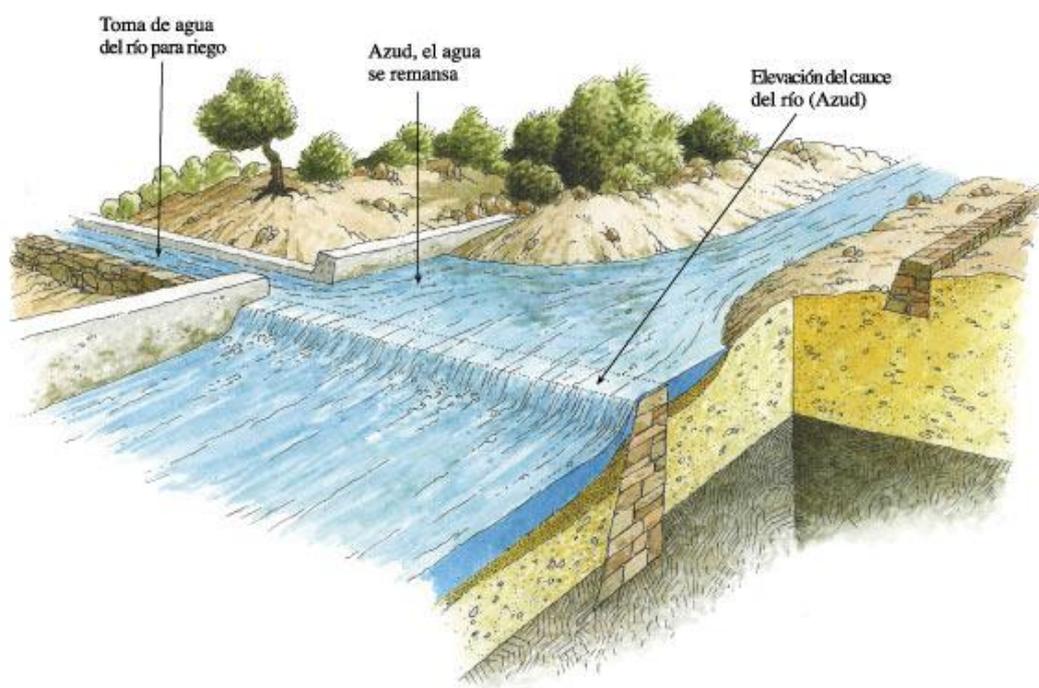
Intercalado de piedras.

Fuente: González, M. y García D. (2007)

En España es utilizada para lograr en el verano una mayor profundidad y velocidad del agua, evitando que el agua se caliente en exceso, el estancamiento y la eutrofización.

- Construcción de azudes.

Los azudes son unas pequeñas presas que se construyen en ríos de poca profundidad y su utilización ha sido para la retención del agua y su desvío para regadío. En la actualidad se construyen con troncos y piedras para crear una diversificación de los hábitats de los ríos y la reducción de la erosión del cauce en profundidad. El azud funciona como un muro de gravedad, aguantando el empuje del agua y distribuyendo el excedente de agua del embalse artificial creado. El azud es una presa de pequeño tamaño que junto a las acequia, formaban un sistema hidráulico para ser utilizado en el riego, alimentaba los lavaderos y para darle agua a los animales, en Europa formaba parte de las instalaciones para los molinos de agua.



Construcción de azudes en piedra.

Fuente: [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap6.2.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap6.2.htm)

Tanto azudes como deflectores, muy similares en su construcción, tienen buenos resultados, siempre que se respeten los principios hidráulicos, una escasa altura – sólo relevante durante el estiaje – y que no haya filtraciones o descalces de la estructura. Debido a su escasa altura y su

irregularidad, no suelen causar impactos sobre la migración de los peces y otras especies acuáticas.

El intercalado de refugios, en general, es muy positivo, pero el diseño de la actuación tiene que basarse en un análisis de los requerimientos de refugios de las especies que se pretende fomentar.

- Creación y limpieza de frezaderos.

Los frezaderos son zonas de reproducción de peces, su carencia puede suponer la imposibilidad del desarrollo de una población faunística equilibrada.

Para crear un frezadero se hace una excavación de 60 cm. de profundidad en el lecho del río, para rellenarla posteriormente con grava, pudiendo afianzarse con un dique transversal de bloques de piedra (> 60 cm. diámetro) o gaviones en su parte inferior.

La limpieza de frezaderos, finalmente, es una actuación que aporta buenos resultados, aunque limitados temporalmente. La continua colmatación que sufren los bancos de grava debido a la variación de los caudales y la contaminación del agua obliga a la repetición de forma anual o bienal.

### **3- Técnicas aplicadas para actuaciones sobre el corredor fluvial:**

Las técnicas utilizadas en estas actuaciones sobre el corredor fluvial, son necesarias para garantizar el funcionamiento normal del río a través de sus procesos fluviales, permitiendo ocupar los espacios fluviales para ubicar los niveles de avenidas, en áreas debidamente revegetadas para garantizar la creación de los hábitats para las distintas especies de flora y fauna propias de los bordes fluviales. Entre las técnicas podemos señalar las siguientes:

- Ensanchamiento de la zona de inundación.

Para permitir al río desarrollar su propia dinámica fluvial, se viene ejecutando el ensanchamiento de la zona de inundación, mediante el retroceso de diques o escolleras a zonas más alejadas del río. También es usada para evitar inundaciones de cauces estrechos en zonas urbanas, mediante la laminación de las avenidas puntuales.

- Repoblación del soto fluvial.

La repoblación de los sotos de los ríos con especies típicas de los tramos medios y bajos de los ríos aumenta la superficie de estos hábitats y complementa las funciones del sistema fluvial: tales como recarga del acuífero, crear hábitats para especies de flora y fauna, sombreado para controlar la temperatura del agua.

- Creación de lagunas en la zona de inundación.

La creación de lagunas en la zona de inundación es conveniente efectuarla junto a la restauración de ríos, con el fin de ampliar la variedad de hábitats para las poblaciones típicas como la avifauna acuática y los anfibios. También es utilizada para recuperar antiguos meandros abandonados de grandes ríos de llanura o graveras y asegurar la entrada periódica o esporádica de aguas provenientes de las avenidas.

#### **Clasificación de las técnicas de ingeniería del paisaje según el material utilizado.**

Las técnicas de Ingeniería del Paisaje para el tratamiento de bordes fluviales dependiendo del uso del material o de la combinación de ellos, las podemos clasificar en cuatro grandes grupos: recubrimiento, estabilización, mixtas y complementarias.

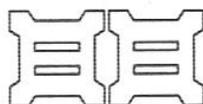
- **Técnicas de recubrimiento con material vivo.**

Estas técnicas son utilizadas para evitar la erosión superficial del suelo utilizando materiales vegetales vivos. Entre estas técnicas podemos señalar:

- Siembras de diversos tipos, con o sin acolchados.
- Hidrosiembras de especies herbáceas o leñosas.
- Empleo de mantas orgánicas en las siembras.
- Traslado de tepes, o de fragmentos de plantas en rizomas y espolones.
- El Recubrimiento con varas de salicáceas, utilizadas en Europa.

- **Técnicas de recubrimiento utilizando materiales prefabricados flexibles.**

Las cubiertas de losetas prefabricadas en concreto armado son conjunto de piezas colocadas sobre la superficie del talud, entrelazadas y "...cocidas entre sí por cables para formar unidades de anchura del orden de 2.50 mt y longitud variable...". (Martín Vide, 2008)<sup>215</sup>. Estas piezas se utilizan para revestir las orillas con un elemento flexible y permeable, previa preparación del talud. En algunos casos será conveniente colocarle en su base un manto geotextil como filtro. Una propiedad interesante de estos elementos es que entre sus intersticios y aberturas puede crecer vegetación.



*Losetas prefabricadas de hormigón.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Como conjunto es una capa delgada y se comporta de una manera flexible, en caso de alguna falla, la cubierta queda doblada, plegada por la corriente. Para resistir a una acción hidráulica, su comportamiento...

*"...es hacer colaborar a todas las losetas cuando una tiende a ser arrancada por la corriente. El flujo sobre una superficie lisa ejerce una fuerza de arrastre (paralela) pero también una de sustentación (perpendicular) inducida por las fluctuaciones turbulentas. Esta última fuerza es la que trata de descolocar la loseta...". (Martín Vide, 2008)<sup>216</sup>.*

Es por eso, que es importante tener claro como se deben anclar en ambos extremos tanto en la parte superior como la inferior y quizás sea necesario anclarla en sitios intermedios. Su utilización debe limitarse a ríos de baja velocidad y en áreas de escasa turbulencia. Al utilizar vegetación, su sistema radicular ayuda en anclar mejor las losetas. Cabe considerar por otra

<sup>215</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. P. 228.

<sup>216</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. P. 228.

parte, la inconveniencia de utilizar en obras fluviales, elementos muy flexibles y de gran superficie ya que con su desprendimiento pueden causar alguna obstrucción aguas abajo.

- **Técnicas mixtas.**

En estas técnicas se caracterizan por mezclar materiales vegetales vivos con material inerte como acero galvanizado, madera, piedra, concreto, etc. La función del material inerte es actuar como estabilizador del terreno hasta que las plantas tengan la capacidad de efectuar dicha función, logrando un entramado entre los materiales. Entre estas técnicas se distinguen:

- Colocación de entramados de madera.
- Colocación de peldaños de leña.
- Siembra de enrejados vivos.
- Construcción con tierras reforzadas o muros verdes.
- Colocación de mallas tridimensionales, geoceldas, etc.
- Construcción de muros en gaviones revegetados.
- Construcción de enrocados o escolleras revegetadas.
- Tierras reforzadas o muros verdes.

- **Técnicas mixtas de revestimiento.**

En las técnicas mixtas de revestimiento se utilizan componentes orgánicos como geomallas, mantas orgánicas, geoalfombras o el sistema de geoceldas; o inorgánicos, como las mallas metálicas, para el control de la erosión superficial.

Como componentes orgánicos se utilizan fibras naturales como el coco, esparto y la paja para dar una protección temporal y como fibras sintéticas el nylon, polietileno, etc., como una protección a más largo plazo, sin embargo, este tipo de materiales dificultan o impiden la continuidad transversal del río con la orilla.

Igualmente se utilizan mucho las geomallas y las mallas orgánicas, las cuales están formadas por componentes orgánicos. La función de las

geomallas es ofrecer un refuerzo estructural y de control parcial de la erosión superficial, creando unos pequeños diques de retención evitando que la tierra y las semillas sean arrastradas. Estas mallas dan una protección contra la erosión más duradera y más resistente que la siembra con el método de hidrosiembra. Usualmente se aplica donde amerite una protección temporal de la erosión superficial y un establecimiento y consolidación de la vegetación, como soporte estructural de siembras, entre otros.

Las mantas orgánicas son otro tipo de sistema para la reducción de la erosión, muy parecido a las geomallas.

- **Técnicas complementarias.**

Estas técnicas como su nombre lo indica, son obras complementarias a las anteriores además de estabilizar el suelo, contribuye a la recuperación de los ecosistemas y del paisaje degradado. Consiste en la siembra de especies leñosas con el fin de acelerar el proceso de revegetación, formar barreras de protección y antirruídos, favorecer el drenaje del suelo, favorece a la descontaminación de las aguas de escorrentías, genera hábitats para la fauna de bosques de ribera, etc.

Entre las técnicas complementarias con el uso de material vegetal en la Ingeniería del Paisaje dentro el ámbito fluvial podemos señalar las técnicas de recubrimiento tales como: cobertura con tierra vegetal, siembras, implantaciones de fragmentos de plantas y plantación de especies herbáceas; y de las técnicas de estabilización podemos señalar las plantaciones, fajinas, esteras, estratos de ramas, empalizadas, etc. Estas técnicas presentan su máxima aplicabilidad en los tramos medio y bajo del río. Es en los suelos riparios y bordes fluviales, donde encontramos de forma natural la vegetación riparia que permiten estas técnicas.

La aplicación de las técnicas de la Ingeniería del Paisaje tiene unos condicionantes generales propias de dichas técnicas y particulares o específicos de los ámbitos fluviales que se deberán conocer y valorar a la hora de proyectar y decidir su aplicación, entre ellos destacamos: la utilización del

material apropiado, el personal calificado y entrenado, y por último las condiciones hidráulicas del cauce.

### **Experiencias de ingeniería biotécnica y bioingeniería en Venezuela.**

En Venezuela se han desarrollado en los últimos años algunas construcciones en el tratamiento de laderas con métodos biotecnológicos pero solo en la estabilización de taludes y el control de la erosión progresiva generada por el viento y las aguas de lluvia. Particularmente el Ing. Francisco Centeno P. ha participado en varias experiencias efectuando “...las modernas aplicaciones de la ingeniería biotécnica y de la bioingeniería...”. (Centeno, 1995)<sup>217</sup>.

El uso de materia viva vegetal es común en las técnicas de estabilización biotécnica y la bioingeniería de suelos según el Ing. Centeno, sin embargo, la ingeniería de estabilización biotécnica para lograr la estabilización definitiva de un talud, la combina con algunos elementos estructurales prefabricados de tipo mecánico que se acoplan entre sí. Esta combinación logra una sinergia entre ellos que ayuda a prevenir la erosión y los deslizamientos en taludes y obras de tierra.

Algunos de los materiales empleados para la estabilización de taludes son el concreto, acero, madera, hierro galvanizado, y los geosintéticos de polietileno de alta densidad (HDPE) O DE Polipropileno.

### **Bioingeniería de suelos.**

La bioingeniería de suelos es una especialidad de la estabilización biotécnica que solo utiliza vegetación viva como elemento estructural de prevención contra la erosión de taludes, canales y obras de tierra, en la cual utiliza las raíces y hojas como mecanismos de control de la erosión.

Para la construcción de obras de bioingeniería de suelos es necesario seguir una serie de criterios y cuidados para garantizar la germinación y el

---

<sup>217</sup> Centeno, F. (1995). *Ingeniería biotécnica y bioingeniería. Nuevas tendencias de la geotecnia para las obras de tierra, la estabilización de taludes y el control de la erosión*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Ponencia en XVII Seminario Venezolano de Geotecnia. Del Estado del Arte a la Práctica.: [www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d](http://www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d)

establecimiento de las especies vegetales y su eficacia en el control de la erosión. Para ello, el Ing. Centeno se refiere a una ponencia presentada por el Profesor Jaime Suarez Díaz en el Simposio Latinoamericano de Control de Erosión llevado a cabo en marzo del año 2002 en la ciudad de Bucaramanga, Colombia, donde señala varios criterios referidos por McCullah (2001) en (Centeno, 1995)<sup>218</sup> :

- **Temporada de siembra.**

*Las especies vegetales deben ser cortadas antes de la época de lluvias. Generalmente, los meses de Febrero y Marzo son los más indicados en la zona de los Andes Tropicales. Se recomienda analizar los datos de días lluviosos, de las estaciones pluviométricas más cercanas. En todos los casos se requiere riego por lo menos durante el primer mes, con el objeto de garantizar la germinación de las especies vegetales.*

- **Escogencia de las plantas.**

*Deben seleccionarse materiales de plantas que se adapten fácilmente a las condiciones del sitio y que además se establezcan fácilmente por estacas. Las especies nativas deben preferirse sobre las plantas exóticas. Se sugiere consultar con los habitantes de la región sobre las especies que fácilmente pueden establecerse utilizando estacas o ramas.*

*Mas del 50% de las ramas deben encontrarse vivas, aunque se permiten algunas ramas muertas.*

- **Tamaño de las ramas.**

*Para la mayoría de los casos las ramas deben tener 1.2 a 2.5 metros de longitud y un diámetro entre 20 y 50 milímetros. Para las fajinas los manojos deben tener de 2 a 10 metros de longitud y diámetros de 150 a 300 milímetros.*

---

<sup>218</sup> Centeno, F. (1995). *Ingeniería biotécnica y bioingeniería. Nuevas tendencias de la geotecnia para las obras de tierra, la estabilización de taludes y el control de la erosión*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Ponencia en XVII Seminario Venezolano de Geotecnia. Del Estado del Arte a la Práctica.: [www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d](http://www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d)

- **Preparación de las ramas.**

*Se recomienda presumergir o poner en remojo (en agua) las ramas por un mínimo de 24 horas antes de colocarlas. En el caso de las fajinas, estas deben empacarse en manojos apretados. Las ramas deben mantenerse siempre en la sombra hasta el momento de la siembra.*

- **Preparación de la superficie del terreno.**

*La pendiente del talud debe ser lo suficientemente suave para impedir la erosión durante el período de germinación de las ramas. Generalmente se recomiendan taludes con pendientes inferiores a 2H : 1V. La superficie de la grada o zanja sobre la cual se van a colocar las ramas de vegetación debe tener una pendiente hacia adentro para facilitar la infiltración de humedad y al mismo tiempo garantizar la estabilidad del sistema.*

- **Colocación de las ramas.**

*Las ramas deben colocarse inmediatamente después de que se realicen las excavaciones para impedir la desecación del terreno. Coloque las ramas en espesores de aproximadamente 100 mm. En una configuración entrecruzada en tal forma que las ramas se traslapen las unas con las otras. Las puntas de las ramas deben sobresalir entre 150 y 300 mm de la superficie del terreno. Cubra las capas de vegetación con aproximadamente 150 mm de suelo orgánico de relleno o suelo fertilizado. Compacte el suelo utilizando un pisón manual liviano.*

*En el caso de las fajinas la profundidad de la zanja debe ser aproximadamente la mitad del diámetro de la fajina. Inmediatamente sature el suelo utilizando un sistema de riego. No debe permitirse el paso de equipos de movimiento de tierras sobre los enramados.*

*Si se especifica la colocación de estacas estas deben colocarse por debajo de las capas de ramas o fajinas. Las estacas deben tener mínimo 20 milímetros de diámetro.*

- **Colocación de las capas del suelo.**

*Coloque las capas de suelo de relleno en espesores de 20 milímetros y compáctelas con equipo mecánico liviano. Coloque la nueva capa de ramas a la altura especificada en el diseño y repita el procedimiento.*

- **Protección de la superficie.**

*Coloque sobre la superficie del terreno semillas y “mulching”, en forma tal que se genere una capa protectora de la superficie del talud. Esta capa ayuda a germinar muy bien las semillas por su efecto invernadero. Es recomendable para taludes.*

*Las obras de bioingeniería requieren de una inspección y mantenimiento muy estrictos, especialmente durante el primer año. Si se llegare a presentar un problema de erosión, este debe corregirse inmediatamente.*

### **Algunas de las técnicas más empleadas.**

En los párrafos anteriores hemos comentado algunas de las técnicas utilizadas por la Ingeniería del Paisaje para el tratamiento de bordes fluviales en países de Europa y en los estados Unidos de América. Seguidamente pasaremos a detallar un poco más las técnicas más utilizadas en los trabajos de restauración ambiental en los sistemas fluviales de esos países.

#### **1) Clavado de estacas vivas.**

La utilización de estacas vivas como técnica de estabilización de taludes en los tratamientos de bordes fluviales, se refiere a la siembra de estacas en el suelo degradado, pero previamente estabilizado, a fin de que enraícen y se desarrollen como una planta en su hábitat natural. Estas raíces de las estacas forman un entramado en el suelo que ayudan a su estabilización reforzando y uniendo todas sus partículas entre sí, eliminando el exceso de agua.

El clavado individual de estacas produce una mejora de las orillas estables en ríos que carezcan de vegetación arbórea o arbustiva, y depende de forma casi exclusiva de la profundidad que tiene la estaca, con el objetivo de alcanzar el nivel freático. Ofrece buenos resultados a medio y largo plazo.

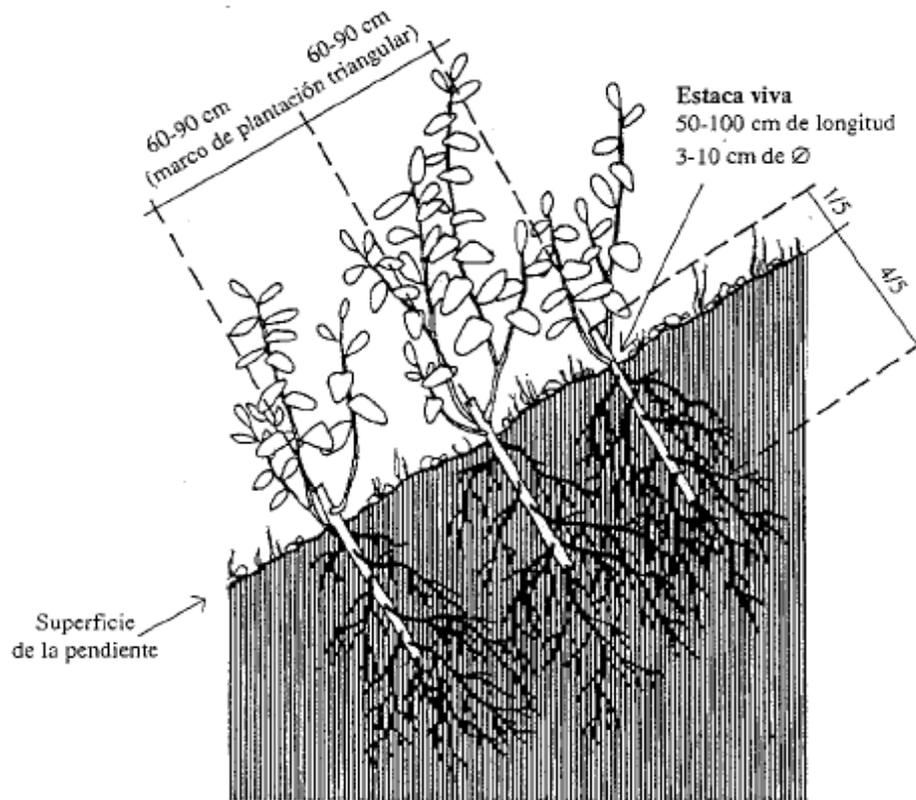
En España son utilizadas del género *Salix*, se colocan entre los huecos de las escolleras o enrocados, en las orillas o directamente sobre taludes de tierra. La reproducción de las Salicáceas utilizadas en Europa se efectúa por vía agámica o vegetativa, constituyendo ésta una de las características esenciales. Para ello se utilizan estacas, pequeñas secciones de ramas vegetativas que no estén brotadas. Estas estacas se obtienen de varillas (varetas) de las plantas más vigorosas y que no tengan más de dos años.

Esta técnica es usualmente utilizada en las siguientes situaciones:

- Para reparar pequeñas depresiones, que normalmente se encuentran encharcadas.
- Para sujetar los materiales de recubrimiento en los tratamientos para el control de la erosión superficial.
- Para estabilizar áreas intermedias entre otras técnicas de estabilización de taludes.
- Cuando se necesita un método económico y poco tiempo de ejecución.

#### **Especificaciones del material.**

- Las estacas deben podársele las ramas laterales, limpiamente podada y con la corteza en buen estado.
- El extremo basal debe cortarse en ángulo para facilitar su siembra en modo de inserción.
- El extremo superior se cortará en ángulo recto.
- El tamaño debe oscilar entre 50 y 100 cmts. De longitud y con un diámetro de 3 a 10 cmts.
- Las estacas deben sembrarse el mismo día que son preparadas.



Estacas vivas.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998)

### Criterios de implantación.

- Las estacas se sembrarán formando un ángulo de  $90^\circ$  con la línea de pendiente máxima del suelo.
- La separación entre las estacas será entre 60 y 90 cms. Utilizando un esquema de siembra en forma de triángulo, es decir en “tres boleó”, y su densidad será de 2 a 4 estacas por  $m^2$ .
- Las yemas deben orientarse hacia arriba.
- Para su plantación en terrenos muy compactados o pedregosos, se usará una “chicora” o barra metálica para efectuar un agujero. Se clavarán las estacas vivas aplicándole martillazos leves, preferiblemente con un martillo relleno de arena.

- De su longitud total solo se introducirá en el suelo una 4/5 y luego se compactará el suelo a su alrededor.
- Deberán desecharse las estacas partidas y rajadas durante la siembra.

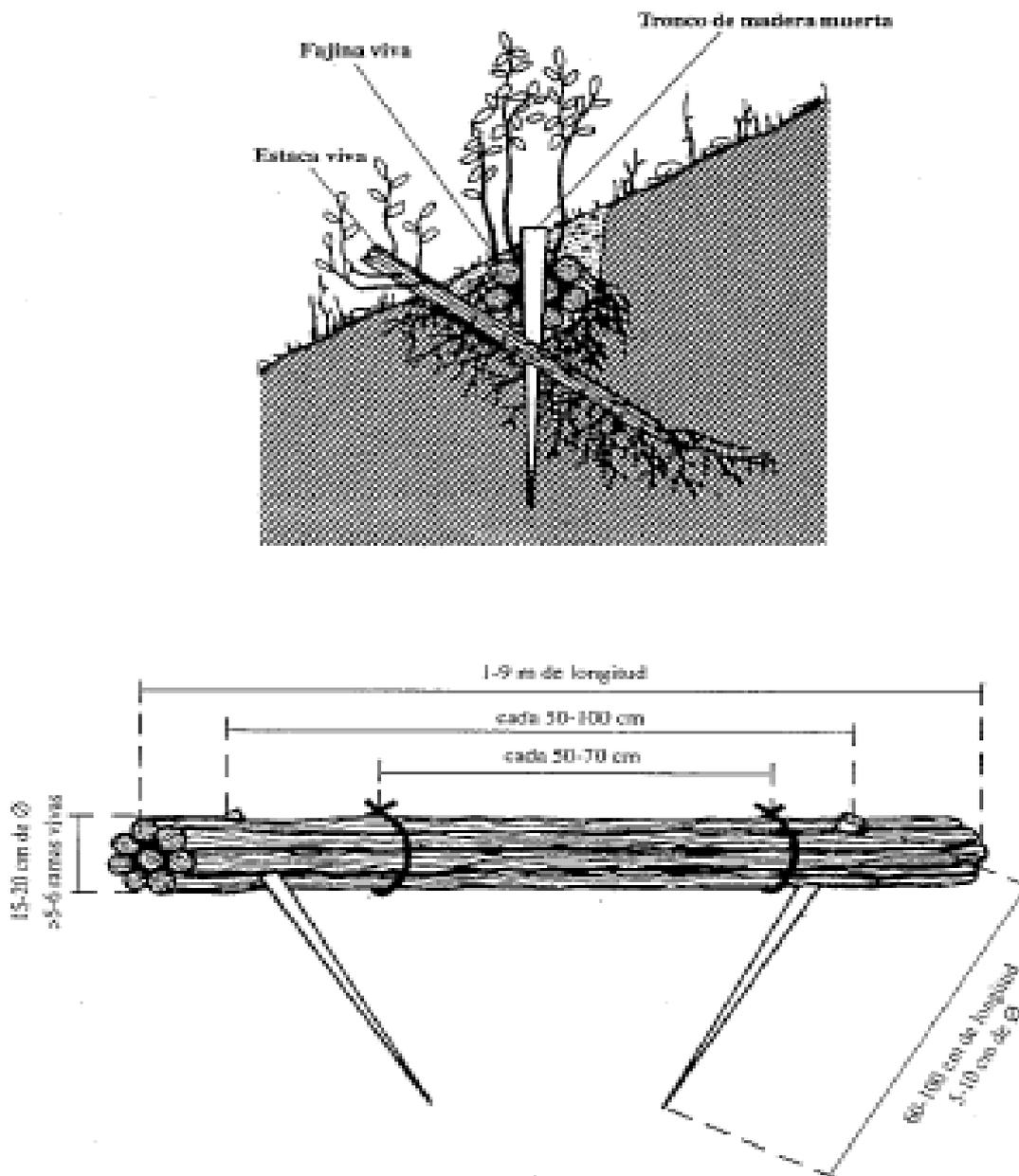
## **2) Fajinas vivas**

En las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, la utilización de fajinas vivas quiere decir la confección de estructuras cilíndricas con manojos atados de ramas vivías cortadas de plantas leñosas, atadas con alambre, cuerda o elementos vegetales. Al sembrar estas fajinas crean un microclima apto para el desarrollo y el establecimiento de plantas. Se colocan en la orilla, en el límite del nivel freático con el fin de que sus raíces se desarrollen en la parte seca pero cerca del agua. Se utiliza para reducir la erosión superficial y del drenaje en pendientes muy húmedas

### **Especificaciones del material.**

- Las ramas deben tener una longitud superior a 1 mt con un diámetro inferior a 10 cmt.
- Las siembras serán en terrazas superficiales siguiendo las curvas de nivel, cuando se trate de suelos secos y la siembra será en ángulo cuando se trate de suelos húmedos con el fin de favorecer el drenaje y reducir la erosión superficial.
- Opcionalmente se pueden combinar con plantaciones de especies enraizadas o con técnicas de empalizadas trenzadas.
- Su utilización será para taludes hasta una pendiente de 30 a 35 % como máximo.
- Se utilizará para proteger deslizamientos superficiales en profundidades entre 30 y 60 cmt.
- Las ramas a utilizar deben ser de especies leñosas, estar vivas y ser largas y rectas.
- Deben ser especies que enraícen fácilmente a partir de estacas.

- Cada fajina debe tener de 5 a 6 ramas vivas como mínimo.
- Las fajinas serán de ramas vivas atadas y de una longitud de 1 a 9 mts o mayor, dependiendo de las condiciones del sitio y de las limitaciones de su manejo.
- Las fajinas deben tener diámetro entre 15 a 20 cmt, con todas las yemas de crecimiento apical orientadas en la misma dirección. La distribución de las ramas en las fajinas debe ser de forma escalonada distribuyendo las yemas uniformemente.
- Para el atado de las fajinas en España usan cordones de cáñamo (Cannabáceas) no tratado y opcional se puede utilizar alambres. Los atados se efectuarán cada 50 a 70 cmt.
- Para afianzar las fajinas vivas se utilizarán troncos muertos sin tratar con una longitud entre 60 a 100 cmt con un diámetro entre 5 y 10 cmt. Deben ser troncos nuevos y fuertes. Opcionalmente se podrá utilizar estacas vivas o postes de acero. Se debe rechazar cualquier tronco que presente roturas o ranuras.



Fajinas vivas.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

### Criterios de implantación.

Para una buena efectividad en los resultados de esta técnica debe seguir los siguientes criterios:

- Las fajinas y las estacas vivas una vez preparadas se procederá a su siembra.

- La siembra se empezará por la base del talud, excavando una zanja en todo su contorno con una longitud suficiente para contener la fajina. El ancho de la zanja será entre 30 a 50 cmt dependiendo de la pendiente del talud. La profundidad de la zanja es variable entre 15 y 20 cmt según el diámetro de cada fajina.
- La fajina viva debe colocarse dentro de la zanja.
- Para sujetar la fajina se clavarán las estacas de troncos muertos directamente a través de la fajina viva o por debajo de ella. La distancia será entre 50 y 100 cmt a todo lo largo de la fajina. Se podrán utilizar troncos extras en los casos de superposiciones o encadenamientos de fajinas. La altura final del tronco debe ser la misma altura de la fajina.
- Se implantarán estacas vivas en la parte baja de la fajina y su altura deberá sobrepasar a la fajina entre 5 y 7.5 cmt.
- Cada terraza se rellenará con la tierra excavada de la terraza inmediatamente superior.
- La tierra extraída de la terraza se utilizará a los lados y a lo largo de la fajina para evitar huecos de aire, dejando visible solo la parte superior.
- El talud en su perfil superior deberá ser ligeramente redondeado.
- En los suelos muy húmedos, para facilitar el drenaje debe colocarse fajinas de tronco muerto, tubos de drenaje o un lecho de grava en la parte inferior.

### **3) Lechos de ramaje.**

La técnica de lechos de ramaje presenta tres tipos de métodos constructivos diferentes cuya diferencia radica en el tipo de material vegetal que se utilice, ellos son lechos de ramaje con ramas vivas, con plantas enraizadas y el mixto que combina los dos anteriores.

En las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, la utilización de la técnica de lechos de ramaje se refiere a la implantación en

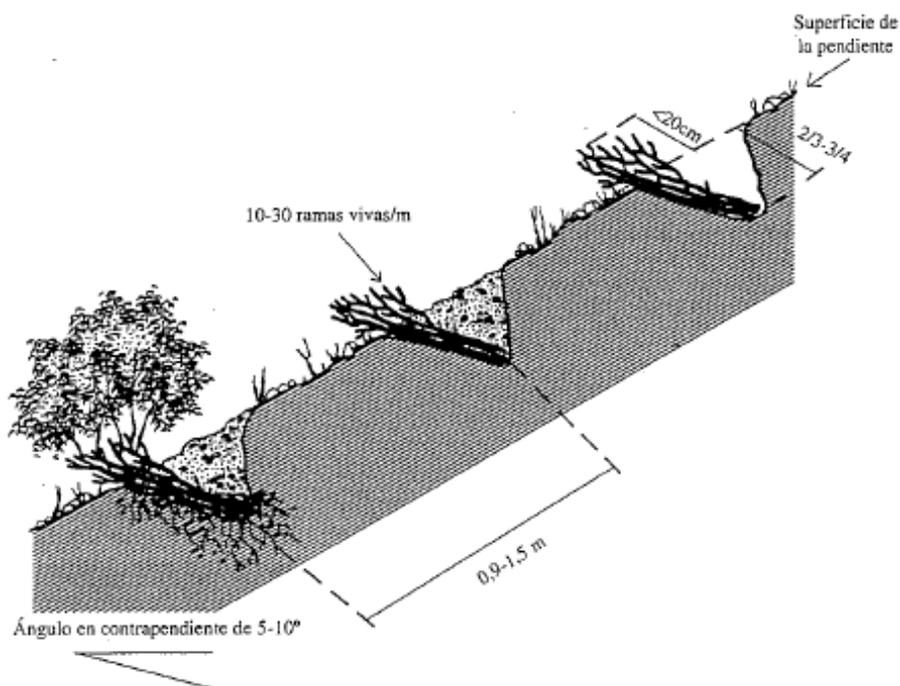
los taludes de ramas vivas y/o plantas enraizadas con un sistema radicular del tipo adventicio para resistir al recubrimiento con tierra y la caída de piedras y tierra provenientes de lugares más elevados.

El material vegetal debe estar sembrado casi perpendicular con el contorno del talud. Al utilizar la técnica de lechos de ramaje sembrando las ramas vivas, estas se cortan y se siembran en pequeñas terrazas excavadas en el talud. La técnica sembrando las plantas enraizadas consiste en su siembra en pequeñas terrazas cortadas en la pendiente y por último, es la combinación de ambas técnicas.

Estas técnicas se utilizan para controlar la erosión, para reforzar y estabilizar el suelo en los taludes, transformándolo en una serie de pendientes cortas separadas por pequeñas terrazas y filas de matas escalonadas, reduciendo la longitud vertical del talud. Las plantas sembradas reconducen y aminoran la infiltración adversa, actuando como drenaje horizontal, aportan un microclima que ayuda a la germinación de las semillas y a la regeneración natural. Las raíces desarrolladas por estas plantas impiden el desplazamiento o las roturas del suelo, retienen los elementos sueltos del talud, reparan cárcavas, facilitan el drenaje en los suelos muy húmedos y aportan infiltración en los suelos muy secos.

#### **Especificaciones del material.**

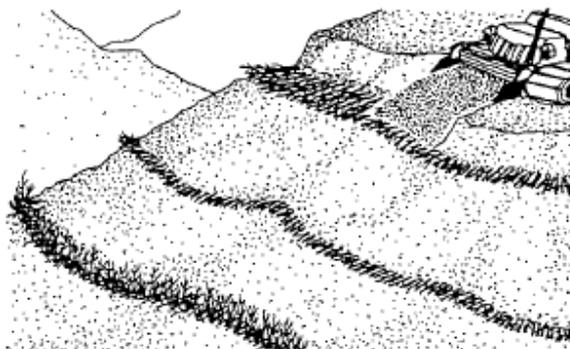
- Las ramas vivas deben ser plantas leñosas con capacidad de reproducción vegetativa y deben tener todas las ramificaciones intactas y sus raíces deben ser del tipo adventicias.
- La corteza debe estar en buen estado para la siembra.
- La planta debe tener la longitud que le permita sobresalir entre 10 y 20 cmt desde el fondo de la zanja.
- El sistema radicular de las plantas deben estar en buen estado.
- Las plantas deben tener entre 2 y 4 años o un diámetro entre 1 y 3 cmt.
- Deben ser resistentes a la caída de material granular y al recubrimiento con tierra.



### Lechos de ramaje.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).



### Lechos de ramaje.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

## Criterios de implantación.

Para lograr el mejor de los resultados en la utilización de estas técnicas, deben seguirse algunos criterios en el proceso de la siembra, los cuales son:

- La siembra debe iniciarse desde la base y en un extremo lateral del talud.

- Se debe excavar la terraza de forma horizontal, siguiendo las curvas de nivel o un ángulo descendente entre 15° y 60° si se necesita mejorar el drenaje.
- El ancho de las terrazas para la siembra de las plantas de la técnica de ramaje con ramas vivas debe tener entre 50 y 100 cmt y para la técnica de ramaje con plantas enraizadas debe tener entre 50 y 75 cmt. En ambos casos su profundidad debe ser de 50 cmt mínimo.
- Las terrazas para la siembra en suelos poco permeable debe tener un ángulo de inclinación en contra pendiente entre 5° y 10°.
- Cuando el suelo de la terraza excavada sea muy duro y compacto, es recomendable mullirlo o airearlo.
- En suelos muy pobres es recomendable colocar especies capaces de desarrollarse en esas condiciones.
- En las técnicas de lechos de ramaje, las plantas se distribuirán por encima del perfil superficial de la terraza y la densidad en el caso de utilizar ramas vivas será entre 10 y 30 ramas vivas/m, entrecruzadas o dispuestas unas encima de otras y alternado las ramas por grosores y edad. En el caso de las plantas enraizadas su densidad será entre 5 y 20 plantas/m. En cuanto a la mixta o combinada su densidad será de 10 ramas vivas como mínimo y entre 1 y 5 plantas enraizadas/m.
- Las ramas no deben sobresalir de la terraza más de 20 cm, independientemente de su longitud y sus yemas terminales deberán disponerse hacia afuera. En el caso de las plantas enraizadas deben enterrarse las 2/3 - 3/4 partes de su longitud.
- La tierra producto de las excavaciones de las terrazas se aplicará encima de las ramas vivas y/o plantas enraizadas, luego debe compactarse para evitar huecos de aire. Esta tierra utilizada será la extraída de la terraza inmediatamente superior.
- El perfil de la parte superior del talud quedará ligeramente redondeado.

- En función de la pendiente y la estabilidad del talud, la distancia entre las hileras de los ramajes variará entre 90 y 150 cm.

#### **4) Peldaños de leña.**

El uso de la técnica de peldaños de leña en las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, se refiere a la implantación de estacas vivas en pequeñas terrazas excavadas en los taludes, previa colocación de troncos de madera muerta y un lecho de ramas muertas (en España utilizan coníferas) a fin de cumplir función de armadura y facilitar el drenaje. Este material vivo se orienta de forma casi perpendicular al contorno del talud.

Esta técnica tiene variaciones en su implementación, entre las cuales podemos destacar las intervenciones lineales continuas y las alternas que intercala tramos cortos de peldaños de leña y zonas sin protección y estas a su vez se disponen a diferentes alturas del talud.

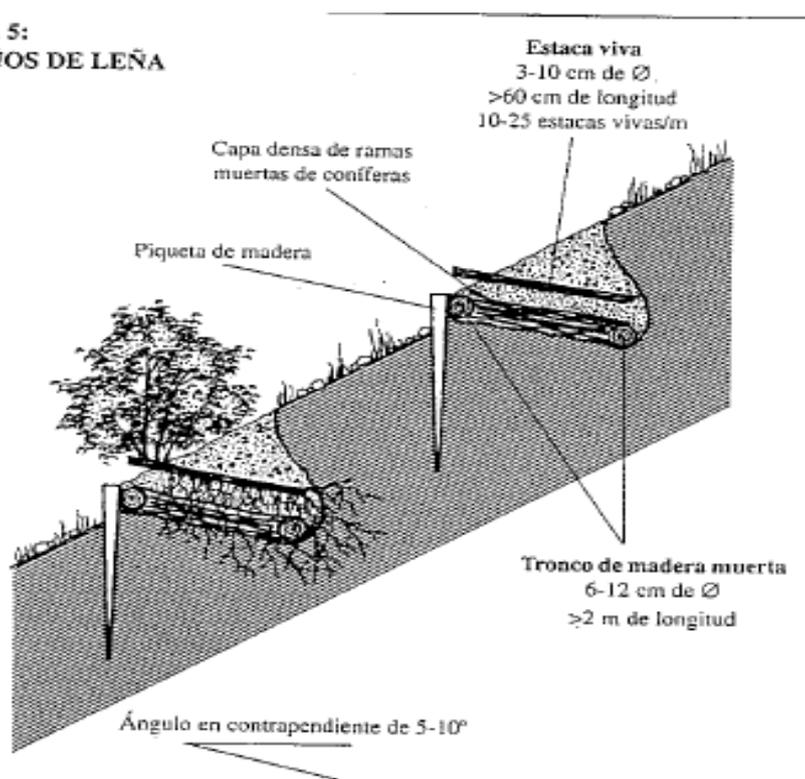
Estas técnicas se utilizan para controlar la erosión, para reforzar y estabilizar el suelo en los taludes, transformándolo en una serie de pendientes cortas separadas por líneas de matas escalonadas, además, refuerza el suelo de dos maneras, una con la armadura de ramas muertas y otra al desarrollarse las raíces de las estacas vivas impidiendo su desplazamiento o la rotura. Esta técnica aporta estabilidad al crear una cobertura vegetal y ésta a su vez crea un microclima que favorece a la germinación de semillas y a la regeneración natural e igualmente facilita la infiltración en suelos secos.

#### **Especificaciones del material.**

- Las estacas vivas deben ser de plantas leñosas con capacidad de reproducción vegetativa y deben tener la capacidad de producir raíces del tipo adventicias.
- Deben ser resistentes a la caída de material granular y al recubrimiento con tierra.
- La estaca debe tener la longitud de 60 cmt mínimo suficiente para alcanzar el fondo de la zanja y su diámetro debe ser entre 3 y 10 cm.

- Los troncos de madera muerta tendrán un diámetro entre 6 y 12 cm y una longitud de 2 m mínimo. Pueden ser troncos enteros, medios o cuartos de troncos dispuestos uno encima del otro y variables entre 1 y 2 troncos.
- Las ramas muertas (las coníferas usadas en España) se debe incorporar como una capa densa.

**FIGURA 5:  
PELDAÑOS DE LEÑA**



Peldaños de leña.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

### **Criterios de implantación.**

Para lograr el mejor de los resultados en la utilización de estas técnicas, deben seguirse algunos criterios en el proceso de la siembra, los cuales son:

- Se debe excavar la terraza de forma horizontal, siguiendo las curvas de nivel, iniciando desde la base de la pendiente y desde uno de sus extremos laterales.

- El ancho de las terrazas debe ser de 50 cmt mínimo con un ángulo de inclinación en el perfil superficial entre 5° y 10°.
- El suelo del fondo de la terraza excavada se deberá ablandar en caso de ser muy duro y compactado.
- En suelos muy pobres es recomendable colocar especies capaces de desarrollarse en esas condiciones.
- Sobre el perfil superficial de la terraza se colocarán los troncos de madera muerta y la capa densa de ramas muertas. Encima de este material se aportará una capa de suelo de 10 cmt de grosor, y sobre éste se colocarán las estacas vivas con un intervalo entre 4 a 10 cmt, y con una densidad entre 10 a 25 estacas vivas/m.
- Se utilizarán piquetas de madera o de hierro para sujetar los peldaños de leña al terreno duro, clavados a una profundidad entre 1 y 2 m y con una distancia entre ella de 1.5 a 3 m.
- Las ramas deben sobresalir de la terraza entre 10 y 20 cm, independientemente de su longitud y sus yemas terminales deberán disponerse hacia afuera.
- La tierra producto de las excavaciones de las terrazas se aplicará encima de las estacas vivas, luego debe compactarse para evitar huecos de aire. Esta tierra utilizada será la extraída de la terraza inmediatamente superior.
- El perfil de la parte superior del talud quedará ligeramente redondeado.

### **5) Entramados de madera.**

El uso de la técnica de entramados de madera en las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, se fundamenta en la construcción de una estructura a base de troncos y ramas vivas entrelazadas. Esta estructura se rellena posteriormente con capas de ramas vivas cortadas y con material que permite el desarrollo de las raíces de estas ramas a fin de que formen una red dentro de la estructura y se extiendan dentro del suelo del talud. La vegetación resultante luego del desarrollo de dichas raíces

gradualmente sumirá las funciones estructurales del entramado de troncos de madera.

La construcción de un entramado de madera “a una pared” es una variación en su implementación para zonas de poca pendiente, ya que esta técnica requiere menos material y necesita menor excavación.

El entramado es una espesa capa de 10 a 20 cm. de ramaje vivo que se sitúa directamente sobre la tierra del talud que se pretende estabilizar. La parte apical de las ramillas o haces se coloca hacia abajo perpendicularmente al sentido de la corriente o inclinadas dirección aguas abajo. Se fija, cada 60-80 cm. con fajinas o alambre, en su límite inferior por la base en una zanja previamente excavada, y se recubre con una capa de 15 a 25 cm. de espesor de tierra o gravilla.

Estas técnicas se utilizan para la estabilización de las bases de los taludes empinados y resbaladizos, en zonas en las cuales la profundidad del suelo es muy alta y en las áreas donde se disponga de muy poco espacio y se requiera una estructura sólida para contención del talud la cual debe presentar vegetación.

#### **Especificaciones del material.**

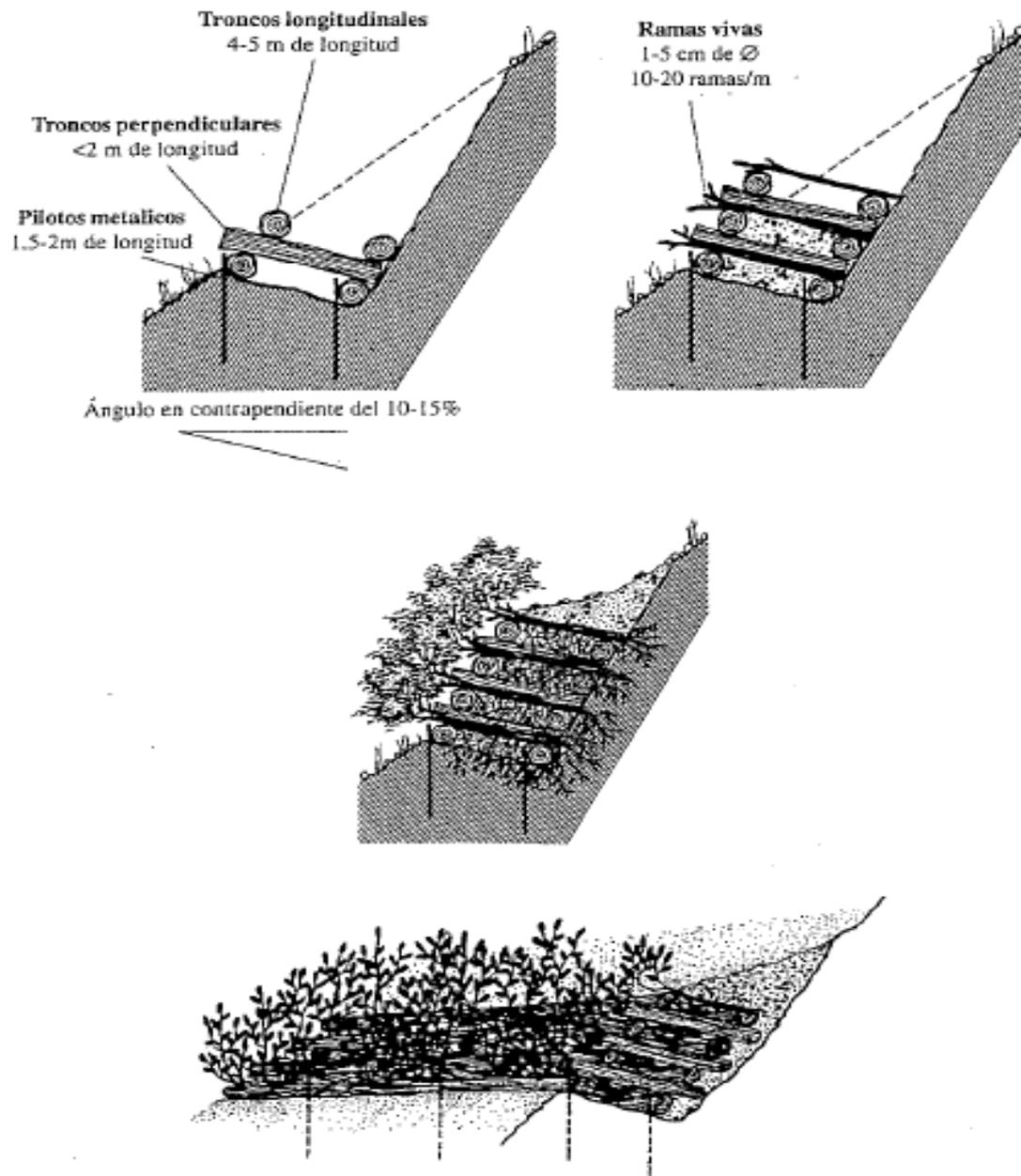
- Las ramas vivas cortadas debe tener la longitud suficiente para cubrir la estructura de madera y su diámetro debe ser entre 1 y 5 cm.
- Los troncos de madera muerta de la estructura de madera tendrán un diámetro entre 20 y 30 cm y su longitud será variable en función del tamaño del entramado de madera, usualmente entre 4 y 5 m.
- La longitud de los troncos perpendiculares no debe superar los 2 m. Si el entramado de madera es “a una pared” estos troncos deben ser puntiagudos a fin de clavarlos al fondo de la excavación.

- La sujeción de estos troncos en su base será con pilotes metálicos entre 1.5 y 2 m de longitud y deben unirse entre ellos con clavos largos o grapas.

### **Criterios de implantación.**

Para lograr el mejor de los resultados en la utilización de estas técnicas, deben seguirse algunos criterios en el proceso de la siembra, los cuales son:

- Para una buena estabilización del entramado de madera se excavará el suelo en la base del talud a una profundidad entre 30 y 60 cm.
- Para aumentar la estabilidad de la estructura se debe excavar la terraza con un ángulo descendente entre 10° y 15° en contrapendiente.



#### Entramados de madera.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

- Sobre la cimentación se colocará el primer nivel de troncos o maderas estructurales, en forma longitudinal y siguiendo las curvas de nivel, separados 2 m máximo. En el caso de del entramado de madera “a una pared” solo se colocará un tronco longitudinal en la parte frontal del mismo.

- Para afianzar la estructura al suelo se clavarán pilotes metálicos entre 1.5 y 2 m de longitud.
- Sobre los troncos iniciales se colocarán en ángulo recto los siguientes niveles. En el caso de del entramado de madera “a una pared” se clavarán los troncos perpendiculares a la pared del talud.
- Dichos niveles se clavarán al nivel precedente con grapas, clavos o barras de refuerzo y serán atadas con alambre, formando una inclinación del entramado entre 30% y 50%.
- Los extremos de esta empalizada deben estar apoyados en suelo estable y sano.
- Sobre cada nivel de troncos del entramado se colocarán las ramas vivas en el interior de la estructura de madera, en posición perpendicular al talud en forma de hileras, la implantación será con una densidad entre 10 y 20 ramas vivas/m.
- Posteriormente se cubrirá y se compactará con la tierra previamente excavada a fin de asegurar el contacto de las ramas con la tierra. Es recomendable para mejorar el drenaje y mejorar dar una mayor solidez al mismo que el relleno en su composición tenga granulometría variable.
- La altura máxima para los entramados de madera debe ser de 1.80 m, incluyendo la excavación necesaria para su instalación.
- Las yemas terminales de las ramas vivas se dispondrán orientadas fuera del talud. El extremo inferior de la rama debe tocar el fondo de la excavación. Las ramas deben sobresalir ligeramente de la superficie frontal del entramado de madera.
- Para asegurar que las ramas vivas enraícen, el material de relleno debe estar humedecido o en su defecto debe ser humedecido.

#### **6) Empalizadas trenzadas.**

El uso de la técnica de empalizadas trenzadas en las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, se fundamenta en la implantación en pequeñas zanjas excavadas en el talud, de ramas vivas

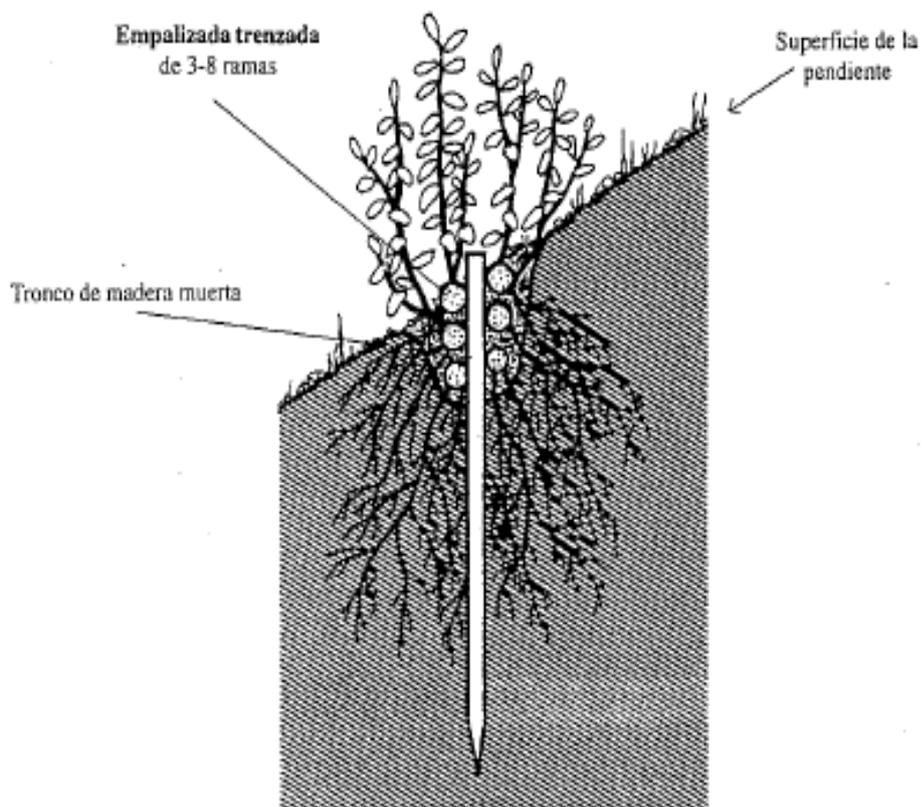
cortadas y colocadas en forma trenzada entre sí y fijadas a troncos de madera muerta, estacas vivas o a barras de acero. Su colocación es en forma lineal siguiendo el contorno del talud, sin embargo existe una variación de ella, la cual es colocándola diagonalmente en forma de rombo o cuadrado. Esta técnica se puede complementar con la siembra de plantas enraizadas.

En estas técnicas se distinguen dos tipos constructivos que se diferencian por la disposición del material vegetal, los cuales son las empalizadas trenzadas enrasadas y las empalizadas trenzadas sobresaliendo del terreno.

Estas técnicas se utilizan para la estabilización y refuerzo de los suelos en pendiente y para el control de la erosión transformándolo en una serie de pendientes cortas separadas por líneas de empalizadas, reduciendo la longitud vertical del talud. Las raíces desarrolladas por estas plantas impiden el desplazamiento o las roturas del suelo. Al desarrollarse la capa vegetal por la estabilidad lograda, ellas retienen los elementos sueltos del talud. Las plantas sembradas aportan un microclima que ayuda a la germinación de las semillas y a la regeneración natural.

#### **Especificaciones del material.**

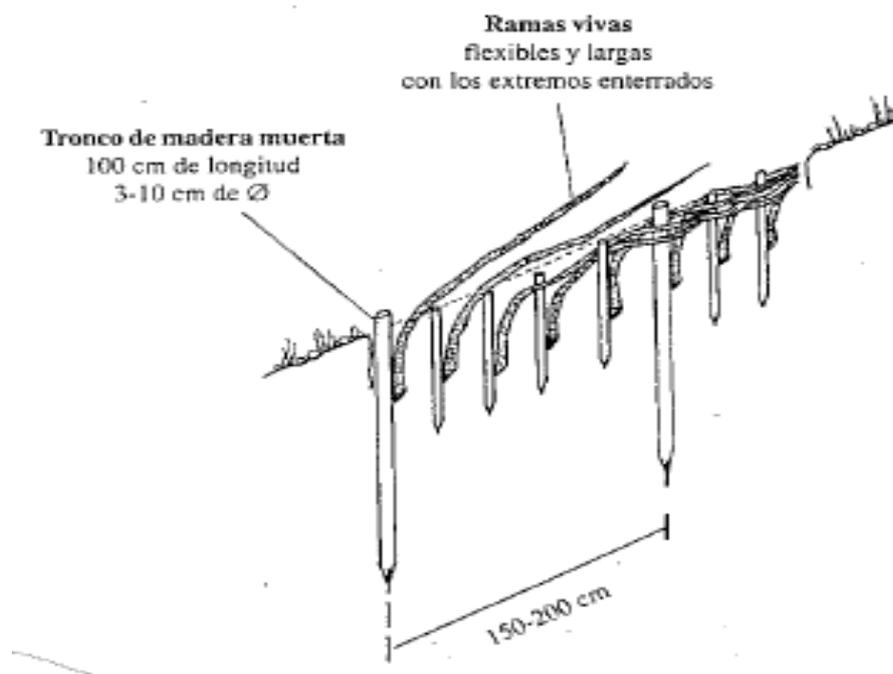
- Las ramas vivas cortadas deben ser flexibles y lo mas larga posible con pocas ramas laterales.
- La corteza debe estar en buen estado para la siembra.
- Los troncos de madera muerta tendrán un diámetro entre 3 y 10 cm y su longitud será de 1 m.
- Opcionalmente se pueden utilizar estacas vivas o una combinación de de éstas con troncos de madera muerta o barras de acero.
- La sujeción de estos troncos en la empalizada trenzada será con alambre de 3 mm de diámetro.



### Empalizadas trenzadas.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).



### Empalizadas trenzadas.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

### **Criterios de implantación.**

Para lograr el mejor de los resultados en la utilización de estas técnicas, deben seguirse algunos criterios en el proceso de la siembra, los cuales son:

- Las zanjas se excavarán de forma horizontal, siguiendo las curvas de nivel y si se necesita mejorar el drenaje se excavarán con un ligero ángulo en forma descendente o en forma de rombo.
- El ancho de la zanja será proporcional al grosor de la empalizada y su perfil superficial debe coincidir con el perfil del talud.
- Cuando el suelo de la terraza excavada sea muy duro y compacto, es recomendable mullirlo o airearlo.
- En suelos muy pobres es recomendable colocar especies capaces de desarrollarse en esas condiciones.
- Para afianzar la estructura al suelo se clavarán los troncos de madera muerta, los postes de acero o las estacas vivas entre 1,50 y 2,00 m de distancia y entre ellas se colocarán otras estacas más cortas cada 30 cm aproximadamente.
- Los troncos y estacas en la técnica de empalizadas trenzadas enrasadas no deberán sobresalir del perfil superficial de la pendiente del talud, mas de 5 cm, y en el caso de la técnica de empalizadas trenzadas sobresaliendo del terreno, las ramas vivas deben sobresalir entre 15 y 30 cm, de esta manera se logra una estabilización física inmediata y se permite el enraizamiento de las ramas vivas.
- Se dispondrán longitudinalmente de 3 a 8 ramas vivas flexibles, entrelazadas con los troncos y estacas, unas sobre otras y enterrando sus extremos. Posteriormente debe apretarse hacia abajo para asegurar el contacto con el suelo.
- Posteriormente se cubrirá y se compactará con la tierra previamente excavada a fin de asegurar el contacto de las ramas con la tierra y evitar huecos de aire.

- En función de la pendiente y la estabilidad del talud, se puede variar la distancia entre las hileras de las de las empalizadas trenzadas entre 1.20 y 2.00 m.

### **7) Emparrillados vivos.**

El uso de la técnica de emparrillados vivos en las obras de estabilización de taludes con métodos biotecnológicos, se fundamenta en la construcción de una estructura en forma de reja con troncos verticales, apoyados en su extremo inferior sobre un tronco o un entramado resistente, en forma de contrafuerte, además de troncos horizontales atornillados o clavados unos con otros. Estas estructuras se fijarán con barras metálicas en el terreno y se colocan capas de ramas vivas cortadas. Esta técnica se puede complementar con la siembra de plantas enraizadas sobre los troncos horizontales, y posteriormente se rellena con tierra.

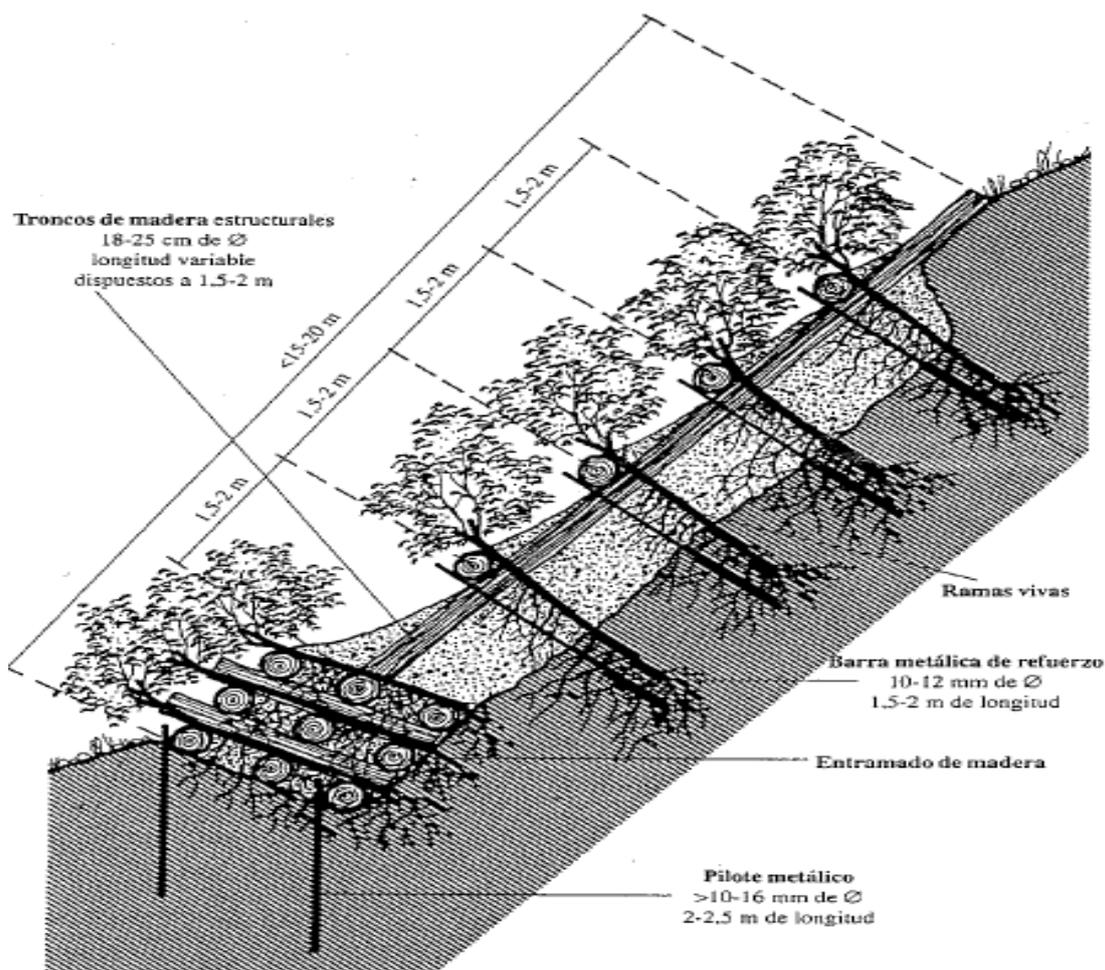
Gradualmente la vegetación resultante irá asumiendo las funciones estructurales del emparrillado de troncos de madera, luego de de que las ramas vivas enraícen y se desarrollen.

Estas técnicas se utilizan para la estabilización y refuerzo de los suelos en pendiente y para el control de la erosión y es aplicada en taludes que presentan grandes cárcavas; en taludes inclinados y resbaladizos que requieran estabilización; en taludes con pendientes entre 45° y 60° y en zonas donde se disponga de una gran profundidad del suelo.

#### **Especificaciones del material.**

- Las ramas vivas deben ser plantas leñosas con capacidad de reproducción vegetativa y deben tener todas las ramificaciones intactas y sus raíces deben ser del tipo adventicias.
- La corteza debe estar en buen estado para la siembra.
- Las ramas vivas cortadas deben tener un diámetro entre 1 y 5 cm, con una longitud que permita alcanzar el fondo de la cárcava o excavación y además debe sobresalir entre 10 y 20 cm de la superficie del talud.

- El sistema radicular de las plantas deben estar en buen estado.
- Las plantas deben tener entre 2 y 4 años o un diámetro entre 1 y 3 cm.
- Las plantas deben ser resistentes a la caída de material granular y al recubrimiento con tierra y tener la capacidad de producir raíces del tipo adventicias.
- Los troncos o estructuras de madera muerta tendrán un diámetro entre 18 y 25 cm y su longitud será variable y en función del tamaño del emparrillado vivo.
- La sujeción de estos troncos o maderas estructurales será en base a clavos largos o grapas y se atarán con alambre.
- El contrafuerte de la base del emparrillado se reforzará con pilotes metálicos entre 10 y 16 mm de diámetro mínimo y con una longitud entre 2.00 y 2.50 m: Los troncos horizontales del emparrillado se fijaran al suelo con barras metálicas de refuerzo con un diámetro entre 10 y 12 mm y una longitud entre 1.5 y 2.00 m.



Emparrillados vivos.

Fuente: Restauración del Paisaje.

Obras de Bioingeniería Técnicas de estabilización de taludes (1998).

### Criterios de implantación.

Para lograr el mejor de los resultados en la utilización de estas técnicas, deben seguirse algunos criterios en el proceso de la siembra, los cuales son:

- Se efectuará la excavación en la base de la cárcava a una profundidad variable que permita una cimentación estable y sólida, utilizando como base un tronco longitudinal, un entramado de madera o un empedrado.
- La excavación para la base debe tener un ángulo de inclinación en contra pendiente entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$  para sumar estabilidad a la estructura.
- Sobre la cimentación se colocarán troncos o maderas estructurales en posición vertical, igualmente se apoyarán en la

cima de la cárcava sobre terreno sano con una separación entre 1.50 y 2.00 m aproximadamente.

- En la base de la cimentación se clavarán pilotes metálicos de refuerzo entre 10 y 16 mm de diámetro y una longitud entre 2.00 y 2.50 m. En cuanto a las barras metálicas de refuerzo deberán tener entre 10 y 12 mm de diámetro con una longitud entre 1.5 y 2.00 m, distribuida a lo largo de los troncos verticales a una distancia entre 1.50 y 2.00 m.
- Sobre las barras metálicas de refuerzo se colocarán troncos horizontales formando ángulo recto con los troncos verticales creando unas celdas rectangulares niveladas y encima de ellos. Cada nivel de tronco se clavará a los troncos verticales con grapas o clavos y se atarán con alambre.
- Luego de construida esta estructura de madera se rellenará con tierra, efectuando pequeños niveles coincidiendo con los troncos horizontales. Para aumentar la permeabilidad y darle una mayor solidez a la estructura el relleno debe presentar diferentes granulometrías.
- Las yemas terminales de las ramas vivas cortadas deberán disponerse hacia fuera del talud. Sin embargo, algunas de los extremos de las ramas deberán tocar el fondo de la cárcava o excavación.
- Para asegurar que las ramas vivas cortadas no se sequen, el suelo debe tener humedad suficiente, y en su defecto, deberá humedecerse.

#### **8) Mini Barreras Vivas de Control.**

La construcción de una Mini Barrera Viva de Control es a base de la combinación de materiales locales con plantas vivas. Este tipo de presa permite la circulación del agua entre los materiales y su objetivo es disminuir la velocidad del agua al reducir la pendiente efectiva en una cárcava o fisura.

Entre sus funciones destaca el atrapar los sedimentos que bajan por una cárcava o fisura. Retener el material erosionado que se deposita detrás de la presa de control, así como también refuerza el costado de las cárcavas o fisuras.

Esta técnica es utilizada para impedir que las fisuras en el suelo se conviertan en grandes cárcavas; también para repara pequeñas cárcavas cuya profundidad máxima sea de 1 m y su ancho máximo sea de 2 m; así como también para minimizar la cantidad de material que llega a los sitios de deposición de escombros procedentes de la erosión de cárcavas y fisuras, antes de ser drenados a los canales de desagüe naturales.

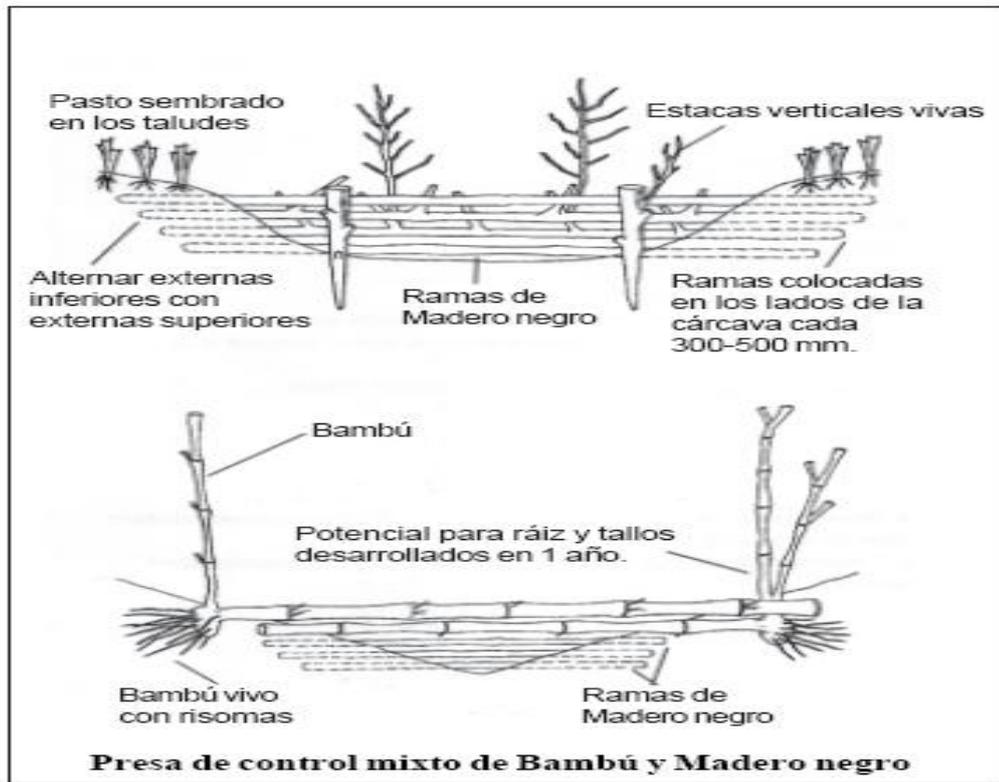
#### **Especificaciones del sitio de implantación.**

Las pendientes de las cárcavas donde se va aplicar ésta técnica no debe ser mayor de 40°.

Esta técnica puede ser aplicada para el tratamiento de las cárcavas en los taludes de relleno compuesto por material no consolidado que sea propenso a la erosión; y en los taludes de corte con el material compuesto por escombros consolidados o de roca arcillosa.

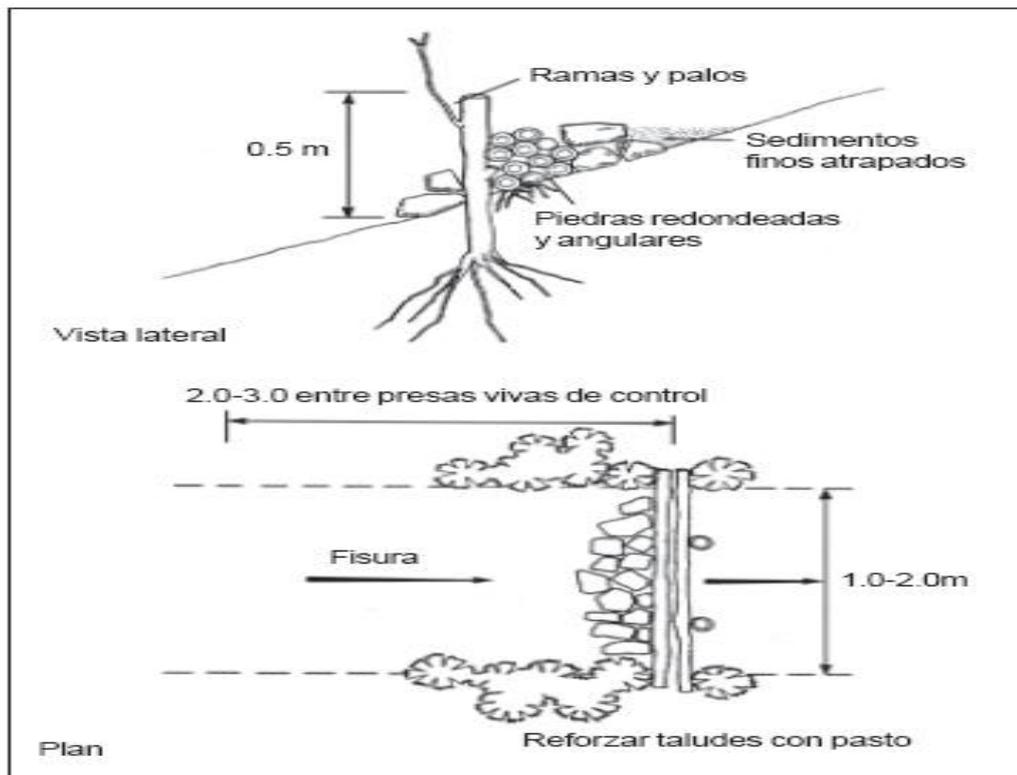
#### **Especificaciones del material.**

Las estacas de madera dura deben tener una longitud entre 1 y 2 m y un diámetro entre 60 y 120 mm, y las especies utilizadas en algunos países del Caribe son el *Gliricidia sepium* y *Eritrina corallodendrum*. Tallos largos de *Pennisetum purpureum* y *Bambusa vulgaris* tallos entre 2 y 3 años. Para pastos robustos se utiliza *Vetiveria zizanioides* (vetiver) cuyas raíces son fibrosas y sirven para reforzar los costados de las cárcavas.



Mini barreras vivas de control

Fuente: Anónimo. La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.



Mini barreras vivas de control

Fuente: Anónimo. La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.

### **Criterios de implantación.**

- En taludes muy inclinados será necesario recortarlo y el material suelto debe botarse aguas arriba de la presa de control.
- Se prepararán grupos de 4 o 5 estacas de madera dura y se alternarán de manera que los extremos inferiores de algunas de las estacas queden adyacentes al extremo superior de otros.
- Se coloca el grupo de estacas a un lado de la cárcava y a una profundidad entre 300 y 500 mm y posteriormente se debe compactar el material alrededor del grupo de estacas.
- Debe existir un buen contacto entre las estacas y el lecho de la cárcava a fin de que se puedan desarrollarse las raíces de refuerzo.
- La profundidad del centro de la presa debe estar más baja que la de los costados, a fin de asegurar que el reflujo sea canalizado por el centro de la cárcava y así evitar la socavación de los costados.
- El área detrás de la presa debe ser rellenada con maleza local y piedras angulares. En los costados de la cárcava aguas arriba de la presa se debe sembrar retoños o esquejes.
- Donde la erosión constituya un problema a la cárcava, se deben colocar varias presas a intervalos entre 2 y 3 m, es preferible colocar numerosas pequeñas presas y no unas pocas presas grandes.
- Se puede combinar la vegetación con materiales inertes como la piedra en gaviones o mampostería para proteger los costados de las cárcavas.
- Se pueden amarrar las ramas verticales y horizontales con alambre galvanizado en las cárcavas más anchas.

### **9) Barreras Densas (fajinas).**

Las fajinas son unas barreras densas formadas por un denso entorno que se establece a lo largo del talud utilizando material vegetal que tiene la

capacidad de propagarse a partir de estacas de madera dura colocadas en el suelo en forma horizontal. Estas barreras son capaces de soportar pequeños movimientos superficiales del talud y pueden resistir a la tensión a lo ancho del talud.

Entre las funciones de esta técnica podemos destacar que refuerza el talud mediante una red de raíces que forman el material vegetal vivo. Protege de la lluvia a la superficie del talud, mejora el área al estabilizarlas y permitir la colonización natural y favorece al drenaje del talud.

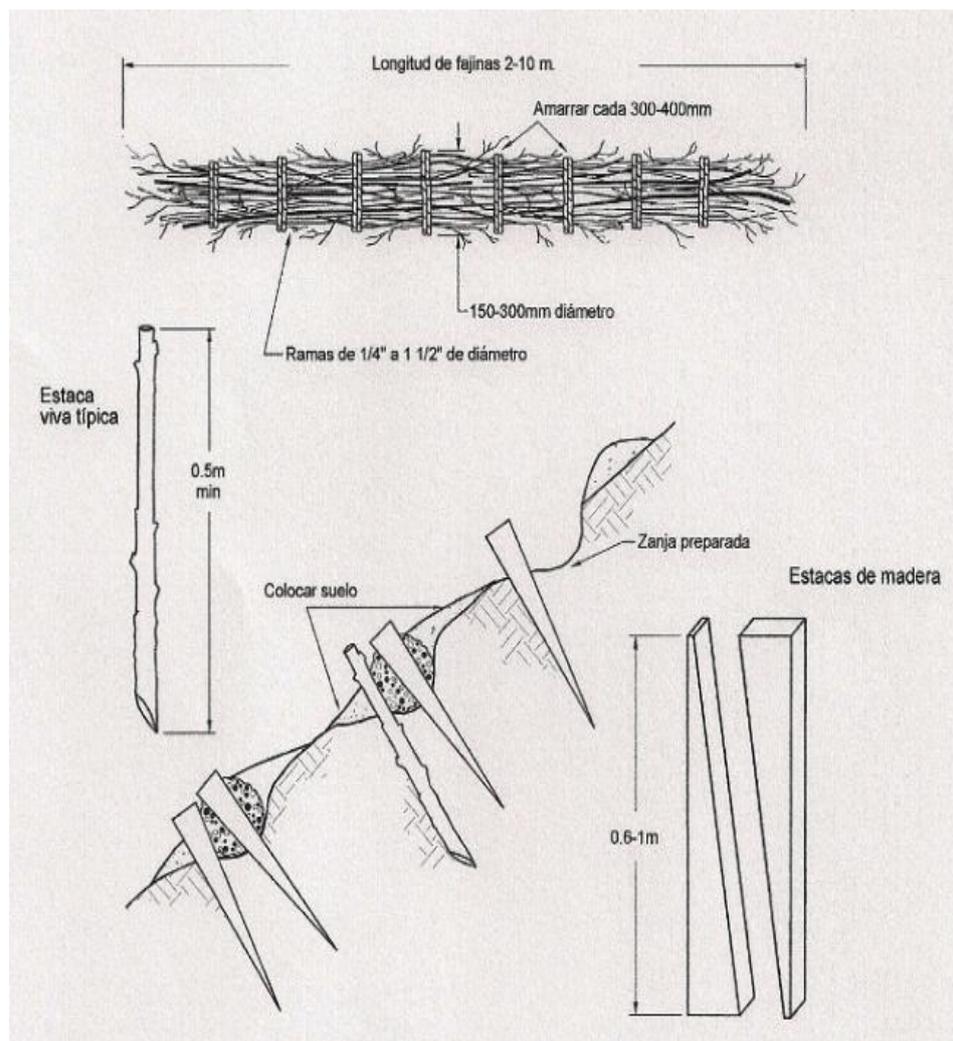
Esta técnica es utilizada para fortalecer los costados de las cárcavas y las áreas vulnerables debajo de las descargas de las alcantarillas, rehabilitar las áreas de disposición de desechos y para estabilizar los taludes rellenos.

#### **Especificaciones del sitio de implantación.**

- Estas técnicas se utilizan para taludes con pendientes hasta 30°. En taludes con mayor pendiente se pueden sembrar árboles pero con la necesidad de podas continuas para reducir la carga en el talud.
- Para suelos granulares con buen drenaje o en suelos con material de desecho con compactación suelta, funcionan bien las barreras de *Gliricidia sepium*.
- En taludes pronunciados, es decir, mayores de 45°, se pueden sembrar barreras de *Pennisetum purpureum*.

#### **Especificaciones del material.**

- Las estacas de *Gliricidia sepium*, deben tener un diámetro entre 60 y 12 mm, con una longitud entre 1 y 2 m y deben efectuarse cortes anulares en su corteza a intervalos entre 300 y 500 mm para estimular el crecimiento de raíces.
- La densidad de las estacas de *Gliricidia sepium* será de 4 m de estacas por metro corrido de zanja.
- Las estacas de *Gliricidia sepium* pueden colocarse en combinación con la siembra de pasto.



Barreras densas (fajinas).

Fuente: Suarez, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales.

### Criterios de implantación.

- Se debe establecer un contorno a lo largo del talud.
- Luego de preparar las estacas de *Gliricidia sepium*, preparar grupos de 4 o 5 estacas y conservarlo en un lugar fresco y sombreado en espera a ser utilizados.
- A lo largo del contorno del talud, preparar una zanja de 200 mm de profundidad. No se debe abrir grandes áreas de zanjas para preservar la humedad del suelo antes de que las estacas estén listas.

- Colocar los grupos o manojos de estacas en la zanja de manera que exista un traslape entre ellas.
- Cubrir las estacas con máximo 100 mm de tierra.

#### **10) Barreras de piedra intercalada con vegetación.**

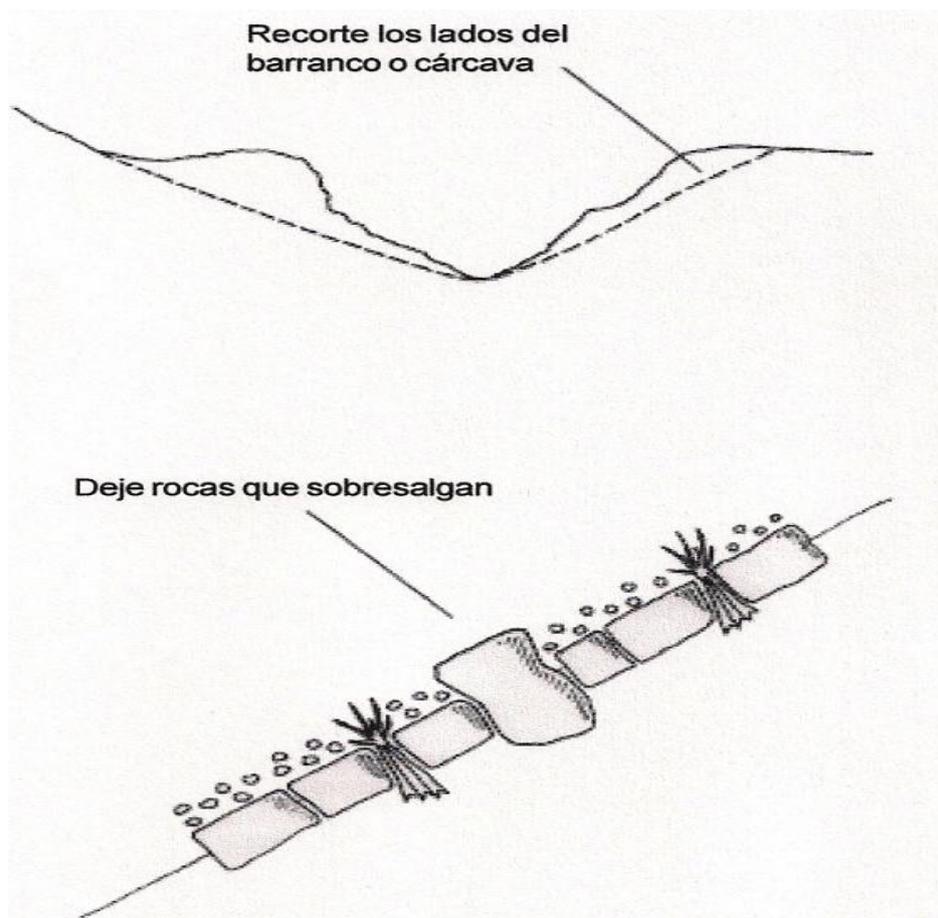
La técnica de barreras de piedra intercalada con vegetación consiste en la colocación de una capa de piedras y pequeñas rocas a fin de prevenir la erosión y la socavación de la superficie. Su utilización usualmente es para la protección a la erosión de la base del talud y protección a la erosión superficial en las áreas elevadas de las carreteras. Igualmente protege de la socavación la base de los taludes y el sitio de descarga de la alcantarilla.

#### **Especificaciones del sitio de implantación.**

- Esta técnica puede ser utilizada en taludes con un máximo de 30°.

#### **Especificaciones del material.**

- Las piedras a utilizar deben ser de forma angular o subredondeada y con dimensiones aproximadas de 100 x 30 x 30 mm.
- La vegetación a utilizar pueden ser plántulas de pasto, en semilla o retoños de *Panicum máximum* o de *Vetiveria zizanioides*.
- Las estacas de madera dura serán entre 400 y 900 mm de largo, incluidas en esa longitud al menos dos nudos en cada corte y de aproximadamente 800 mm de diámetro.
- Las estacas duras pueden ser de *Gliricidia sepium*.



Barreras de piedras intercaladas con vegetación.

Fuente: Anónimo. (s/f). *La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.*



Barrera de piedra intercalada con vegetación.

Fuente: Anónimo. (s/f). *La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.*

### **Criterios de implantación.**

- Preparar la superficie del talud hasta dejarla plana para recibir las piedras.
- No retirar ninguna piedra o roca que sobresalga de la superficie de manera de incluirla en la barrera y construir a su alrededor.
- Colocar sobre el talud una capa de 100 mm de material granular para facilitar el drenaje.
- Colocar las piedras bien asentadas sobre el área que se desea proteger, minimizando los espacios entre ellas.
- Rellenar los intersticios con tierra y luego sembrar el pasto con una distancia entre las plantas de 150 mm.
- La siembra de estacas vivas será cada 1.5 m.
- Las estacas y el pasto deben sembrarse a una profundidad suficiente que llegue al suelo bajo el material de drenaje.
- Para proteger un barranco es necesario evitar el uso de especies leñosas en el centro del lecho ya que puede desviar el flujo de agua hacia las márgenes del barranco y producir socavaciones.
- La siembra de la vegetación debe ser en forma escalonada, es decir, el pasto corto en el medio del lecho, cerca de los bordes se debe densificar los pastos y en el borde la vegetación leñosa.

#### **11) Control de la erosión superficial con pasto *Vetiveria zizanioides*.**

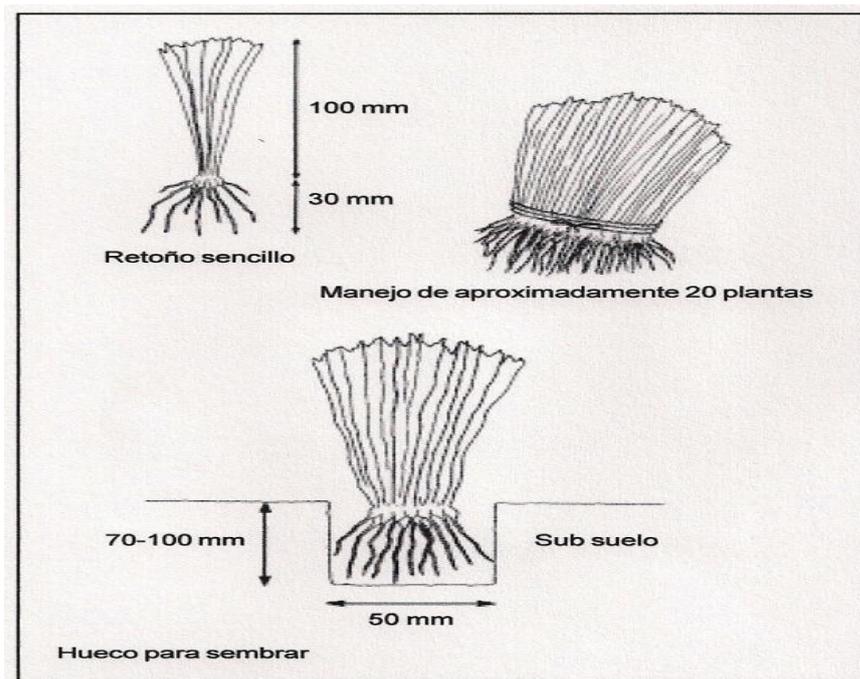
La técnica de “Control de la erosión superficial con pasto Vetiver” es utilizada para reforzar y proteger el talud contra el daño causado por la erosión superficial o del colapso de la superficie de poca profundidad. Esta técnica ayuda a capturar el material erosionado que baja por el talud, la densa red de raíces fibrosas refuerza el talud hasta una profundidad de 300mm y protege a la superficie del talud del impacto de las gotas de lluvia. También es utilizada para impedir la socavación alrededor de las obras de ingeniería.

### Especificaciones del sitio de implantación.

- El *Vetiveria zizanioides* tolera gran cantidad de condiciones del sitio. Puede crecer en suelos sin agregar capa vegetal o fertilizante. No tolera la sombra.
- En suelos compactados el crecimiento de la *Vetiveria zizanioides* es lento, y en suelos de buen drenaje producirá extensas redes de raíces fibrosas.

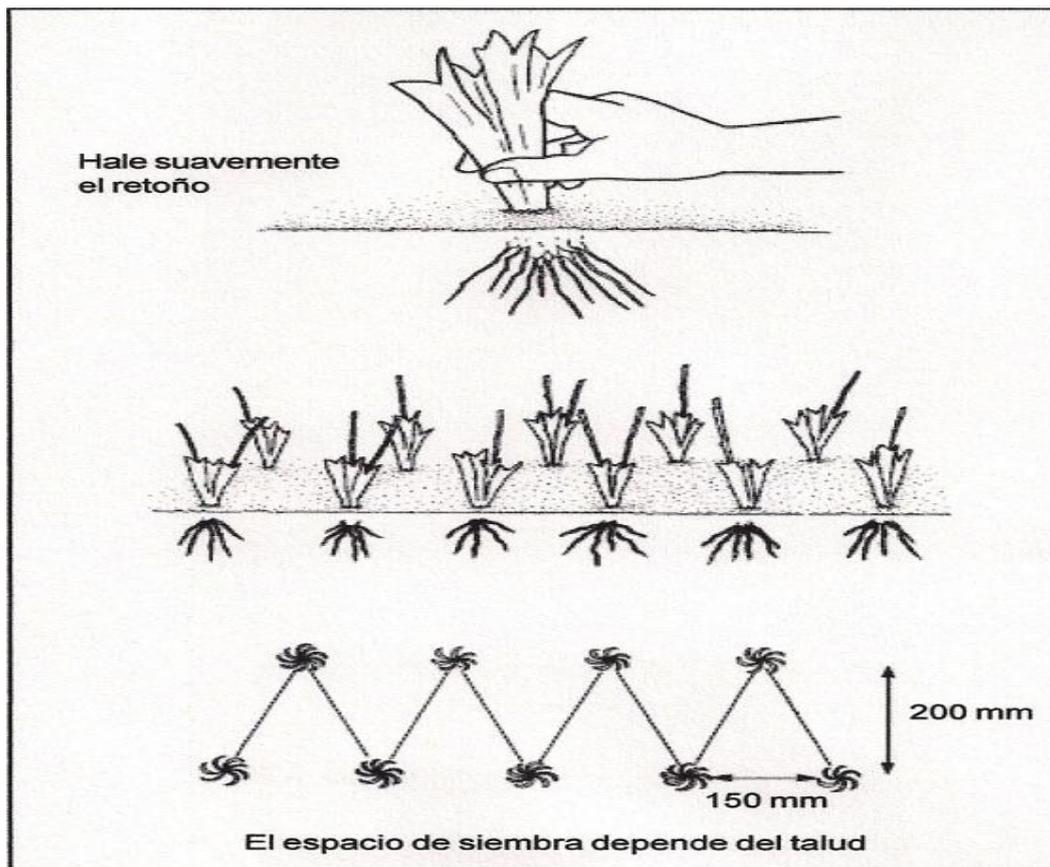
### Especificaciones del material.

- Los retoños de las plantas deben tener aproximadamente 100 mm de altura y las raíces deben tener una longitud de aproximadamente 30 mm.
- Para el manejo se recomienda preparar manojos de aproximadamente 20 plantas.



Control de la erosión superficial con pasto Vetiver.

Fuente: Anónimo. (s/f). *La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.*



Control de la erosión superficial con pasto Vetiver.

Fuente: Anónimo. (s/f). *La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.*

### Criterios de implantación.

- Mantener los retoños preparados en la sombra antes de sembrar para que no se resequen con el sol y el viento.
- El hoyo para la siembra debe tener el tamaño suficiente para colocar el retoño sin doblar las raíces, es decir, de aproximadamente 50 mm de ancho con una profundidad entre 70 y 100 mm.
- Al sembrar el retoño se debe rellenar y compactar la tierra a su alrededor. Para comprobar la firmeza de la siembra se debe jalar suavemente entre el pulgar y el índice y el retoño no debería salirse.
- La siembra debe ser en tres bolillos, con una distancia de 200 mm entre las filas y 150 mm entre plantas.

- Es recomendable sembrar los retoños mezclando las especies en la que cada una tengan una forma de raíz diferente, a fin de evitar raíces de una sola profundidad.
- El *Vetiveria zizanioides* se puede combinar en la siembra en taludes con árboles y arbustos, tales como, *Gliricidia sepium* (Matarratón), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Calliandra calothyrsus* (Caliandra) y *Psidium guajava* (guayaba). Estas especies deben tener un espacio de separación del *Vetiveria zizanioides* de aproximadamente 100 cm de diámetro, para que su crecimiento no sea perjudicado por la competitividad del vetiver.

## **12) Protección de taludes con piedra y vegetación.**

Esta técnica fortalece la base del talud y ayuda a prevenir la erosión y la socavación que pueda producir un desmoronamiento gradual de la ladera. Se crea una barrera fuerte en la base del talud y contiene el material producto de la erosión de la parte alta de la ladera.

Es una técnica que protege la base del talud previniendo su erosión y mejora el suelo y las condiciones de crecimiento de las especies vegetales al utilizar el material proveniente de las podas como abono.

Su utilización es recomendable para taludes de corte o de relleno consolidado y no para taludes de relleno suelto y no consolidado. También es recomendable su uso para proteger el desagüe lateral de la erosión o del desmoronamiento de desechos.

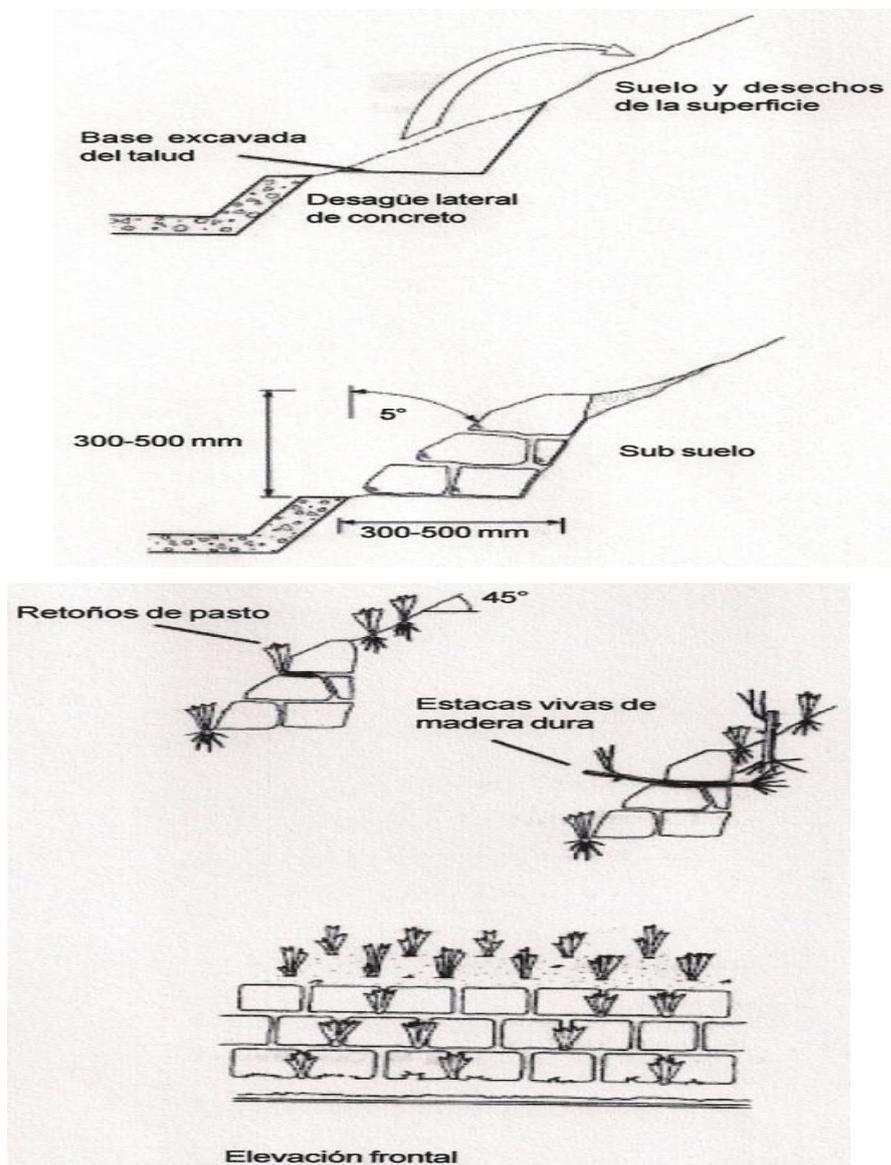
### **Especificaciones del sitio de implantación.**

- El suelo debe ser altamente erosionable, especialmente si tiene un alto contenido de arena y limo.
- No es recomendable para taludes con material arcilloso pesado, mojado o profundo con tendencia a desmoronarse.

### **Especificaciones del material.**

- Las rocas a utilizar deben ser de formas angulares de 300 mm de base y una altura entre 300 y 500 mm.

- El material vegetal de pasto recomendado son los retoños o plántulas de *Vetiveria zizanioides* o pasto vetiver.
- Si el talud requiere estacas se recomienda *Gliricidia sepium* por ser de madera dura.



Protección de taludes con piedra y vegetación.

Fuente: Anónimo. (s/f). *La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.*

### Criterios de implantación.

- Es necesario limpiar la base del talud de cualquier desecho.

- Terrazear el talud con un ancho entre 300 y 500 mm para colocar las piedras angulares.
- Colocar las piedras en la terraza sobre la parte trasera del talud a un ángulo de 5° de la vertical.
- Colocar el pasto de vetiver en los intersticios de las piedras, asegurándose que sus raíces queden en el subsuelo.
- Se pueden sembrar estacas o plántulas de madera dura entre las rocas a una distancia entre 1 a 2.5 m de distancia entre ellas.
- Se pueden sembrar árboles y arbustos como barrera fuerte pero deben podarse a una altura entre 400 y 900 mm para lograr una densa red de ramas.

### **13) Utilización de biorrollos para control de erosión**

Los biorrollos son estructuras cilíndricas fabricadas en fibra de coco, paja u otras fibras, cubiertas por una red de yute, coco o polipropileno.

Esta técnica es utilizada para el control de la erosión, la creación de un ambiente favorable para el desarrollo de la vegetación, la retención de sedimentos y la estabilización de taludes especialmente con pendientes medias y altas desprovistas de vegetación con alto riesgo de erosión superficial.

Las funciones de los biorrollos son proteger el terreno frente a la erosión superficial, disminuir la escorrentía superficial sobre el talud, reducir los efectos de la longitud e inclinación de la pendiente, proteger las orillas de los cauces, reducir la velocidad de flujo y la energía erosiva del agua, evitar la formación de cárcavas y barrancos, crear un microclima favorable para la colonización y el desarrollo de la vegetación, actuar como filtro vegetal impulsando el crecimiento de la vegetación dentro del rollo de fibra, proteger las márgenes de cauces frente la acción del agua y recoger sedimentos provenientes de las partes altas del talud.

Pueden ser utilizados para controlar las aguas pluviales, desviando el caudal y dirigiéndolo a las zonas de tratamiento, efectuando las mismas funciones de los sacos de arena y gravilla.

### **Especificaciones del material.**

- Los biorrollos son de longitud variable y con un diámetro entre 15 y 60 cm.
- Los cordones de biorrollos se sujetan al talud con estacas de madera o hierros galvanizados.
- Para protecciones en cauces se deben utilizar vegetación acuática con un sistema radicular muy denso y desarrollado.



Utilización de biorrollos para control de erosión

Fuente: Bestmann Green Systems Iberica S.L.

### **Criterios de implantación.**

- Se debe efectuar una pequeña zanja en el talud para colocar el biorrollo, el cual debe estar sujeto con estacas. Su colocación no debe permitir la circulación del agua por debajo ni en sus alrededores.
- Su colocación en el talud debe seguir las curvas de nivel.
- La separación entre los rollos la define el tipo de terreno y el grado de inclinación de la pendiente del talud.
- Los rollos deben estar fuertemente atados unos con otros.
- Pueden instalarse con una manta orgánica de coco asociada y rellenarse de cualquier base de cultivo como tierra vegetal, turba, sustrato, coco, etc.

- Pueden efectuarse plantaciones de arbustos directas al realizar un corte y plantar en el mismo.
- Los espacios entre rollos pueden ser plantados por estacas de otras plantas.

### **Empleo de materiales constructivos combinados con vegetación para la estabilización de terrenos. Muros combinados con vegetación.**

Esta técnica está basada en la construcción de muros con materiales inertes en combinación con la vegetación principalmente la autóctona con el fin de acelerar la recuperación de los ecosistemas y reducir el impacto producto de la intervención en los taludes.

Estas técnicas pueden ser ejecutadas en diferentes ambientes pero presentan ciertas limitaciones en cuanto a rocosidad, pedregosidad, déficit hídrico, altitud, caudales y velocidades de flujo, falta de luz o presencia de elementos tóxicos por lo cual deben efectuarse estudios previos para garantizar su éxito.

Su utilización ha sido para estabilizar taludes, contener terrenos, control de erosión e intervenciones en el ámbito fluvial; estas estructuras reúnen diversas clases de muros realizados con piedra, gaviones, madera, tierra reforzada, bloques combinados con vegetación, que contribuyen a estabilizar el suelo. Entre estas estructuras sobresalen las siguientes:

- Muros de gaviones con vegetación.
- Muros de escollera o enrocados con vegetación.
- Muros de piedra con vegetación.
- Muros ecológicos o verdes
- Muros de madera con vegetación.
- Emparrillados de madera.

En el ámbito ecológico, estas estructuras ayudan en la reconstrucción de ambientes naturales mediante la utilización de técnicas de restauración de paisajes a fin de incentivar la recuperación de los ecosistemas intervenidos. Entre sus principios podemos enumerar los siguientes: procurar mantener la

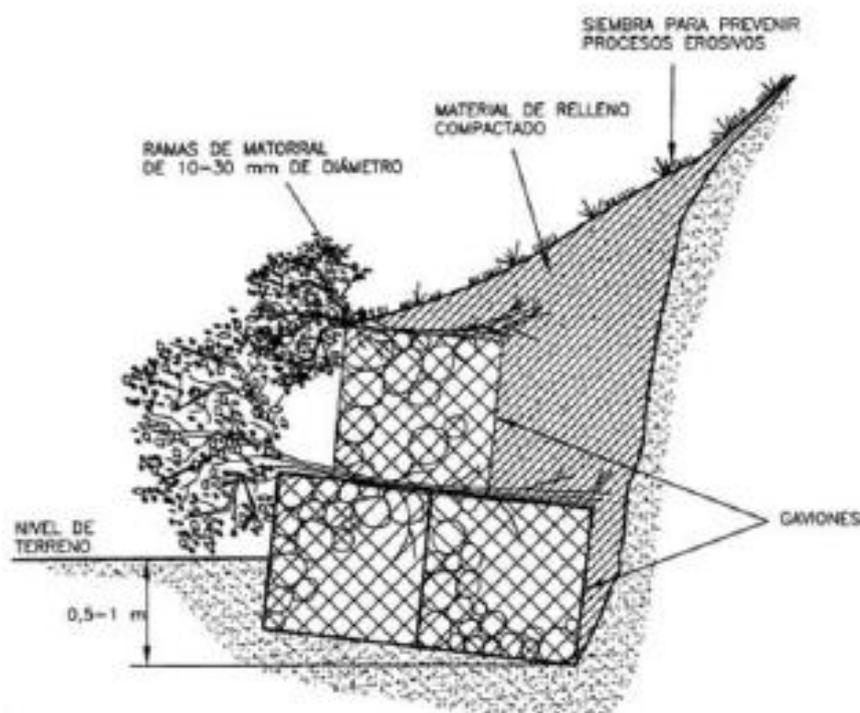
vegetación existente; proteger la capa vegetal del suelo; proteger de la erosión a las áreas expuestas; regular, drenar y almacenar el exceso de agua.

Con esta técnica se intenta lograr lo siguiente:

- Controlar la erosión superficial y los deslizamientos en taludes.
- Contener tierras.
- Estabilizar laderas y taludes.
- Estabilizar y proteger márgenes de cauces.
- Defender los bordes fluviales de las crecidas y avenidas.
- Ayudar en el drenaje de los suelos mediante la evapotranspiración de las plantas.
- Depurar las aguas de escorrentía superficial y subterránea.
- Integrar las obras fluviales con el paisaje.
- Incrementar la biodiversidad.
- Crear refugio y alimento para la fauna.

#### **Muros de gaviones con vegetación.**

Posterior a la construcción de forma convencional de los muros de gaviones se procede a su revegetación colocando ramas de matorral o estacas entre los sucesivos gaviones que forman el muro. Las raíces que desarrollan las ramas o estacas se introducen entre el relleno de los gaviones y llegan hasta el talud, enraizándose en él y consolidando la estructura. En otras palabras, la vegetación refuerza la estructura del muro de gaviones y la convierte en una estructura más resistente, el muro asume su función estabilizadora y la vegetación le da un aspecto más natural integrándola en el paisaje.



Muros de gaviones combinados con vegetación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

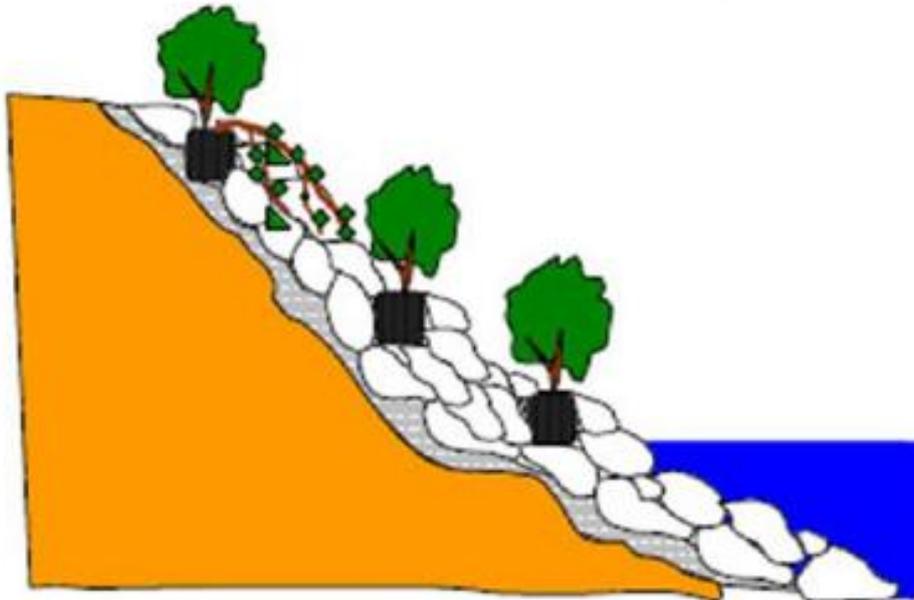
### **Criterios de implantación.**

- Las ramas o estacas para atravesar el muro de gavión, deben tener una longitud suficiente de manera de que lleguen hasta el talud y sobresalgan de la cara frontal del muro.
- Al colocar cada piso de gavión se debe colocar entre ellos una capa de ramas, orientadas perpendicularmente al talud.
- Sobre estas ramas se coloca una capa de tierra abonada y luego se compacta ligeramente para lograr un buen contacto entre ellos.
- Sobre la capa de ramas y tierra ya compactándose coloca el siguiente piso de gaviones y se repiten los pasos anteriores hasta alcanzar la altura del muro deseada.
- Los intersticios entre las piedras pueden ser rellenados y sembrados con arbustos y plantas herbáceas autóctonas.

### **Muros de escollera o enrocado con vegetación.**

Esta técnica es similar a la anterior, la diferencia radica en la forma de construcción, es decir, al ir colocando las rocas se insertan en los huecos entre

ellas las estacas o plantas autóctonas sembradas en el talud que le sirve de apoyo a la escollera o enrocado. Una variante puede ser preparar huecos para sembrar plantas.



Muros de escollera o enrocados combinados con vegetación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

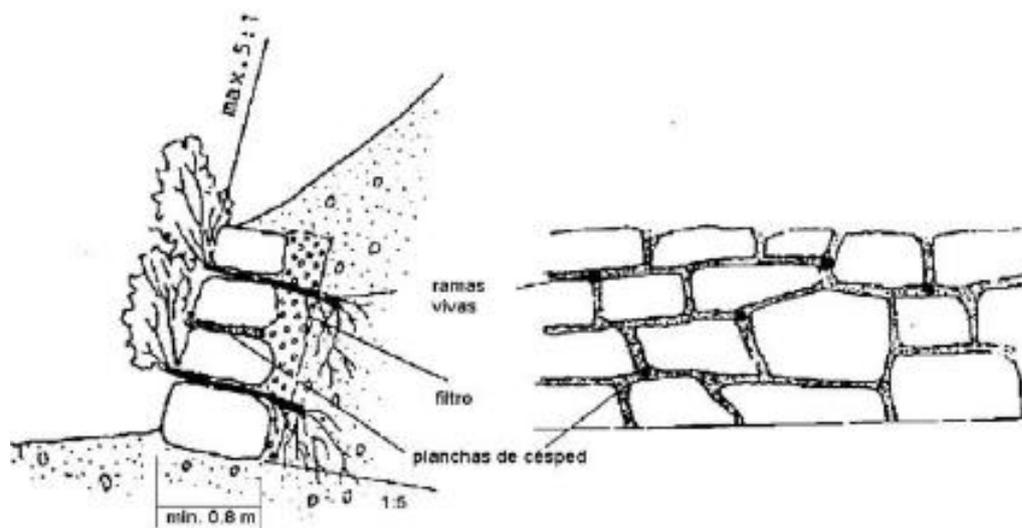
Las estacas vivas una vez establecidas forman raíces actuando como anclaje del enrocado y al mismo tiempo es más resistente a la erosión. El follaje desarrollado permite mejorar el paisaje y mejorar el ambiente.

### **Criterios de implantación.**

- Se utilizan estacas entre 2.5 y 4 cm de diámetro con un largo suficiente que permita quedar enterrada debajo del enrocado.
- Debajo del enrocado se coloca una tela filtrante. Las estacas deben quedar debajo de esta tela.
- Las estacas se colocan perpendiculares a la superficie del terreno y con una distancia de separación de 1 m.

### Muros de piedra con vegetación.

Esta técnica es similar a las anteriores, la diferencia en este caso es el muro de mampostería en seco. Durante su construcción se colocan entre sus juntas las plantas vivas, de manera que lleguen al suelo del talud. Este sistema se utiliza en muros de piedra que no sobrepase los 1.5 m de altura.



Muros de piedras combinados con vegetación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

### Especificaciones del material.

- Las ramas no deben sobresalir del muro más de 30 cm.
- Si los muros se rellenan con grava, las raíces de las plantas deben llegar hasta el suelo.

### Criterios de implantación.

- La construcción de estos muros debe ser en épocas de sequía.
- Debe estar construido sobre una zanja por debajo del nivel de socavación. Esta zanja debe ser llenada con rocas y rellenar los intersticios con material fino del sitio.
- Los muros se pueden rellenar con grava para facilitar el drenaje.
- La altura del muro no debe sobrepasar los 1.5 m de altura y debe presentar una fuerte inclinación hacia la ladera.

- Después de construido el muro con el coronamiento plano se coloca material fino para cubrirlo de vegetación como ramas vivas, plantas con raíces o gramíneas.
- Las ramas vivas se pueden colocar con una densidad de 2 a 5 por m<sup>2</sup>.
- En las aberturas entre las piedras se puede sembrar arbustos con raíces o gramíneas, pero nunca árboles.

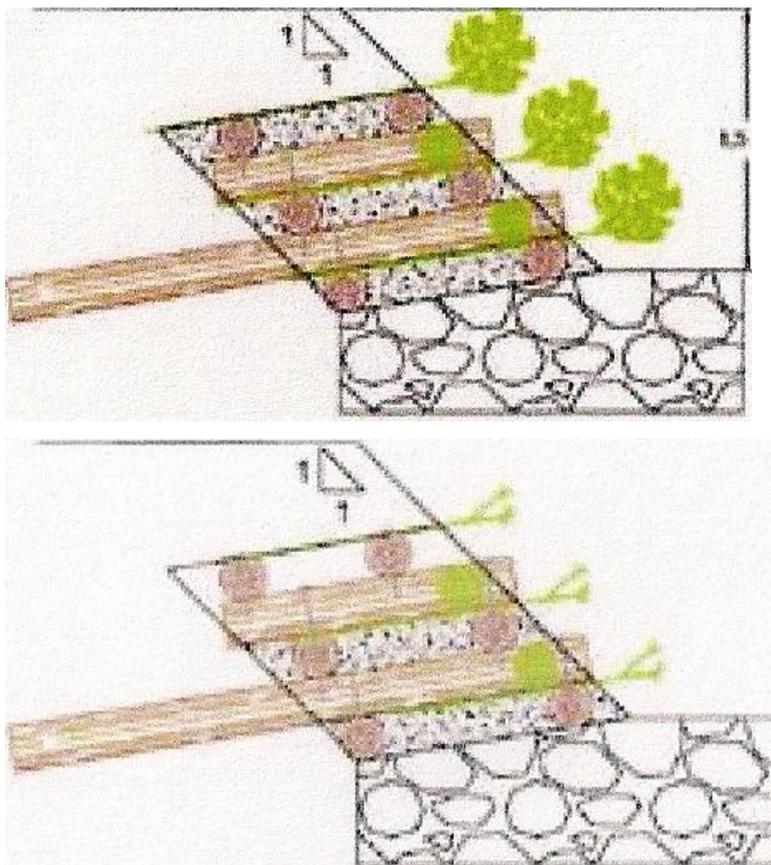
### **Muros de madera con vegetación.**

Esta técnica consiste en la construcción de un muro de contención combinando materiales muertos y vivos, con una estructura de madera sencilla o doble a base de postes de madera de sección redonda o cuadrada sujetos entre sí mediante clavos.

Este sistema es empleado para la estabilización de taludes, cursos de agua y bases de laderas. La madera del muro se pudre con el paso del tiempo y es sustituida por las plantas ya crecidas que se sembraron, las cuales ayudan al drenaje del terreno mediante transpiración.

### **Especificaciones del material.**

- Los postes de madera deben tener sección redonda o cuadrada de 10 a 25 cm.
- El material vivo debe ser de especies autóctonas que enraícen fácilmente con una longitud de 1 m y con gran número de ramas laterales.
- El material de relleno en las aberturas de la estructura debe ser de granulometría fina para facilitar el desarrollo de las especies vegetales.



Muros de madera con vegetación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

### **Criterios de implantación.**

- La estructura de madera debe fijarse entre sí con clavos y grapas de acero.
- Estos muros deben tener una inclinación mínima de 10:1, en la misma dirección de la ladera.
- El espacio entre los postes de madera debe ser el mismo ancho de éstas.
- Estas estructuras no deben ser de una altura mayor entre 2 y 4 m.
- En el espacio libre entre los postes de madera se colocarán ramas vivas cuya sección visible no debe ser mayor a una cuarta parte de su longitud y su otro extremo debe llegar al suelo tras el muro.
- Después de la plantación se recomienda podar las ramas de forma uniforme con una longitud de 30 cm.

## Emparrillados de madera.

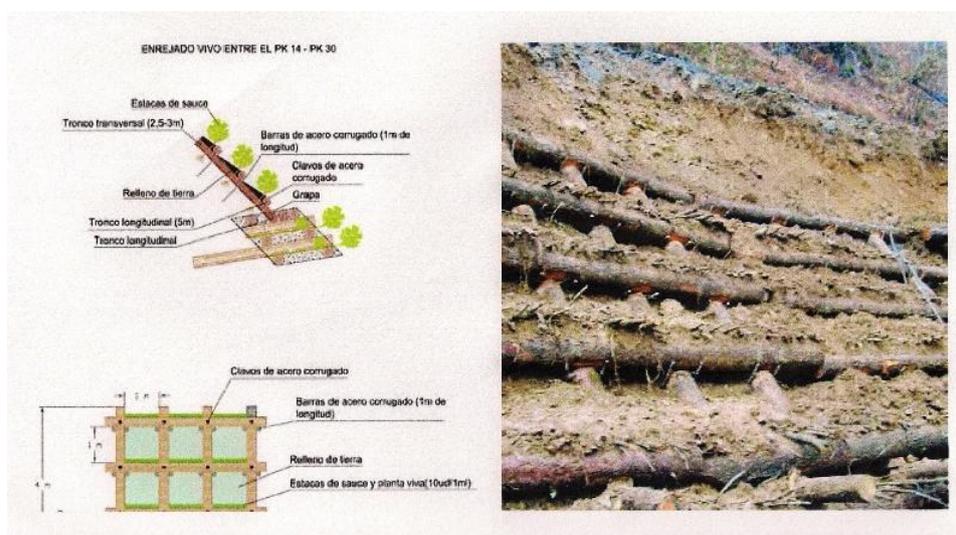
Esta técnica consiste en la construcción de una estructura de madera autoportante desde su misma base. Sirve de soporte a la ladera mediante los troncos vivos actuando como trancas, de manera que todo el sistema de sujeción es con material vivo. Las ramas vivas y las estacas se enraízan en profundidad y ayudan a drenar la ladera.

Una variación de esta técnica es construir el emparrillado con troncos de madera muerta, recubriéndolos de vegetación y la parte superior luego de cubrir con tierra se siembran gramíneas.

El método más efectivo para cubrir la estructura de vegetación es combinar el emparrillado con lechos de ramas o lechos de ramas de setos vivos, estacas o plantas leñosas.

## Especificaciones del material.

- Los postes de madera deben tener sección redonda o cuadrada.
- El material vivo debe ser de especies autóctonas en forma de estacas, plantas enraizadas o hidrosiembra.
- El material de relleno en las aberturas de la estructura debe ser de granulometría fina de grava o material del terreno, a fin de facilitar el desarrollo de las especies vegetales.



Emparrillado de madera.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

**Criterios de implantación.**

- Los postes sencillos o las maderas cuadradas se extienden sobre la ladera y se unen entre sí con maderas cortadas y colocadas horizontalmente.
- La estructura de madera debe fijarse entre sí con clavos y grapas de acero.
- La distancia entre las maderas horizontales y verticales no deben ser mayor de 2 m, formando celdas que no deben ser mayores de 2 m x 2 m.
- En el espacio libre entre los postes de madera se colocarán tierra y ramas vivas.

**Muros de elementos de concreto combinados con vegetación.**

Esta técnica consiste en la construcción de un muro con elementos prefabricados de concreto armado con una longitud fija y ancho variable, los cuales van colocados unos sobre otros y van dejando unas aberturas que se rellenan con tierra vegetal, para posteriormente sembrarlos con especies autóctonas. El aspecto inicial es una mezcla de piezas de concreto y vegetación hasta que ésta se desarrolle y cubra en su totalidad las piezas prefabricadas.

Este tipo de muros se utiliza para revestir taludes rocosos, muros de contención de material de relleno o como barreras antiruidos.

Las piezas prefabricadas de concreto le dan una flexibilidad al muro que le permite adaptarse a los asentamientos que puedan producirse en el terreno.

**Criterios de implantación.**

- La altura máxima de estos muros es de 15 m.
- La pendiente del muro no debe ser mayor de 80° para que la luz llegue a las plantas ubicadas en las celdas inferiores.



Muros de elementos de concreto combinados con vegetación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

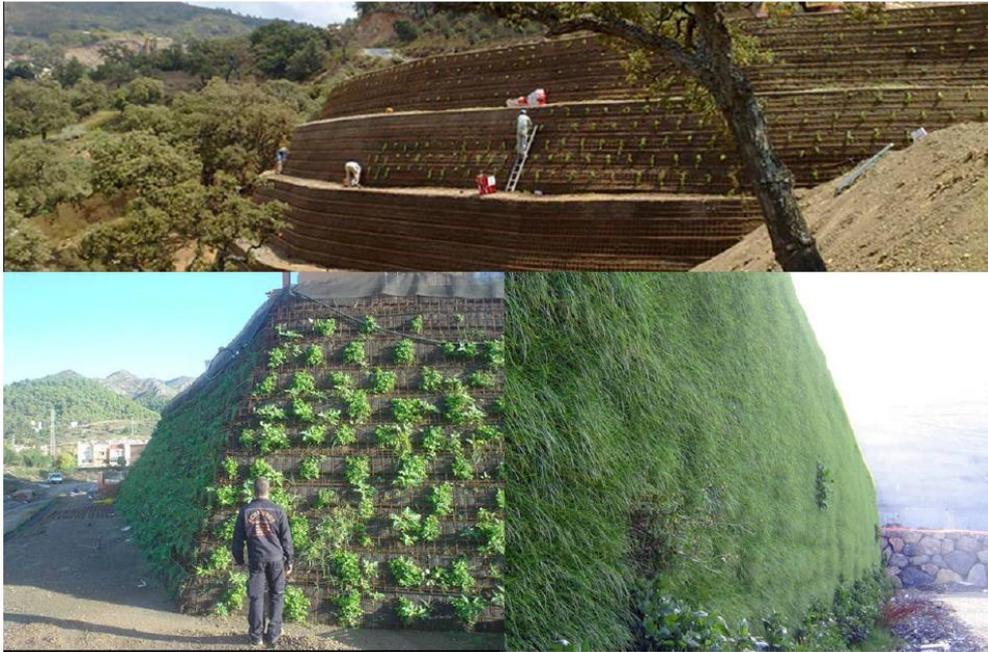
### **Muro verde o muro ecológico.**

Esta técnica cuyo nombre proviene del término en inglés *“green wall”* consiste en terraplenes compactados y armados horizontalmente por capas de geotextiles resistentes a la tracción y de alta durabilidad en su parte interior y en su parte exterior se colocan otras telas que permiten la revegetación, impermeabilizándolos y controlando la pérdida del suelo.

Son muros provenientes de una variación de los muros de tierra reforzada, en los cuales se ha variado su ángulo de erosión interno, de manera que se alcancen mayores en su cara visible.

El reforzamiento de estas tierras se efectúa mediante la inserción en ellas de materiales de diferentes calidades, que le generan a la estructura una resistencia al deslizamiento y al giro. Son mucho más resistentes a las tensiones y empujes ya que absorben las fuerzas con márgenes de deformabilidad que no poseen otras estructuras como la escollera o enrocados, tierra armada y muros de concreto.

Entre sus grandes ventajas tenemos que permite la revegetación de la superficie exterior, integrándose rápidamente al paisaje, por lo rápido de su construcción.



*Proceso de instalación de un muro ecológico (muro verde).*

Muro verde o muro ecológico.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.

### **Criterios de implantación.**

- Su construcción es posible en taludes con pendientes variables hasta 80° y sin limitaciones de altura.

## CAPITULO IV.

### TIPOLOGÍA DE VEGETACIÓN EN TRATAMIENTO DE BORDES FLUVIALES URBANOS.

**El papel de la vegetación como elemento de la ingeniería del paisaje en los tratamientos de bordes fluviales urbanos.**

La vegetación se ha venido utilizando para varias funciones en los tratamientos de bordes fluviales, entre ellos podemos destacar, como un elemento más del sistema fluvial en los encauzamientos o en la renaturalización del río, en el uso recreativo o la valorización paisajística del cauce en parques fluviales urbanos y como protección a la erosión, en el cual se ha destacado como un medio efectivo y económico.

Existen autores que consideran la Bioingeniería o Ingeniería del Paisaje como sustitución de la ingeniería clásica, *“...sin embargo hay que entenderlo como un elemento necesario y complementario en las obras de ingeniería convencional...”*. (Sangali & Valenzuela, Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica., 2008)<sup>219</sup>. Las obras siguiendo estas técnicas no son siempre más económicas que las obras de ingeniería tradicionales, pero al tomar en consideración los trabajos de mantenimiento, las obras de bioingeniería o Ingeniería del Paisaje normalmente serán más económicas si se eligen bien las técnicas así como los materiales vivos e inertes, se debe obtener una durabilidad extraordinaria y unos gastos de mantenimiento de poca consideración. Algunas de las ventajas de estas técnicas son:

- Mas económicos que las obras fluviales con técnicas tradicionales.
- Ahorro en costos de mantenimiento y saneamiento.

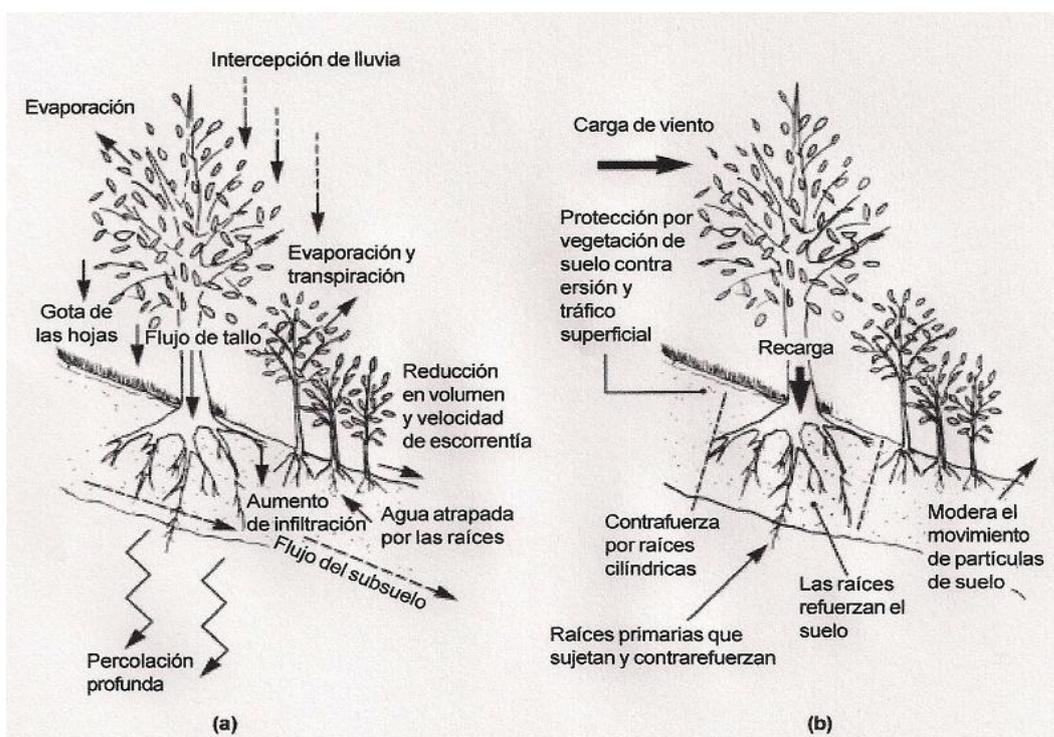
---

<sup>219</sup> Sangali, P. &. (2008). *Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. Bilbao: AEIP.

- Creación de zonas verdes y comunidades de vegetación arbórea y arbustiva en suelos anteriormente degradados, que serán utilizados por las comunidades.

No todas las fallas en los taludes y los problemas de erosión pueden ser tratados con Métodos Biotecnológicos, pero si es evidente que la vegetación posee propiedades hidrológicas y mecánicas que sirven para reducir la incidencia de la erosión en el suelo y las fallas en los taludes. Ella puede atrapar las partículas del suelo que se deslizan por el talud, aumentar la resistencia del suelo al agrietamiento, y proteger de la erosión laminar una superficie del suelo expuesta.

Hidrológicamente, la vegetación tiene influencias en el volumen y la velocidad del flujo de agua sobre la superficie del talud y en su recorrido hacia éste, mediante varios procesos en los cuales atraviesa el agua proveniente de la precipitación, como la interceptación, evaporación de las gotas en las hojas, evapotranspiración, flujo radicular e infiltración.



Influencias de la vegetación a efectos hidrológicos y mecánicos.

Fuente: (Coppinn y Richards, 1990) EN Manual de Bioingeniería en el Caribe. (s/f).

Mecánicamente, la vegetación contribuye a la estabilidad del suelo donde está sembrada al aumentar su fortaleza mediante el sistema radicular.

Son varias las funciones de estos métodos biotecnológicos, entre ellas se encuentran las paisajísticas, ecológicas y técnicas. Como funciones estéticas o paisajísticas es utilizado para mejorar la visual del paisaje, podemos señalar entre otros, la restauración de los paisajes fragmentados ocasionados por algún evento natural o intervención antrópica. Enriquece el paisaje mediante la creación de elementos como focos visuales, nuevas estructuras, formas y colores de la vegetación. La integración de construcciones en el paisaje. Pueden crearse pantallas visuales para ocultar alguna infraestructura que genere un alto impacto visual.

La introducción de la vegetación en las obras fluviales con técnicas de la Ingeniería del Paisaje, modifica las características ecológicas del área intervenida, por ello podemos señalar varias funciones ecológicas tales como, mejora el balance hídrico debido al aumento de la intercepción durante la precipitación, es decir, mejora la capacidad de retención de agua del suelo y el consumo de agua de las plantas, acelera la recuperación del ecosistema original al emplear especies autóctonas, modifica la temperatura a nivel del follaje y en el suelo, mejora la cantidad de nutrientes en el suelo y por ende aumenta su fertilidad, protege contra el viento, el ruido y finalmente aumenta la productividad de las zonas agrícolas cercanas.

Las funciones técnicas se refieren a la protección y estabilización del suelo mediante su sistema radical. Esta protección de la superficie del suelo es contra la erosión debido al viento, las precipitaciones y las corrientes de agua. El sistema radicular estabiliza en profundidad el suelo al absorber las fuerzas mecánicas nocivas. Igualmente disminuye la velocidad de la corriente en riberas y facilita el drenaje. Finalmente, favorece la acumulación de arenas y el arrastre de material aumentando la rugosidad del terreno, creando de esta manera una defensa contra los aludes.

La vegetación utilizada en los tratamientos de bordes fluviales posee diversa funciones, entre ellas podemos destacar la protección contra la erosión superficial ocasionada por la lluvia y el viento sobre las pendientes aunque no

tanto contra los deslizamientos superficiales de tierra. Es importante señalar que esta vegetación suele ser utilizada en conjunto con las técnicas de estabilización de taludes y con otras técnicas de recubrimiento o revestimiento para la protección contra la erosión superficial. Dentro de esta perspectiva, podemos señalar que la vegetación herbácea ayuda a prevenir la erosión superficial de la siguiente manera:

- En la retención de las partículas del suelo.
- En la reducción del desplazamiento de los sedimentos.
- En la intercepción de las gotas de lluvia.
- En el retardo de la velocidad de dispersión del agua.
- En el aumento y mantenimiento de la capacidad de infiltración.

Al contrario de la vegetación herbácea, la vegetación leñosa enraíza a mayor profundidad, puede estabilizar hasta 2.00 y 2.50 metros de profundidad y protege en mayor grado contra los deslizamientos de tierra, de la siguiente manera:

- Reforzando mecánicamente el suelo con el ramaje enterrado y el sistema radicular más profundo.
- Facilita el drenaje de las aguas superficiales por medio de la intercepción de las aguas de lluvias y la transpiración.

El uso de la vegetación en las obras fluviales con técnicas de la Ingeniería del Paisaje, puede ser una medida interesante desde el punto de vista económico, siempre y cuando el tipo de vegetación plantada sea autóctona y no necesita mantenimiento, porque son las que mejor se van a aclimatar y las que van a permitir una mejor renaturalización.

Un inconveniente que presentan los árboles es el daño que puede causar si son arrancados en un periodo de crecida, dado que se genera una gran erosión del suelo y el propio árbol como objeto flotante puede causar graves daños en el lecho y en las orillas. Al morir el árbol los problemas creados en el ecosistema son los mismos, de ahí que la elección de las especies adecuadas sea fundamental.

La vegetación se ha venido utilizando para varias funciones en un encauzamiento de río, tales como:

- La renaturalización del río.
- El uso recreativo la valorización paisajística del cauce en parques fluviales urbanos.
- Como protección a la erosión, en el cual se ha destacado como un medio efectivo y económico.

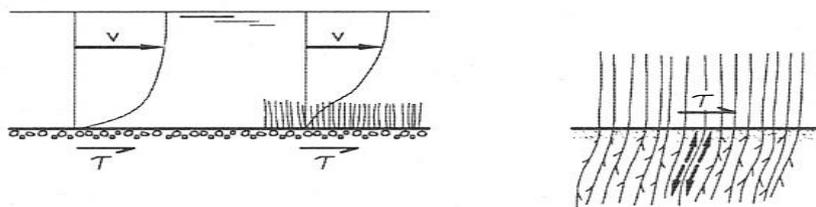
Respecto a la vegetación de las orillas, tanto la arbustiva y la arbórea deben ser autóctonas porque ofrecen un medio de defensa eficaz y económico. La vegetación de la orilla puede formar parte de las obras fluviales de defensas tipo escollera o gaviones, pues puede ser plantada en sus intersticios.

La hierba, produce una reducción de la velocidad junto al fondo, en términos hidráulicos sería una reducción de la tensión tangencial, y como consecuencia provoca la sedimentación del material fino. Por otro lado, las raíces de las plantas en general crean en el suelo una red y por ello poseen la capacidad de *“resistir el esfuerzo de tracción... mientras se ejerce un esfuerzo tangencial sobre el fondo, colaborando en impedir el arrastre...”*. (Martín Vide, 2008)<sup>220</sup>. Las hierbas pueden resistir hasta cierto punto la velocidad del agua, sin embargo, no tolera mucho la inmersión prolongada, por lo cual es recomendable su utilización en las zonas altas de los cauces y en las llanuras de inundación. La hierba puede sembrarse o resembrarse en cepellones ya crecidos, igualmente hay que podarlas y limpiarlas para evitar el crecimiento de otras especies.

La siembra de vegetación no herbácea de especies autóctonas ya habíamos comentado es una buena opción económica contra la erosión, por ser nativa del lugar está adaptada al clima, al suelo, a los niveles freáticos y otra ventaja del uso de este tipo de especies es que nos puede acercar más a la renaturalización.

---

<sup>220</sup> Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor. P. 226.

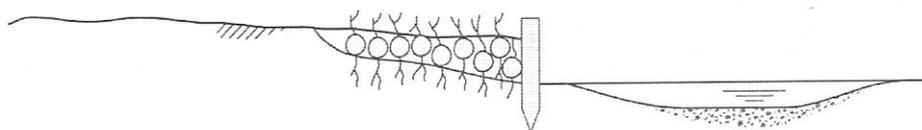


Papel de la hierba moderando la acción hidráulica y resistiendo a la tracción.

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

Si se coloca vegetación arbórea cerca del cauce, hay que tener en consideración que su espesa sombra impedirá el crecimiento de plantas acuáticas en las zonas de aguas permanentes, calmas y soleadas, las cuales tienen una función importante en la reducción de la velocidad del agua. En todo caso, con la siembra de árboles en los bordes cercanos al cauce requerirá de planes de mantenimiento, poda y limpieza, a fin de no perder la capacidad hidráulica.

La vegetación de ribera se puede combinar con obras de encauzamiento como escolleras y gaviones en la defensa de las orillas. Ellas pueden sembrarse y crecer entre sus intersticios. Preferiblemente las especies que se siembran bajo el método de estacas, cuyas raíces crecerán entre los elementos granulométricos de estas obras de defensa. Al sembrar todo el conjunto podremos ver al cabo de un tiempo toda la protección de orilla cubierta de vegetación.



*Protección de la orilla con un entramado de estacas vivas.*

Fuente: Martín, J. (2008) *Ingeniería de ríos*. Alfaomega. México D.F.

En la actualidad existe una creciente oferta de tecnologías y productos para la revegetación de los encauzamientos, entre ellos podemos señalar la

hidrosiembra y los mantos o alfombras prefabricadas y de material orgánico. Estas técnicas donde se mezclan la vegetación y materiales “vivos” forman parte de lo que hoy en día se conoce como “Bioingeniería”, las cuales no todas pueden utilizarse en los tratamientos de bordes para no perturbar los procesos fluviales, tales como la continuidad lateral del río y sus riberas.

Los materiales vegetales vivos que son utilizados en los trabajos de tratamientos de bordes presentan ventajas y limitaciones que ameritan ser tomados en cuenta previa escogencia para su uso, por ello una correcta elección de este material constituye una premisa fundamental para el éxito de estas intervenciones. Bajo estas consideraciones podemos señalar algunos criterios básicos para esta selección:

- El material vegetal se elegirá luego de efectuar el estudio ambiental del área donde se ejecutará la intervención.
- Se debe dar prioridad a las especies autóctonas de la zona a intervenir, porque presentan mayor adaptabilidad ecológica a las condiciones del climáticas y edafológicas<sup>221</sup> de la zona.
- En la selección del material vegetal se debe contemplar la protección de esas especies desde el punto de vista ecológico y funcional, sobremanera en las intervenciones para solucionar problemas hidrogeológicos.
- Las especies a utilizar deben presentar una buena capacidad de formación de raíces adventicias a partir de un trozo de tallo, excepcionalmente a partir de un trozo de raíz o de rizoma.
- La población vegetal en su conjunto debe ser diversificada en cuanto a especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de diferentes especies y tamaños a fin de preservar la heterogeneidad del paisaje al presentar una estructura variable.

Hoy en día, existe una gran preocupación por el ambiente, en las sociedades de los países de Europa y Norteamérica ha surgido un enorme

---

<sup>221</sup> Edafológicas. De Edafología. EDAFOLOGÍA. *EDAPHOLOGY*. Rama de la Geología que estudia el suelo y sus características físicas, químicas y biológicas, su formación y clasificación incluyendo su cartografía. Sarmiento, F. (2001).

interés por la recuperación de los sistemas fluviales y su vegetación, “...y se empieza a considerar prioritaria su restauración, tanto a escala nacional como autonómica y municipal...”. (González del Tánago M. , s/f)<sup>222</sup>. En el medio natural, los corredores fluviales adquieren una gran importancia en el paisaje, tanto el medio acuático como su franja de vegetación característica que funciona como filtro entre el medio terrestre y el medio acuático. De allí pues, que sea necesario conocer los distintas comunidades vegetales que hacen vida en ella.

### **Vegetación ribereña.**

La vegetación de ribera es, seguramente, la vegetación menos conocida pero la más intensamente transformada por la actividad humana. Sin duda, las características de los suelos ribereños son tan extraordinarios para las actividades humanas que, en la gran mayoría de los valles cuya accesibilidad es suficiente, los bosques riparios han sido eliminados, fragmentados o profundamente modificados y reducidos a una estrecha franja junto al cauce, y una gran actividad antrópica alrededor de ella con sus alteraciones asociadas.

*“Las riberas son una parte esencial de los ecosistemas fluviales. Representan una zona de ecotono o transición entre el medio acuático, de caudales circulantes, y el medio terrestre de las inmediaciones del río, recibiendo la influencia hidrológica de ambos, al constituir un espacio compartido en el ciclo del agua, de los sedimentos y los nutrientes”.*  
(González del Tánago M. , s/f)<sup>223</sup>.

Así mismo, existen otros factores que influyen en la distribución de la vegetación de las riberas condicionados por el eje longitudinal del río, tales como la altitud, el régimen de precipitaciones y temperaturas o los procesos geomorfológicos, que en su conjunto permite visualizar una diferenciación en sentido longitudinal de la vegetación riparia, diferenciándose las formaciones de los tramos altos con los tramos bajos.

<sup>222</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

<sup>223</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

Entre las principales amenazas generadas por el hombre que inciden en la conservación de estos bosques podemos señalar:

- La sustitución de los bosques riparios por cultivos agrícolas y forestales.
- Las obras fluviales en los tramos sobre los que se asientan.
- La contaminación por especies invasoras.

Es evidente la estrecha relación que presenta la vegetación de ribera con el estado del sistema fluvial y las alteraciones de estos sistemas crea serios problemas para el mantenimiento de las dimensiones y diversidad de los sotos.

La vegetación riparia que conforma el bosque ribereño presentan una alta diversidad biológica, una alta productividad y un elevado dinamismo en los hábitats que en se desarrollan, debido a su condiciones hídricas que propician el refugio de especies. Dentro de este orden de ideas, podemos señalar que la vegetación ribereña posee las siguientes funciones:

- Aseguran la estabilidad de las orillas.
- Funcionan como zonas de recarga de aguas subterráneas.
- Actúan como filtro frente a la entrada de sedimentos y sustancias químicas en el cauce.
- Cumplen un papel de acumuladores de agua y sedimentos.
- Regulan el microclima del río.
- Regulan el crecimiento de macrófitas.
- Son un hábitat ideal para un gran número de especies animales y vegetales.
- Es una fuente de alimento para las especies que habitan en ella.
- Poseen un gran valor paisajístico, recreativo y cultural.

Los suelos ocupados por la vegetación de ribera o bosques de galerías nunca padecen de falta de agua, pero frecuentemente sufre la carencia de

oxígeno en los horizontes de las raíces. En los ríos tropicales, cuando afloran a la superficie,

*“...se forman inicialmente ciénagas poco profundas con cañaverales y gramíneas como sotobosque; y finalmente se desarrolla la verdadera selva de galería, en la cual dominan en su comienzo las palmeras, pero luego ceden a favor de aquellas especies de árboles que representan la selva clímax de la correspondiente región...”.* (Vareschi, 1992)<sup>224</sup>.

Siempre son pocos los elementos de las comunidades vegetales del conjunto de especies que forman las selvas de galería, solo los que logran adaptarse al suelo evidentemente rico en nutrientes, pero pobre en oxígeno y constantemente enfangado.

Los bosques de galería son de varios tipos y de extensiones variables, dependiendo de las variaciones de los niveles de agua que sufre el río durante los procesos de avenidas anuales. Un ejemplo es nuestro río Orinoco, donde en sus tramos superiores o Alto Orinoco, el nivel de agua varía poco y la selva de galería es una banda vegetal muy estrecha, mientras que en los tramos bajos donde la diferencia entre los niveles de agua puede llegar a 16 m, las selvas de galería suelen tener enormes superficies.

Es indudable la influencia que tiene la composición química de las aguas de inundación sobre las selvas de galería. La diferencia se nota en el tipo de especie que le acompaña y sus características variables, tales como, el cambio de color del follaje en los períodos largos de inundación, el cual se decolora y

*“...la altura de los árboles en las selvas de galería de aguas negras es mucho menor, ya que en estas selvas el suelo es ácido, pobre en sustancias nutritivas y de arena gruesa; el agua impregna el suelo aun más intensamente que en las regiones de aguas blancas...”.* (Vareschi, 1992)<sup>225</sup>.

---

<sup>224</sup> Vareschi, V. (1992). *Ecología de la vegetación tropical*. . Stuttgart: Eugen Ulmer. Edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales.

<sup>225</sup> Vareschi, V. (1992). *Ecología de la vegetación tropical...op. cit.*

La vegetación de ribera está influenciada por las características físicas de los cursos fluviales, su tipología depende del caudal, la intensidad y frecuencia de las avenidas, la potencia erosiva y la capacidad de transporte, la granulometría del sedimento, etc. Los continuos procesos fluviales en los cursos de agua, producen en el medio ribereño un ambiente en continua evolución.

Esta vegetación tiene como principal factor condicionante la mayor o menor proximidad y altura respecto al cauce del río, los factores climáticos como la precipitación y la temperatura le afectan pero en menor grado que a otro tipo de vegetación que depende de las grandes zonas climáticas.

*“Siguiendo el eje transversal del río, desde el centro de la corriente hacia el exterior de la llanura de inundación y en función de las pequeñas diferencias de cota del terreno se producen variaciones de humedad, granulometría, temperatura y concentración de sales en las aguas, que determinan una gran heterogeneidad física a la cual responde la diversidad de comunidades vegetales existente”.* (González & García, 2007)<sup>226</sup>.

Un rasgo fundamental de la vegetación riparia es la disposición concéntrica de diferentes tipos de vegetación respecto al cauce. La distribución de la vegetación, del llamado bosque galería, bosque de ribera o sotobosque, es determinada por la línea que detalla el curso del río, con su humedad. Esta vegetación se distribuye en bandas paralelas a los márgenes del cauce del río en función de sus requerimientos de humedad y de su resistencia a los desbordamientos del río. Una pequeña degradación en una de las capas arbóreas llevaría a la pérdida de diversidad del bosque original y a la apertura de claros, que serían inmediatamente invadidos por otras especies, perdiéndose, por tanto, la estructura vertical primitiva.

La primera banda es la que se encuentra en contacto directo con el agua en circulación, está integrada por especies con grandes requerimientos

---

<sup>226</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. P. 119.

hídricos, y con gran capacidad de soportar los efectos de los procesos de avenidas. Está dominada por arbustos flexibles y con gran capacidad de regeneración. El suelo está formado por los propios aluviones del río que ha depositado durante los procesos de avenidas, el cual está caracterizado por la falta de estructura, una buena aireación y la presencia constante de agua a escasa profundidad.

Luego de esta franja, se ubica al menos una segunda banda, con una vegetación arbórea, formada por especies que únicamente requiere que la capa freática se encuentre a una profundidad accesible a su sistema radicular, aunque sólo sea temporalmente, debido al efecto conjunto de las avenidas, que presenta intensidades muy distintas en las diferentes secciones del río.

La vegetación arbórea que bordea la mayoría de los ríos de Venezuela, conocidos como “bosques ribereños de galería”, por bordear ríos, caños y quebradas, está constituida por comunidades boscosas con especies deciduas y siempre verdes, adaptadas al régimen de inundaciones de cada región;

*“...la oscilación del nivel de agua, el represamiento y el mal drenaje generalmente originan un complejo de sistemas y subsistemas lénticos y lóticos donde el componente lótico principal lo constituyen los principales ríos y afluentes, y el componente léntico una serie de cuerpos de agua estancados permanentes, semipermanentes o temporales, sincronizados principalmente por el ciclo anual regular de los ríos, movimiento de la marea y las inundaciones esporádicas”. (Velásquez, 1994).<sup>227</sup>*

Existen múltiples razones por lo cual es necesario conservar las riberas en buen estado y si fuese posible en su estado primitivo. Entre esas razones podemos señalar las hidrológicas, ecológicas, económicas y sociales.

Cuando mantienen su estructura natural como corredores fluviales, son muchos los beneficios hidrológicos que obtienen las riberas y entre ellos podemos señalar la más importante, la función almacenadora de agua en la llanura de inundación. Esta propiedad se presenta en toda la cuenca vertiente especialmente en las riberas de los ríos, junto a los espacios más próximos de

---

<sup>227</sup> Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas.: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. pp. 26-27.

las vegas, proceso mediante el cual se evita el transporte de nutrientes y demás compuestos químicos con el agua y los sedimentos, hacia otros tramos fluviales río abajo.

*“La existencia de amplias bandas riparias, con suelos permeables y bajo coeficiente de escorrentía, retrasa la formación de avenidas, disminuyendo considerablemente el porcentaje de agua de lluvia que llega a los cauces”.* (González del Tánago M. , s/f)<sup>228</sup>.

La vegetación con su frondosidad natural y la presencia de residuos orgánicos debido a su presencia producen una elevada rugosidad que genera una disminución de la velocidad de las escorrentías, favoreciendo la infiltración y las recargas de los acuíferos. Igualmente, la presencia de sus raíces aumenta la cohesión del suelo y resistencia, a la vez que disipa la velocidad y la energía de las aguas, contribuyendo a la estabilización de las orillas.

Dentro de esta orden de ideas, podemos señalar que las riberas cumplen una función clave y positiva en el funcionamiento hidrológico de las cuencas vertientes del sistema fluvial, la cual desaparece cuando se utilizan los espacios fluviales con usos no compatibles con el proceso de inundación, interrumpiendo los flujos de agua, sedimentos y nutrientes que se desarrollan en forma natural. [(Risser, 1990) en (González del Tánago M. , s/f)]<sup>229</sup>.

En cuanto a las razones ecológicas podemos señalar que la presencia de la vegetación riparia genera efectos positivos al sistema fluvial que no se producen cuando los tramos están desprovistos de ella. Parte de estos efectos los producen el sistema radicular que al retener material granular proveniente de las avenidas y desbordamientos va creando espacios para refugios los cuales son muy apreciados por la fauna acuática. Además de actuar como filtro para los nutrientes, impidiendo su incorporación a las aguas del cauce, mejorando la calidad de las aguas. Igualmente, la sombra en el cauce generada por la vegetación, regula la entrada de luz y disminuye la temperatura del agua,

---

<sup>228</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

<sup>229</sup> González del Tánago, M. (s/f)... op. Cit.

mejorando el contenido de oxígeno disuelto fomentando el crecimiento de las algas.

*“Por último, la continuidad de la vegetación de las riberas permite la formación de corredores biológicos, a través de los cuales se favorece el movimiento y dispersión de muchas especies, encontrando refugio y alimento”.* (González del Tánago M. , s/f)<sup>230</sup>.

Las razones hidrológicas y ecológicas anteriormente comentadas son las que generan las razones económicas y sociales para conservar las riberas en buen estado, debido a que estas acciones suponen un gran ahorro en los gastos de mantenimiento de los cauces y la sociedad se beneficia al poder disfrutar de una riqueza natural del agua, suelo, vegetación y fauna riparia. Igualmente se reducen los riesgos de inundación.

Los espacios fluviales por recibir permanentemente los aportes hídricos y acumular materiales de los suelos erosionados de los taludes adyacentes al cauce, poseen características muy especiales que hacen de esos espacios muy apetecibles para las diferentes actividades antrópicas, como la agricultura y los asentamientos humanos, es por ello que en su gran mayoría se encuentran intervenidos por el hombre y precisan de un manejo adecuado para su conservación.

### **Vegetación acuática.**

Las plantas acuáticas vasculares han sido estudiadas por numerosos autores, sin embargo, en la precisión de sus definiciones han omitido algunas especies debido a la existencia de formas intermedias, las cuales “...son consecuencia de su gran plasticidad fenotípica...”, (Velásquez, 1994)<sup>231</sup>; es por ello, que cualquier denominación o clasificación podrían incluirse especies que se pudieran considerar terrestres.

Estas plantas se conocen bajo varios términos, a saber: Plantas acuáticas, Plantas acuáticas vasculares, Hidrófitas, Macrofitas acuáticas,

<sup>230</sup> González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

<sup>231</sup> Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas.: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. p. 19.

Limnofitas, etc., y están comprendidas en dos grandes grupos: Hidrófitos y Helófitos. Los Hidrófitos, presentan sumergido, flotando o emergiendo de la superficie del agua, la mayor parte del cuerpo vegetativo, mientras que los Helófitos son plantas palustres o de pantanos, y se encuentran enraizadas en el sustrato, presentando la parte inferior de su vástago sumergido y su parte superior sobre el nivel del agua.

Por ser el agua un medio más denso que el aire, los Hidrófitos presentan un cuerpo vegetativo más simple que los Helófitos, debido a la carencia de problemas de sostén mecánico e hídrico, estas especies han reducido sus tejidos mecánicos conductores y aislantes, es por ello que las plantas herbáceas son las dominantes. Los Helófitos, dependiendo del nivel de tolerancia a las inundaciones y a las condiciones anaeróbicas, agrupan comunidades de vegetación terrestre, arbustos, sufrútises<sup>232</sup> y hierbas.

Las plantas acuáticas llaman mucho la atención debido a la variabilidad de hojas aéreas y acuáticas y están distribuidas en todo el planeta pero es en los ríos de las zonas tropicales donde se consiguen en mayor cantidad y se encuentran en aguas viejas estancadas, en los “caños” de los grandes ríos y en los grandes ríos de poca corriente.

*“...especies de Salvinia y Azolla pueden literalmente cubrir lagos tropicales en pocas semanas de tal grado, que las especies de Nymphaea, Lotos y Victoria que se arraigan en el fondo del lago, apenas pueden aguantar el crecimiento masivo de aquellas pequeñas plantas flotantes, las cuales hasta impiden casi la existencia de otras especies flotantes como por ejemplo Eichhornia, Hydrochleis y Pistia...”.* (Vareschi, 1992)<sup>233</sup>.

En las orillas de los ríos es común ver gramíneas flotantes como *Paspalum repens*, especie que se adapta a cualquier nivel de agua mediante sus vainas aeríferas.

---

<sup>232</sup> Sufrútises. Plantas con la base del tallo persistente y leñoso. Velásquez, J. (1994).

<sup>233</sup> Vareschi, V. (1992). *Ecología de la vegetación tropical*. . Stuttgart: Eugen Ulmer. Edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales.

Las plantas acuáticas vasculares tienen como función especial en los ecosistemas acuáticos el proporcionar directa o indirectamente alimento, refugio, áreas de reproducción, etc., para numerosas especies silvestres de aves y peces, los cuales pueden ser económicamente explotables.

Las alteraciones en el ambiente, tales como: los cambios en el flujo de agua de los ríos, la construcción de presas y canales de irrigación, la falta de control de los sistemas urbanos, agrícolas e industriales aunado a la temperatura cálida de nuestros cursos de agua, por ser Venezuela un país tropical, incrementa algunos problemas a estas plantas como eutrofiar y contaminar las aguas por la fuga de fertilizantes, pesticidas, nutrientes y metales pesados provenientes de desperdicios humanos, agrícolas e industriales.

En los últimos años se han efectuado investigaciones sobre el uso de las plantas acuáticas vasculares en lagunas poco profundas, de aproximadamente 60 cm, como un elemento filtrante a fin de remover los nutrientes, metales tóxicos y sustancias poco biodegradables; con el fin de reducir los altos costos en los sistemas de tratamientos de efluentes de las industrias.

Por nuestra ubicación geográfica, el crecimiento de estas plantas es favorable durante todo el año, por lo cual, hace factible en el país la aplicación de estas lagunas, debido a que los factores como la temperatura y la radiación solar no limitan el crecimiento como sucede en los países de clima templado, y además muchas de esas especies utilizadas en otros países “... *forman parte de nuestra flora, tales como: Eichornia crassipes, Typha domingensis, Phragmites australis, Lemna minor, Elodea canadensis, Ceratophyllum demersum, y Egeria densa..*”. (Velásquez, 1994)<sup>234</sup>.

### **Vegetación como depuradora del agua.**

La capacidad depuradora de la naturaleza se conoce desde la antigüedad en Grecia y China. El sistema utilizado más antiguo que se conoce

---

<sup>234</sup> Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas.: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. p. 32.

es el lagunaje, el cual se deriva de la observación de los estanques. Es utilizado en todo el mundo, desde Alaska hasta los países tropicales.

Desde finales del siglo XX se han multiplicado los métodos de tratamientos de aguas residuales mediante el uso de plantas acuáticas. Estos sistemas pueden implantarse tanto en pequeñas ciudades como en instalaciones aeroportuarias, y otras instalaciones de servicios públicos. Hoy en día ya es de conocimiento público que los residuos pueden convertirse en recursos y que las industrias del reciclaje será probablemente uno de las grandes soluciones para los desechos durante el presente siglo. Y en cuanto al saneamiento ambiental, cobrará importancia vital las soluciones que tomen en consideración la naturaleza, lo cual generará grandes dividendos a la salud de nuestros ríos y bosques.

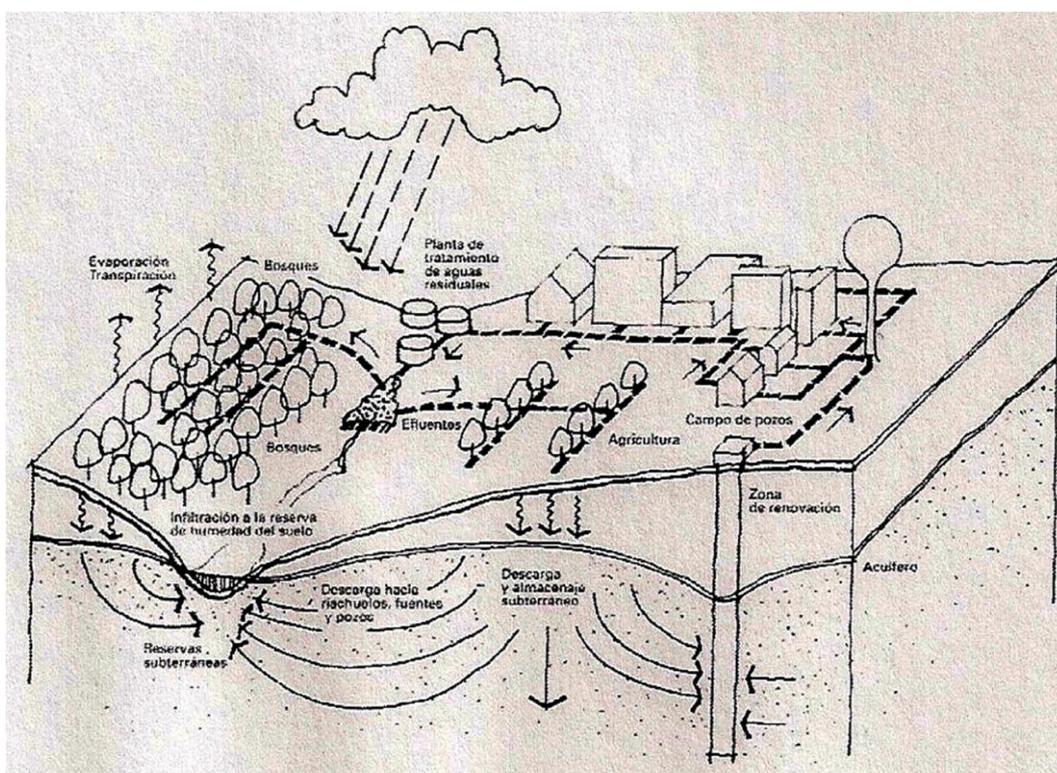
Los avanzados sistemas de tratamiento y eliminación de los contaminantes industriales pueden concluir con el retorno del agua y los nutrientes que contienen al medioambiente. Las capacidades microbiológicas y químicas del suelo se emplean para filtrar los nutrientes que serán reutilizados por las plantas, al tiempo que devuelven el agua pura a las reservas del subsuelo. Unos estudios de la Universidad estatal de Pensilvania muestran que, en tipos de adecuados de suelo, la producción de cultivos agrícolas se suele incrementar como resultado de la aplicación a la tierra de agua usada. El agua doméstica de desecho que recibe un tratamiento secundario tiene un considerable valor como fertilizante.

Las investigaciones de la Penn State también demuestran que el valor de la tierra forestal como “filtro viviente”, posee aplicaciones en el ámbito rural o en otras situaciones en las que se disponga de tierra y suelos apropiados. El tratamiento avanzado de las aguas residuales se realiza mediante procesos biológicos y químicos naturales a medida que el agua se desplaza a través del filtro viviente que proporciona el suelo, las plantas y los microorganismos. El agua purificada pasa a recargar las reservas de agua del subsuelo.

Desde principios de los años sesenta, el agua usada ha sido utilizada en la irrigación de de algunos emplazamientos de bosques. También comprobaron que el desarrollo de nuevos asentamientos forestales compuestos por especies

pioneras, puede ser muy eficiente, pues tienen una capacidad de regeneración mucho mayor que los asentamientos maduros. También el crecimiento de los árboles y la producción de fibra de madera pueden incrementarse considerablemente.

*“A medida que se consideran los beneficios del reciclado de nutrientes, la aplicación del agua usada a los bosques y las tierras agrícolas proporciona una alternativa viable. Al mismo tiempo, numerosas investigaciones han mostrado, desde los años sesenta, que estos nutrientes deben aplicarse en unos porcentajes y cantidades que puedan ser asimilados por la tierra y la vegetación. Son necesarias, por lo tanto, y unos programas de control global si*



Ciclo de renovación y conservación del agua residual

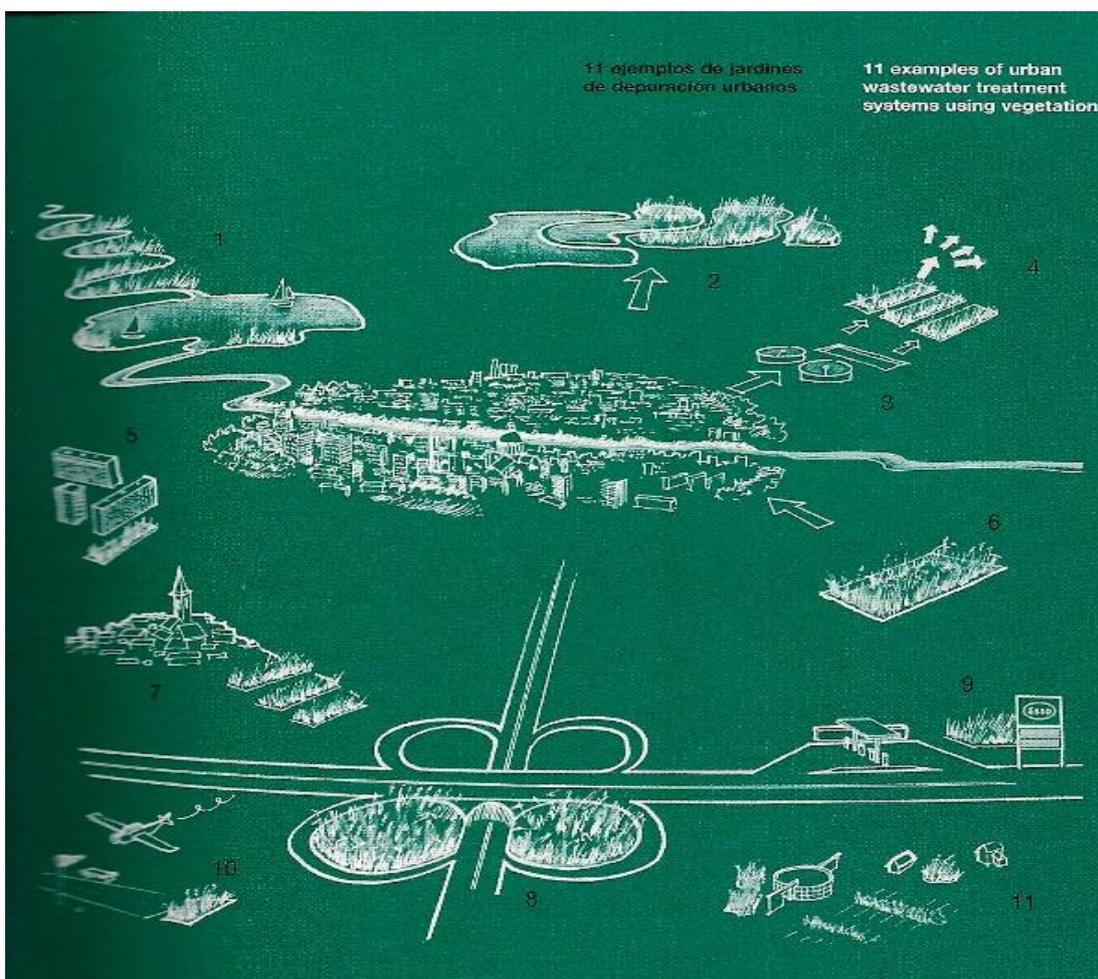
Fuente: William E. Soper. Surface Application of Sewage effluent and Sludge. Madison, Wisconsin ASSA, CSSA-SSSA, 1979. En Hough, Michael. (1998).

Fuente: Hough, Michael. (1998).

*se quiere evitar la sobrecarga del sistema”.* [(Lowday, J.E., y Wells, T.C.E. *The Management of Grassland and Heathland in Country Parks*. Informe para la Countryside Commision por el Instituto de Ecología Terrestre.

Shrewsbury: Countryside Comisión, West Midlands Region, 1977) en (Hough, 1998)]<sup>235</sup>.

Las ciudades son grandes consumidores de recursos y por lo tanto grandes productores de desechos que degradan el ambiente y entre ellos nuestros sistemas fluviales. Es por ello que deberían ser precursores en la conservación de la ecología. Ellas pueden recurrir a métodos de reciclaje con plantas acuáticas para solucionar el constante problema de las aguas residuales.



1. Oxigenación de un lago apto para el baño.
2. Depuración por lagunaje para menos de 15.000 habitantes.
3. Postratamiento de aguas y lodos de las plantas depuradoras.
4. Efluente reutilizado en industrias.
5. Rehabilitación de viviendas.
6. Desnitrificación por agua potable.
7. Pueblo o ciudad de menos de 3.000 habitantes.
8. Aguas de escorrentías de un cruce de distintos niveles en autopista.
9. Reciclaje del agua de lavado de las estaciones de servicios.
10. Aguas de escorrentías de un aeropuerto.
11. Empresas o viviendas aisladas.

Fuente: Izembart, H elene y Le Boudec, Bertrand (2003).

<sup>235</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 73.

“...El pretratamiento del agua potable muestra la aportación de las depuradoras vegetales a escala regional. En otro ámbito, el postratamiento de efluentes líquidos en las depuradoras tradicionales nos proporciona pistas a seguir para la mejora de los procedimientos habituales en la eliminación de los residuos. Estas depuradoras son también útiles para la preservación de los humedales”. (Izembart & Le boudec, 2003) <sup>236</sup>.

Los cursos de agua pueden ser una fuente de contaminación importante, en él se concentran los productos contaminantes de la atmósfera, los residuos de aceites e hidrocarburos y las materias en suspensión que llegan de los vertederos. Los aguaceros en las ciudades son muy contaminantes porque llegan a los suelos y al sistema fluvial grandes cantidades de agua no tratada en las depuradoras.

Para el tratamiento de estas aguas, ésta debe pasar por diversas etapas:

- El pretratamiento, es un procedimiento que elimina los elementos de mayor tamaño, mediante un proceso de cribado, de un desarenado, y en ocasiones de un desengrasado.
- El tratamiento primario, es un proceso para retener las partículas sólidas suspendidas en el agua, mediante la decantación en tanques sépticos, estanques o depuradoras de fangos activados o por filtración en lechos vegetales.
- El tratamiento secundario, elimina las materias orgánicas disueltas en el agua, mediante la acción de bacterias que consumen oxígeno, el cual es necesario reponer a través de métodos de aireación mecánica, plantas acuáticas o de un medio filtrante.
- El tratamiento terciario, elimina el nitrógeno y el fósforo. Con tratamientos complementarios es posible desaparecer los nitratos, los metales pesados y los gérmenes patógenos. El fósforo no se

---

<sup>236</sup> Izembart, H., & Le boudec, B. (2003). *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Barcelona: Gustavo Gili.p. 17.

puede convertir en gas y permanece en los lodos en una forma más o menos duradera.

Estos métodos aún no son suficientes para obtener una calidad higiénica libre de de gérmenes y parásitos, para lo cual debe recibir un tratamiento a base de rayos ultravioletas, ozonación, cloración, lagunaje o filtración. En la utilización de filtros vegetales, estos elementos se eliminan mediante la acción de diferentes factores físico-químicos o biológicos, tales como la temperatura, la insolación, la filtración, la decantación.

El agua tratada vuelve al medio natural, sin embargo, las plantas depuradoras quedan con un problema aun sin resolver de manera económica, los lodos con las concentraciones de fósforo.

Además de su función como purificador biológico para el agua usada, los humedales artificiales se han convertido en un método cada vez más importante para aumentar la calidad del agua corriente en algunas ciudades de Europa, Gran Bretaña, Estados Unidos y Canadá, según M. Hough. También tienen una inmensa importancia en el control de las inundaciones, de la erosión de los ríos y en la restauración de los hábitats deteriorados para que los ocupen las especies acuáticas y terrestres. Los metales pesados pueden acumularse en los sedimentos como asociarse con la materia orgánica, y muchos pesticidas, aceites y grasas se descomponen por la acción de los microbios y las plantas. Estos humedales también se utilizan para tratar la acidez del agua en las explotaciones de carbón y en las plantas de procesado de minerales.

*“...los mecanismos químicos y físicos para tratar el agua de lluvia incluyen la dispersión por evaporación, sedimentación y absorción, en las que los contaminantes disueltos se adhieren a los sólidos en suspensión, se asientan y se filtran a través de la vegetación y los suelos. Desde que se ha demostrado que los primeros 2.5 centímetros de lluvia caída llevan un 90% de la carga contaminante de una precipitación...”* [(Mark E. Taylor y Asociados. *Constructed Wetlands for Stormwater Management: A Review*. Informe preparado para Water Resources Branch, Ministerio del Medioambiente de Notario y el Metropolitan Toronto and Region Conservation Authority, abril

1992) en (Hough, 1998)]<sup>237</sup>, “...el diseño incluye a menudo un estanque de retención para un pretratamiento que recoja y asiente los sedimentos más contaminados antes que el agua fluya hacia el humedal. Al igual que todos los sistemas naturales, cada lugar es único y requiere sus propias adaptaciones particulares...”. (Hough, 1998)]<sup>238</sup>

Los biólogos han sabido desde hace muchos años que los pantanos poseen una capacidad muy alta para reciclar los desechos. El carácter altamente productivo de la ecología de los pantanos promueve la absorción de nitratos y fosfatos por las plantas acuáticas. En varias zonas de los Estados Unidos durante los años ochenta y noventa, se han desarrollado experimentalmente y con propósitos comerciales una variedad de humedales y de sistemas acuáticos solares, para el procesamiento de desechos domésticos e industriales.

Las plantas convencionales de tratamiento de aguas servidas emiten grandes cantidades de nutrientes sobrantes y de productos químicos tóxicos hacia las alcantarillas de la ciudad, lagos y océanos. También crean millones de toneladas de fango cada año, con frecuencia cargados de metales pesados. Los sistemas acuáticos, sin embargo, suspenden los sólidos por aireación y emplean energía solar, bacterias, plantas y animales, en un sistema diseñado para intensificar las respuestas naturales que bioquímicamente cambian o eliminan los contaminantes de las aguas residuales. Durante los diez días que dura el proceso, el agua usada circula a través de una serie de tanques o silos de plástico transparente, cada uno de los cuales es un ecosistema en funcionamiento. Las bacterias y las algas emplean la luz solar para digerir la materia orgánica suspendida en el líquido, convirtiendo el amoníaco en nitrito y luego en nitrato. Las plantas acuáticas y las algas consumen nitratos y zooplancton, y los caracoles se alimentan de algas.

Los pasos subsiguientes incluyen unos pantanos artificiales que contienen plantas que absorben metales pesados y otros productos químicos tóxicos; otros silos contienen peces que se alimentan del fitoplancton que se nutre de

---

<sup>237</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 80.

<sup>238</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. op. cit., p. 80.

nitratos, y jacintos de agua que absorben otros metales pesados. El paso final son unos pantanos “limpiadores” de los cuales el agua fluye limpia y libre de todo.

Los sistemas acuáticos solares requieren mucho menos espacio que los tratamientos de pantanos, y consumen menos tierra que las plantas de tratamiento convencionales. Además, se ve el agua usada como un recurso más que como un desecho del que librarse, y existen unos ingresos potenciales que se pueden obtener de las flores y plantas cultivadas hidropónicamente. Sin embargo, aún persisten algunos problemas. Muchos metales pesados almacenados en las plantas, tales como el plomo y el cadmio, deben ser periódicamente recogidos y eliminados. Pero esta limitación es, a pesar de todo, más segura que los métodos tradicionales de incineración o de enterramiento de las toneladas de lodos residuales cargados de metales en terraplenados, donde son liberados hacia el medioambiente.

La purificación del agua mediante el uso de humedales vegetales también está ganando reconocimiento en algunos países de Europa, tales como Alemania y Holanda. Algunos proyectos “...incluyen terrenos de camping donde el agua usada es purificada a pequeña escala, otros han sido construidos por compañías del agua, municipios e industrias para tratar los afluentes que vienen de las plantas de tratamiento...”. [(Deelstra, Tjeerd.”Ecological Approaches to Wastewater Management in Urban Regions in the Netherlands” en *Ecological Engineering for Wastewater Treatment*. Ponencias de la conferencia Internacional, Stensund Fol. Collage, Suecia, Marzo 1991) en (Hough, 1998)]<sup>239</sup>. “En el Cuarto Informe nacional de planificación física (1988, actualizado en 1990) del gobierno holandés, se sugirió que los humedales vegetales deberían ser incorporados en la planificación de los usos del suelo de la ciudad. Propone, donde haya espacio disponible, la descentralización de pequeños sistemas de purificación que puedan servir a múltiples funciones. Los estudios han probado, de hecho, que la combinación de purificación de agua, desarrollo de la naturaleza, ocio y agricultura es posible” [(Deelstra, Tjeerd.”Ecological Approaches to Wastewater

---

<sup>239</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 75.

Management in Urban Regions in the Netherlands” en Ecological Engineering for Wastewater Treatment. Ponencias de la conferencia Internacional, Stensund Fol. Collage, Suecia, Marzo 1991) en (Hough, 1998)]<sup>240</sup>.

Es posible la recuperación del agua desde los drenajes del riego y de los vertidos domésticos o industriales mediante filtros verdes. Tradicionalmente se ha venido utilizando el sistema de lagunaje, el cual consiste en el vertido del agua residual en un sistema de lagunas en las que se produce la depuración, o los filtros verdes, como el riego sobre superficies plantadas con vegetación herbácea o los filtros verdes de especies leñosas donde son vertidas las aguas residuales. Estos sistemas presentan algunos inconvenientes como es el riesgo sanitario, la contaminación de los acuíferos, la presencia de insectos y la generación de malos olores.

Las técnicas rústicas para la depuración de agua se distinguen por el modo de infiltración, de circulación del agua: aéreo, subterráneo, vertical, horizontal o mixto; y se valen de los fenómenos naturales, por ejemplo, el lagunaje toma como modelo las charcas y los estanques; los lechos vegetales utilizan el principio de los carrizales utilizados en Europa, la dispersión subterránea reinterpreta las normas de las praderas húmedas, y la dispersión en bosque aplica los principios del bosque pantanoso.

- **Lagunas de macrófitas.**

Esta técnica consiste en la circulación de aguas residuales a través de una serie de grandes estanques de fondo y paredes impermeables, con una profundidad de forma decreciente desde 1.20 m hasta 0.50 m. y la depuración la efectúan las bacterias y necesitan una importante extensión de terreno llano, aproximadamente 10 m<sup>2</sup>/habitante. Es de fácil integración en el paisaje.

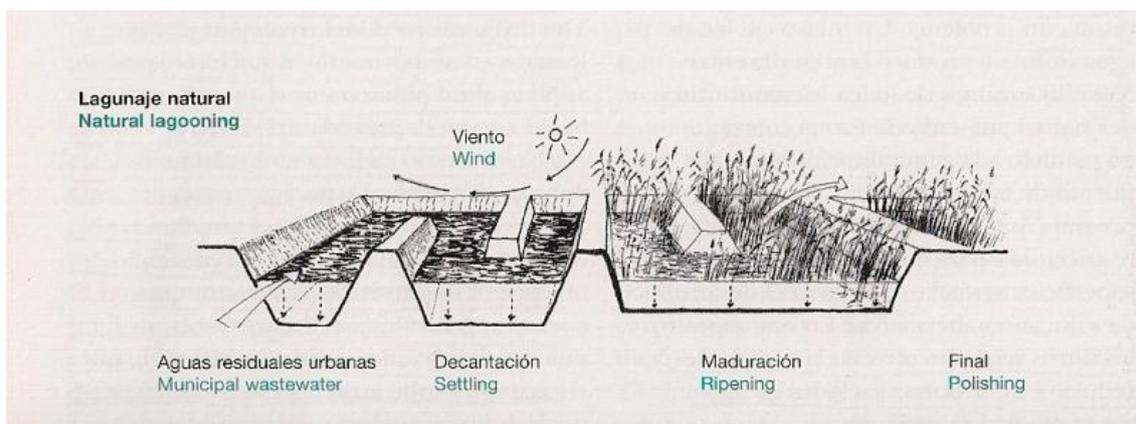
Las plantas en las lagunas de macrófitas están sembradas o flotando. *“...Las plantas ralentizan la corriente, favorecen el sedimento de las materias en suspensión y lo mantienen parcialmente oxigenado mediante la aportación*

---

<sup>240</sup> Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 75.

de oxígeno a nivel de las raíces...". (Izembart & Le boudec, 2003)<sup>241</sup>, los tallos fungen de soporte a cultivos de bacterias.

La utilización de estas lagunas es para el tratamiento de aguas pluviales por decantación de las materias en suspensión, igualmente para el tratamiento de zonas sensibles como los bordes fluviales y lacustres, de las aguas residuales domésticas, y de ciertos residuos industriales y mineros. Como mantenimiento, es necesario extraer cada 10 años los lodos.



10 m<sup>2</sup>/habitante. Tiempo de permanencia del agua: 50 a 80 días. Una variante de lagunaje aerado permite que en Alaska el proceso funcione a -45°C.

Fuente: Izembart, H elene y Le Boudec, Bertrand (2003).

- **Los lechos de macr ofitos o filtros vegetales.**

A pesar de que los buenos resultados en la depuración son consecuencias de la actividad de las colonias bacterianas fijadas en el sustrato granular, la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de depuración al proporcionar sombra durante el verano y mantener la capacidad de infiltración por el movimiento de los tallos, el continuo crecimiento de rizomas y el aporte de gran cantidad de oxígeno y de ácidos orgánicos en el sistema radicular lo cual favorece al desarrollo de las bacterias.

Estas plantas necesitan un área menor que el lagunaje, entre 2 y 5 m<sup>2</sup>/habitante. En esta técnica las aguas no se ven en la superficie, por lo cual hace posible la instalación cerca de áreas habitacionales por la ausencia de

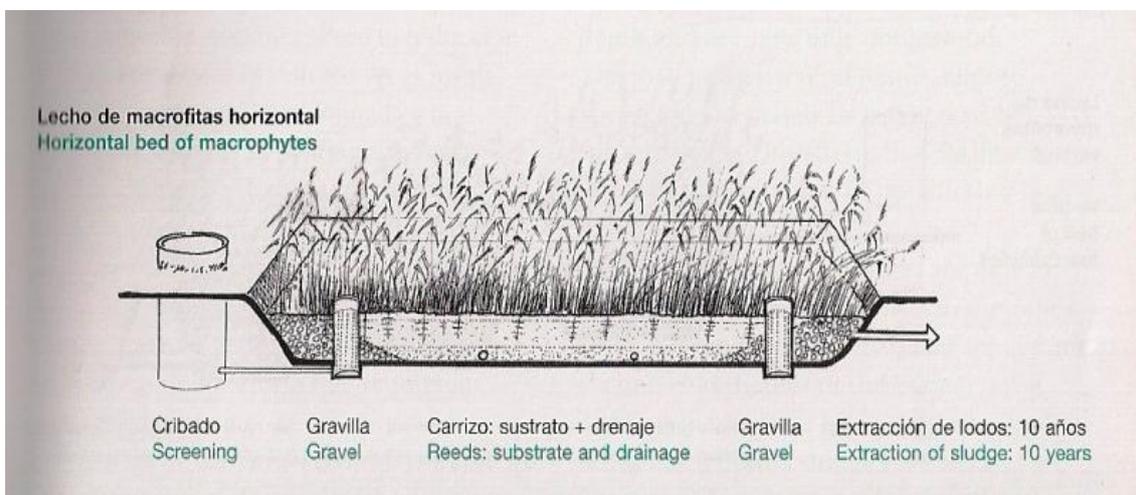
<sup>241</sup> Izembart, H., & Le boudec, B. (2003). *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Barcelona: Gustavo Gili. p. 25.

malos olores y mosquitos. Otra ventaja en relación al lagunaje es el no producir lodos, lo cual reduce los problemas de gestión.

La depuración con lechos de macrófitos o filtros vegetales, según la dirección del flujo de agua, se puede describir dos tipologías, a saber: sistemas de circulación horizontal y sistemas de circulación vertical.

Los sistemas de circulación horizontal, son desarrollados en un solo estanque, el cual debe estar ubicado en una superficie plana o con una ligera inclinación. El sustrato debe estar compuesto de grava, arena o de elementos cohesionantes, saturado de agua y la presencia de numerosas zonas anaerobias. Las plantas acuáticas son los únicos elementos del sistema que aportan el oxígeno.

Estos sistemas de depuración son utilizados para el tratamiento secundario o terciario de las aguas residuales domésticas, y el tratamiento de ciertos residuos agrícolas e industriales. En general son plantas que requieren poco mantenimiento.

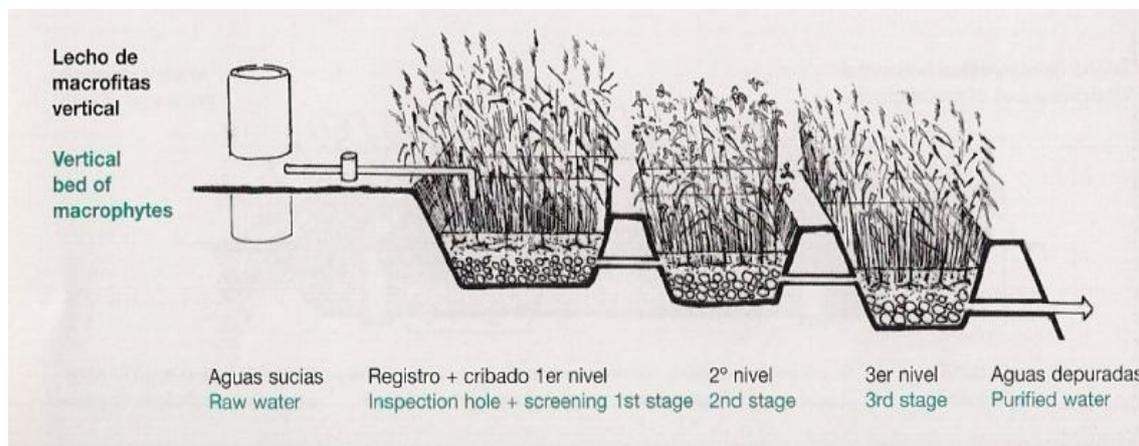


2 a 5 m<sup>2</sup>/habitante. Tiempo de permanencia del agua: 4 días. Sin mantenimiento, estanque único. Municipios pequeños o postratamiento de estaciones depuradoras.

Fuente: Izembart, Hélene y Le Boudec, Bertrand (2003).

Los sistemas de circulación vertical, en Europa su utilización está basada en el uso de carrizos y juncos, los cuales reproducen los fenómenos anfibios en los bordes de los pantanos. Esta planta utiliza diversos estanques, alimentados de forma alterna por un sistema de rotación o por vertidos puntuales, lo cual permite una mayor oxigenación del medio filtrante formado

por arena y/o gravilla. Debe estar construido en terrenos con una ligera pendiente para que el agua se deslice libremente por gravedad de un estanque a otro. Cuando el suelo es permeable, el agua tratada puede infiltrarse directamente al acuífero.



2 a 5 m<sup>2</sup>/habitante. Tiempo de permanencia del agua: 4 días, sistema de percolación alternado en 2 o 3 niveles, menos de 3.000 habitantes.

Fuente: Izembart, H elene y Le Boudec, Bertrand (2003).

Poseen la capacidad para recibir grandes cantidades de material en suspensión, lo que le permite ser utilizada en el tratamiento primario de vertidos domésticos y en el tratamiento de lodos procedentes de otras plantas de depuración. “...Estas depuradoras permiten una nitrificación intensa en tratamientos secundarios y terciarios de vertidos domésticos y sirven también para el tratamiento de ciertos vertidos industriales y agrícolas”. (Izembart & Le boudec, 2003)<sup>242</sup>.

Actualmente se est  utilizando una técnica llamada “Filtros mediante Macrófitas en Flotación, el cual depura las aguas residuales utilizando plantas que en lugar de estar enraizadas en el lecho de los cursos de agua o en sus orillas, se encuentran flotando artificialmente en canales impermeabilizados, eliminando los inconvenientes de los sistemas flotantes tradicionales y de las macrófitas emergentes enraizadas.

Al crecer flotando en el agua, estas especies producen una densa red de raíces y rizomas que llegan a ocupar toda la laguna o el canal artificial y obligan

<sup>242</sup> Izembart, H., & Le boudec, B. (2003). *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Barcelona: Gustavo Gili. P. 27.

al agua circular por toda la maraña de raíces, rizomas y parte del tallo donde están ubicados los microorganismos que degradan la materia orgánica. Con este tipo de filtro es posible efectuar un tratamiento secundario y terciario del agua residual, eliminando además de la materia orgánica, el fosforo y el nitrógeno. Las especies deben ser autóctonas de la región donde se instale la planta. Las plantas instaladas en España se han utilizado las siguientes especies: *Phragmites sp.*, *Sparganium sp.*, *Scirpus*, *Schoenus*, *Iris pseudocorus* y *Tipha sp.*

### **Vegetación ornamental.**

Desde la antigüedad los cauces fluviales han sido fundamentales para el asentamiento de la población por la disponibilidad de agua, la existencia de suelos fértiles y como vía de comunicación. A pesar de su importancia ecológica y como medio de subsistencia durante siglos, su degradación ha sido progresiva, pero es a partir del siglo XX que han aumentado los problemas por los niveles de desarrollo alcanzado por el hombre. Esa degradación de los cursos fluviales se ha intensificado en los tramos medios y bajos de los cauces y es difícil hoy en día encontrar un cauce con su morfología y vegetación riparia inalterada.

Estas degradaciones ocasionadas por actividades antrópicas en el cauce y en sus espacios fluviales ya la hemos comentado con anterioridad, sin embargo debemos añadirle la contaminación de la vegetación de sus riberas por especies exóticas sembradas, que se establecen y en ocasiones puede ser tal la propagación que llega a reemplazar la vegetación original. En ocasiones, plantas provenientes de otras áreas geográficas suelen desarrollarse en los bordes fluviales y bosques de galería, contribuyendo a erosionar su productividad y degradando la biodiversidad de las especies de la zona.

Como ya sabemos, la vegetación no es un ser estático, ella evoluciona y cambia con el tiempo, producto de agentes naturales o antrópicos. El hombre en el proceso de plantar vegetación no autóctona en los espacios fluviales está introduciendo elementos que te llevan a la exotividad, es decir, toda plantación con individuos que no pertenecen a la región de la intervención y que han aparecido o proliferado como consecuencia de alteraciones debidas a

presiones o impactos, se considera planta exótica. Algunas de estas plantas exóticas poseen la capacidad de prosperar en forma espontánea y colonizar grandes áreas, lo cual la lleva a considerarse como una especie invasora. Estas especies exóticas arbóreas y arbustivas, desatan una competencia por la supervivencia con las especies nativas porque se adaptan a las condiciones edafoclimáticas del sector que llegan a convertirse en especies invasoras, que desplazan a la vegetación original, además de posibilitar el inicio de la fragmentación del paisaje, llegando a modificar por completo los ecosistemas al producir las migraciones de la fauna original por la pérdida de sus hábitats tradicionales.

*“...una importante limitación a la hora de afrontar la gestión de especies exóticas en la vegetación de ribera –y de cualquier otro ecosistema en general- es la escasa conciencia de contaminación existente, más allá de unos pocos taxones muy invasores para los que, además, su consideración como un problema se remonta a unos pocos años...”. (Enríquez., s/f).<sup>243</sup>*

Los bordes fluviales son corredores ambientales y al ser urbanos pasan a ser también los puntos de conexión entre el río y la ciudad, creando situaciones que derivan en la degradación del paisaje natural. Por ello es necesario saber elegir qué especies utilizar para determinados espacios para no provocar gastos indebidos y producir impactos negativos en las intervenciones. Las actuaciones en los bordes fluviales urbanos han de preservar o, en su caso, recuperar la naturalidad del entorno, por consiguiente es importante utilizar, siempre que sea posible, especies autóctonas.

En la naturaleza existen plantas de diversas clases, tamaño, formas, colores y usos posibles para cada especie; ahora bien, dada esta variedad y por ser material vivo, flexible y con un proceso de crecimiento, en el proceso de precisar el tipo de especies a utilizar en los bordes fluviales urbanos, es importante seleccionar el material indicado tomando en consideración el uso específico y el lugar donde se va a plantar cada especie, por consiguiente, se

---

<sup>243</sup> Enríquez., A. (s/f). *Especies vegetales exóticas en cauces y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Revista Foresta N° 41. Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales.: [http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2041/especies\\_vegetales\\_exoticas.pdf](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2041/especies_vegetales_exoticas.pdf) .

deben considerar los siguientes factores: “...requerimientos y tolerancia a la temperatura, al agua y la humedad, a la luz, al terreno, al viento, a las enfermedades y pestes, etc.....”. (Esteva, 1969)<sup>244</sup>, los cuales cada uno influye sobre los demás. Todas las plantas poseen un valor estético siempre que se cumpla la condición de estar correctamente ubicada para que biológicamente se desarrolle en óptimas condiciones. Generalmente son especies de alto nivel hídrico y de follaje vistoso. Pero su utilización en los diseños paisajísticos debe ser concebida y mantenida aplicando el riego de por vida.

Como en toda actividad paisajística, al introducir plantas ornamentales en los espacios fluviales, no todas las especies se adaptarán a las características del sitio y habrá que hacer una selección adecuada teniendo en cuenta todos los factores edafoclimáticos para su adaptación al nuevo sitio. Como resultado visualizaremos el aporte de nuevas formas y coloridos por el brote de las nuevas especies, cuyo follaje va a adherirle de colores nuevos al corredor fluvial. La floración de las distintas especies, así como su fructificación aportarán aún más elementos al variante paisaje fluvial. No obstante, se hace necesario adoptar una buena gestión de mantenimiento del plantío a fin de evitar la propagación indeseada de las especies ornamentales o exóticas que puedan convertirse en invasoras desatando una competencia por la supervivencia con las especies nativas del sistema fluvial intervenido.

---

<sup>244</sup> Esteva, F. (1969). *Arboles ornamentales y otras plantas del trópico*. Caracas: Armitano. p. 21.

## CAPITULO V.

### INTERVENCIONES EN LOS TRATAMIENTOS DE BORDES FLUVIALES URBANOS.

En los países desarrollados se están efectuando distintas intervenciones que pueden mejorar el estado ecológico de los ríos, relacionados a la restauración o rehabilitación de sus condiciones hidrológicas y morfológicas. La planificación de estas actuaciones debe estar asociada a los planes de ordenamiento del territorio y su fundamento teórico para afrontar de forma sostenible estas intervenciones en la restauración ecológica de los sistemas naturales y en especial en los corredores fluviales es importante llevar a cabo el ordenamiento de las ocupaciones y el uso del suelo tomando en consideración las relaciones ecológicas que se presentan en la interacción de todos los sistemas que forman parte del paisaje.

Estas intervenciones deben ser realizadas por profesionales que formen parte de un equipo multidisciplinario que también deben considerar las limitaciones que pueda presentar la propiedad privada de los terrenos donde se va a actuar e igualmente las limitaciones presupuestarias de los entes administrativos que la lleven a cabo.

*“Los usos y las actuaciones administrativas sobre el río arrastran este enorme coste ambiental. Su reducción tiene que basarse en la vuelta a la sostenibilidad tanto de los usos y actividades que se ejercen en el entorno y sobre los ríos, como en las (supuestas) actuaciones de acondicionamiento ambiental”. (Schmidt G. , 2002)<sup>245</sup>.*

Al efectuar una intervención puntual de un río, es necesario *“...observar sus consecuencias desde la distancia, pensando también en las posibles o necesarias actuaciones complementarias para recuperar un equilibrio*

---

<sup>245</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

*dinámico*” (Schmidt G. , 2002)<sup>246</sup>. En ese sentido, el mismo autor señala que las intervenciones generalmente se estructuran en los siguientes niveles territoriales:

- *Tratamientos y estructuras acuáticas, en el cauce.*
- *Estabilización y diversificación de la orilla.*
- *Reconstrucción de la llanura fluvial.*
- *Creación de un corredor fluvial.*
- *Gestión sostenible de la cuenca (agrícola, forestal, urbano, etc.).*

En toda intervención fluvial el río debe ser considerado *como “...un ecosistema de gran riqueza y complejidad en el que las obras fluviales inciden introduciendo modificaciones...”*, (Gutierrez, s/f)<sup>247</sup>, estas modificaciones pueden acarrear al sistema fluvial algunos problemas que dependiendo de su magnitud pueden significar grandes consecuencias en el sistema fluvial. En ese sentido, para efectuar todo tipo de intervención es necesario analizar el río de forma global, es decir, en todos los aspectos que interactúan en sus procesos naturales, como son hidráulico, ecológico, morfológico, geomorfológico, paisajístico, urbanístico, etc.

En los proyectos de restauración las intervenciones a efectuar actuarán a corto, mediano y largo plazo. *“Por otro lado, las actuaciones a corto plazo, y directamente situadas en la zona de alteración solamente son necesarias y justificables bajo las siguientes condiciones”* [(PAYNE & COPES, 1986) en (Schmidt G. , 2002)]<sup>248</sup>:

- Cuando sea necesario restaurar el hábitat que ha sido dañado o alterado por la actividad humana o por catástrofes naturales, y no pueda ser restaurado de forma natural en un tiempo razonable.
- Cuando sea la única vía de proporcionar el hábitat desaparecido.

---

<sup>246</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

<sup>247</sup> Gutierrez, R. (s/f). *Actuaciones urbanas en cauces y riberas: el caso del Ebro en Zaragoza*. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de <http://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/22/86/11gutierrez.pdf>

<sup>248</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Op. Cit.

- Cuando la mejora de hábitat proporciona estructuras sustancialmente mejores que el proceso natural.

Según Fernando Magdaleno en una restauración fluvial es posible establecer tres niveles de intervención: “...*la no intervención, la intervención parcial y el manejo total del sistema...*“. Su aplicación debe ser “...*en función de las características del medio, su potencial de auto-recuperación y las condiciones de contorno, a nivel social, económico y ambiental*“. (Magdaleno F., Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>249</sup>.

En estas intervenciones cada río o tramo de río va a requerir diferentes actividades para su restauración tomando en cuenta sus características y las causas de su deterioro, sin embargo, según Marta González del Tánago y Diego García de Jalón (2007), existen cuatro medidas importantes para mejorar las dimensiones del espacio fluvial y su funcionalidad que será necesario abordar para mejorar la actividad en los sistemas fluviales:

- *El aumento del espacio donde el río pueda desarrollar sus procesos naturales de erosión y sedimentación con mayor libertad de lo que lo hace en la actualidad, es decir, el espacio necesario para la disipación de la energía de las avenidas.*
- *La mejora del régimen de caudales, dando continuidad a los flujos de agua y de sedimentos, y conectividad a los hábitats acuáticos y de ribera.*
- *La eliminación de barreras transversales y longitudinales que puedan estar limitando la continuidad y conectividad del medio fluvial.*
- *La recuperación de la integridad de las funciones hidrológicas y ecológicas de las riberas, fomentando la regeneración natural de su vegetación. (González & García, 2007)<sup>250</sup>.*

Estos mismos autores consideran que en muchos casos será necesario llevar a cabo otras las siguientes actuaciones:

---

<sup>249</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

<sup>250</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. P. 213.

- *Creación de franjas riparias para la protección de la calidad de las aguas de los ríos.*
- *Plantaciones de ribera, como procedimiento de ocupación inmediata del espacio fluvial que evite otras ocupaciones o usos, o para la adecuación recreativa de las márgenes.*
- *Rehabilitación de los tramos urbanos.*
- *Trabajos de mantenimiento de cauces.*

Factor importante para el mejor éxito de lo anteriormente expuesto y en todo proceso de rehabilitación de tramos fluviales urbanos es la calidad del agua, por lo tanto es importante su tratamiento antes de ejercer cualquier tipo de intervención en los tramos fluviales. Incluyendo en este proceso los afluentes que llegan al tramo a intervenir, es decir, el tratamiento de todo tramo fluvial debe contemplar toda la cuenca vertiente.

Otra tendencia presente en esos países que debemos aplicar es la eliminación de estructuras para el control de inundaciones en las ciudades y prever espacios para almacenamiento de las aguas provenientes de los niveles de avenidas.

Todas estas intervenciones en el sistema fluvial no deben dejarse al abandono luego de ser ejecutadas, es importante y necesario ejercer un plan de mantenimiento en ellas, sobremanera si se trata de un tramo urbano, es fundamental su seguimiento y vigilancia del funcionamiento del sistema fluvial, abarcando entre otros la calidad de sus aguas, los niveles de inundación, las especies de flora y fauna que en él habitan, así como también los parques fluviales que se encuentren operando en sus bordes, cerciorando que toda su evolución sea la prevista en el proyecto de bordes fluviales urbanos.

Las intervenciones dentro del cauce deben ser respetando sus formas y procesos naturales, *“...manteniendo la morfología del tramo (sinuosidad, pendiente, anchos), los rápidos y remansos, la vegetación, y de nuevo en los*

*tramos urbanos teniendo en cuenta a la ciudad*". (Gutierrez, s/f)<sup>251</sup>, igualmente se debe propiciar la creación de hábitats para las especies piscícolas.

*"Gran parte de estas actuaciones de restauración de los ríos solo se van a poder llevar a cabo, o van a ser efectivas, si previamente se han disminuido las presiones existentes que han determinado el confinamiento de su espacio, la regulación de los caudales o la desaparición degradación de los sistemas riparios*". (González & García, 2007)<sup>252</sup>.

### **Disposición del espacio fluvial.**

Ya habíamos comentado que los ríos necesitan espacio suficiente para desarrollar una morfología estable y en equilibrio con el régimen de caudales donde pueden disipar su energía proveniente de los procesos de avenidas, pero usualmente estos espacios están siendo utilizados para fines ajenos a la dinámica fluvial.

La ocupación de estas áreas del río, es decir, sus bordes y su llanura de inundación, es uno de los mayores problemas con los que nos encontraremos a la hora de restaurar los ríos y sus bordes, es una situación que frecuentemente limita la posibilidad de cumplir los objetivos trazados.

El objetivo principal en esta intervención recuperarle al río sus territorios originales para que pueda mantener su dinámica, tener libertad para sus desplazamientos laterales y para su desbordamiento, y restablecer la conectividad entre los hábitats del cauce y los de sus bordes, todo ello sin ocasionar daños o perjuicios a los propietarios ribereños.

Para lograr este objetivo será necesario comprobar que el río disponía de esos espacios con anterioridad y que hoy en día los procesos fluviales se encuentran perturbados por las ocupaciones existentes. En ese sentido, es necesario identificar el espacio que corresponde al dominio público hidráulico según la legislación vigente, investigar los límites o deslindes previos y el espacio ocupado por el río en el pasado, diferenciando en lo posible el cauce,

---

<sup>251</sup> Gutierrez, R. (s/f). *Actuaciones urbanas en cauces y riberas: el caso del Ebro en Zaragoza*. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de <http://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/22/86/11gutierrez.pdf>

<sup>252</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...op. cit.*, p. 213. .

el corredor ripario, las zonas laterales del cauce ocupadas por vegetación asociada a la presencia del río y la llanura de inundación con su morfología y vegetación característica que usualmente incluye ecosistemas acuáticos asociados al río tales como meandros abandonados, humedales, etc.

A fin de posibilitar la ampliación del espacio fluvial, también habrá que tener en cuenta en la legislación vigente las servidumbres y restricciones de usos y ocupación en los terrenos aledaños al cauce.

*“...aspecto básico para las técnicas de restauración elegidas tengan éxito es el mantenimiento de un espacio de libertad fluvial, donde el río pueda desarrollar su dinámica natural. La ordenación de usos y aprovechamientos en este espacio resulta, por esta razón, fundamental. Sus dimensiones deben ser consensuadas entre todos los agentes públicos y privados implicados en la gestión del sistema fluvial, tomando como base la hidrodinámica del río, y las características de su llanura de inundación. También es preciso que las técnicas introducidas cuenten con el tiempo suficiente para alcanzar los objetivos fijados, y que se lleve a cabo un mantenimiento adecuado a las mismas”.* (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>253</sup>.

La delimitación del espacio conocido como territorio fluvial, según Marta González del Tánago y Diego García de Jalón (2007), es un tema de gran interés científico y práctico en varios países en los cuales se han elaborado varias metodologías para llevarlas a cabo. Estos autores refieren trabajos de Ureña y Ollero (2000) y Ollero (2007) donde se comentan algunas de estas metodologías diferenciando los diferentes tipos de espacios fluviales según sus características hidrológicas y ecológicas, las cuales mencionamos seguidamente:

La llanura de inundación al ser un espacio que es inundado por el río con una periodicidad distinta según su proximidad al canal fluvial, puede delimitarse fácilmente con criterios hidrológicos analizando la magnitud de las

---

<sup>253</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/porta/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/porta/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

crecidas máximas que lo definen, pudiendo corresponder a períodos de retorno de aproximadamente 500 años, en países europeos.

En los países que se aplica este concepto se han recomendado diferentes usos del suelo y existen diferentes tipos de restricciones. La agricultura extensiva en general es la considerada como la de menor riesgo y podría estar ubicada en zonas fuera del área inundable por avenidas de periodo de retorno entre 10 y 20 años, sin embargo, la agricultura intensiva por presentar cierta infraestructura, debería situarse en zonas por encima del nivel de las avenidas de periodos de retorno entre 20 y 50 años. Las instalaciones para sacrificio del ganado, pequeñas instalaciones industriales, urbanizaciones dispersas, carreteras locales por ser de mayor riesgo en la contaminación del río, deberán quedar fuera de las áreas inundables por avenidas de períodos de retorno de entre 50 y 100 años; mientras que los asentamientos urbanos, las áreas industriales o infraestructuras de transporte de mayor envergadura deberían situarse en zonas fuera de la influencia de las avenidas de periodos de retorno entre 100 y 500 años.

En cuanto al cauce o el espacio donde se desarrolla la movilidad fluvial y donde suceden los procesos fluviales con mayor periodicidad. Los autores Malavoi y otros (1998), Piegay et al (2005) y Ollero (2007), referidos en González del Tánago, Marta y García de Jalón, Diego (2007), reconocen varias bandas de terreno en sentido transversal al cauce, y entre ellos destaca el denominado por ellos el “espacio de movilidad funcional”, el cual está basado en formas geomorfológicas y tipos de sedimentos asociados a la dinámica del río, y el “espacio de movilidad mínima” el cual corresponde al ancho mínimo que necesita el río para mantener su funcionalidad hidrológica y evitar el progreso en el desequilibrio geomorfológico.

Las dimensiones para el espacio de movilidad fluvial se generan a través de criterios geomorfológicos y ecológicos, identificando la topografía, tipos de sedimentos y la vegetación característica, sin embargo, *“...esta área podría corresponder en muchos casos al área inundable por las avenidas de período*

de retorno de 50 años...”. (González & García, 2007)<sup>254</sup>. Debe señalarse que esta delimitación puede variar en el tiempo producto de la dinámica fluvial. En este sentido se comprende que el espacio de movilidad fluvial tenga un uso preferentemente como área natural, que en el área urbana pueda convertirse en un corredor muy valioso para actividades recreativas y para la revalorización de los barrios cercanos, conectando a la ciudad con el corredor fluvial y con los corredores biológicos adyacentes.

Según [Ollero (2007) en (González & García, 2007)]<sup>255</sup> para la restauración de los espacios fluviales con cualquier ordenación de usos propuestos, se deben respetar tres objetivos que están relacionados entre sí:

- *Recuperar y conservar la continuidad del corredor ribereño, tratando de aumentar su anchura.*
- *Disminuir los riesgos de las crecidas estableciendo una nueva ordenación de los usos del suelo en áreas inundables.*
- *Desarrollar nuevos usos y actividades dentro del territorio fluvial, que sean compatibles con las inundaciones y con la conservación del ecosistema fluvial.*

Otra autora como Ann Riley, refiere los objetivos de la restauración fluvial de esta manera:

*“El objetivo de muchos proyectos de restauración de bordes fluviales es evitar o minimizar los impactos ambientales. La restauración puede reemplazar proyectos ambientalmente perjudiciales con soluciones que reducen los daños de las inundaciones y de las erosiones mientras restaura los valores ambientales. En otros casos, el esfuerzo de la restauración puede devolver parte de los valores ecológicos y estéticos a un medio ambiente degradado por un proyecto convencional anterior”.* (Riley, 1998)<sup>256</sup>.

<sup>254</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 216.

<sup>255</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..op. cit.*, p. 21

<sup>256</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 31.

Como formas de actuación podemos señalar que en cada tramo de río la delimitación del espacio llamado “territorio fluvial” puede hacerse siguiendo muchos procedimientos pero respetando siempre los criterios geomorfológicos, hidrológicos y ecológicos, además de seguir la legislación vigente como la reducción del riesgo que generan las avenidas en daños a personas y bienes. Igualmente deben incluirse las referencias históricas disponibles para el reconocimiento de los terrenos que ocupan y ocuparon los ríos.

Importante es la regulación de los usos en los terrenos adyacentes a los cauces, a fin de “...prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos y proteger el régimen de corrientes en avenidas, favoreciendo la disipación de energía y la retención del agua y los sedimentos”. (González & García, 2007)<sup>257</sup>.

Dado lo anterior podemos definir la ampliación del espacio fluvial para lograr su restauración y proponer una nueva reglamentación de usos del suelo en sus bordes y áreas adyacentes, luego de haber logrado el acuerdo y la concertación entre los distintos propietarios y actores sociales implicados.

Con esta nueva planificación de los espacios fluviales surgirán oportunidades para el desarrollo sustentable de estas áreas y nuevas actividades humanas que impulsen el desarrollo económico de las poblaciones ribereñas, en una sociedad que necesita cada vez más actividades de ocio al aire libre y aprender a valorar la conservación de los espacios y paisajes naturales.

### **Mejora del régimen ambiental de caudales.**

“El objetivo de los caudales ambientales es mejorar la cantidad y distribución temporal del agua que circula por los ríos, siguiendo las pautas del régimen natural”. (González & García, 2007)<sup>258</sup>. Sucede pues, que el hombre ha alterado la magnitud del agua circulante de los caudales para regular los flujos durante las épocas de avenidas y estiajes.

---

<sup>257</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 216.

<sup>258</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 217.

Otra medida que es necesario abordar para la mejora de de los ríos luego de haber recuperado el espacio fluvial es garantizar que ese espacio sea ocupado periódicamente por los caudales circulantes, permitiendo sus crecidas y sus desbordamientos.

El objetivo básico es mejorar la cantidad y la distribución periódica de los caudales que circulan por el río, garantizando un régimen de caudales que mantenga la continuidad de los flujos además de la continuidad de los hábitats en todo el sistema fluvial y asegure la permanencia de las comunidades biológicas primitivas, es decir, establecer “... *un régimen de caudales ambientales para cada río o tramo fluvial que permita mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados...*”. (González & García, 2007)<sup>259</sup>.

Para cumplir este objetivo será necesario efectuar una valoración del grado de alteración del régimen de caudales en la actualidad, igualmente será necesario investigar la variabilidad de los caudales naturales producto de las precipitaciones y a las reducciones de de las escorrentías asociadas a obras de canalizaciones, aumento de las extracciones de aguas subterráneas, derivaciones de agua para riego, etc.

En todo caso, será necesario conocer la cantidad de agua que circula por el cauce y la que debería circular por el río a lo largo del año, para poder iniciar los estudios necesarios para el proyecto de restauración que permita definir el régimen de caudales ambiental o ecológico.

Como formas de actuación podemos señalar, que para algunas actividades de restauración, como “...*la mejora de la morfología del cauce para hacerla más apropiada para el tránsito del régimen ambiental establecido...*”, o así como también, “...*aumentar el espacio fluvial para que sea ocupado periódicamente por las avenidas y aumenten las posibilidades de de regeneración natural de la vegetación riparia...*”. (González & García, 2007)<sup>260</sup>,

---

<sup>259</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* *op.cit.*, p. 217.

<sup>260</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 219.

es importante conocer el régimen de caudales que va circular por el tramo del río.

Este régimen de caudales también determinará las dimensiones y características hidráulicas y geomorfológicas de los hábitats acuáticos, así como también los tipos de comunidades que podrían constituirse en el cauce y sus bordes estableciendo con ello las posibilidades de lograr el buen estado ecológico determinado en el proyecto.

*“Este régimen ambiental de caudales debe definir el rango en el que van a fluctuar los caudales a lo largo del año, aludiendo a variables de magnitud, duración y tasa de cambio, así como detallar el régimen de avenidas ordinarias y extraordinarias que debe mantenerse, indicando la magnitud, duración, frecuencia, época y tasa de cambio en los hidrogramas correspondientes”.* (González & García, 2007)<sup>261</sup>.

Para la restauración del régimen de caudales es importante establecer los valores de caudales promedios que van a ser superados por los caudales provenientes de las avenidas en la época de mayor precipitación, igualmente los valores de los caudales que no van a ser superados por los flujos circulantes durante los meses más cálidos cuando se produce el estiaje, para llegar en la medida de lo posible al régimen natural. En todo caso, es importante tomar en cuenta el valor de los caudales mínimos en épocas de lluvia y el de los caudales máximo en épocas de sequía, así como también la tasa de cambio o la velocidad de variación de los caudales en una unidad de tiempo, a fin de evitar las fluctuaciones bruscas.

Para atenuar los efectos de la regulación de caudales para regadío una medida posible es la construcción de un sistema de canales y áreas de almacenamiento de agua ubicados fuera de los cursos de agua naturales, *“...que permitan realizar las detracciones en las épocas de mayor disponibilidad natural de agua, satisfaciendo las demandas pero manteniendo los caudales circulantes por los ríos en condiciones más próximas a los*

---

<sup>261</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op. cit., p. 219.

*naturales* (González & García, 2007)<sup>262</sup>. De esta manera, se evitan los efectos de los caudales máximos en el ecosistema fluvial, preservando los hábitats con sus ciclos de desarrollo de las comunidades biológicas y enriqueciendo el paisaje.

### **Eliminación de barreras y disminución de las restricciones al desbordamiento.**

En la restauración ecológica de los ríos es importante asegurar que las aguas puedan ocupar el espacio fluvial recuperado sin restricciones a los desbordamientos luego de haber restablecido el régimen de caudales ambientales, e igualmente que se mantenga la continuidad de los flujos de agua y sedimentos a lo largo del sistema fluvial.

Debe señalarse que lo anterior no siempre es posible dada la presencia en el cauce de barreras transversales que interrumpen el flujo continuo así como también barreras longitudinales que reducen el espacio fluvial y su capacidad de desbordamiento en los bordes y en las llanuras de inundación. Estas barreras deben ser analizadas en cuanto a su estado, funcionamiento y el impacto que genera en el ecosistema fluvial.

El objetivo de esta intervención es recuperar la continuidad del flujo y la conectividad de los hábitats, restableciendo la funcionalidad en el sistema fluvial.

*“Pocos proyectos de control de inundaciones son iniciados diseñando ya sea para proteger y restaurar las llanuras aluviales o para imitar sus características. Los ingenieros Hidráulicos se refieren a estos mejorando los controles de los canales de inundación y las secciones de las llanuras aluviales (o las formas) como dos escenarios o canales multiescenarios de control de inundaciones, Las formas del canal y las llanuras aluviales deben ser modeladas siguiendo las características de las orillas y la llanura aluvial como se encuentra en la naturaleza, en lugar de excavar como un canal rectangular o trapezoidal. La restauración de*

---

<sup>262</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 219.

*las características de las orillas y llanuras aluviales previamente canalizadas es ahora más allá que un escenario conceptual...". (Riley, 1998)<sup>263</sup>.*

La conectividad del flujo viene interrumpida por construcciones de estructuras transversales de ingeniería hidráulica como presas y azudes en grandes ríos y diques y traviesas en pequeños ríos y quebradas. La continuidad del cauce con sus riberas ha sido interrumpida por construcciones de estructuras longitudinales como motas o muros de defensa a las inundaciones.

Sin embargo, existen tendencias contrarias a estos planteamientos como lo refiere Ann L. Riley en su obra "Restoring Streams in Cities. 1998:

*"Un reciente estudio emitido por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército donde los proyectos de inundaciones y de control de la erosión que se inspeccionaron, informó que los misterios en el diseño apropiado de las estructuras de control de grado superan las explicaciones. Generalmente la mayoría de los problemas que se presentan en los canales fluviales con degradaciones altas y bajas es la estabilización con presas convencionales o diques o colocación de estructuras transversales dentro del arroyo. La creación de hábitats, estructuras dentro del cauce, presas de baja altura, y deflectores, pueden captar agregados, crear pozas, rápidos y meandros; y afectan valores. Estas estructuras pueden ayudar a crear un balance en el curso fluvial y por lo tanto restaurar hábitat para peces, si el curso fluvial, por ejemplo, es demasiado ancho o demasiado largo para estos agregados. Sin embargo, el uso de esas estructuras no transcribe un proyecto de restauración si no se adaptan correctamente con el medio ambiente donde actúan". (Riley, 1998)<sup>264</sup>.*

---

<sup>263</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 279.

<sup>264</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 340.

### **Remoción de los cauces de estructuras transversales.**

Estas estructuras fueron construidas para algún fin económico o social y su mantenimiento puede tener algún interés desde el punto de vista cultural o tecnológico. Sin embargo, algunas de estas estructuras se encuentran hoy en día inutilizadas o su aprovechamiento ha disminuido y su utilización ha creado una alteración en el funcionamiento ecológico del río el cual no está justificada para la actualidad, por lo cual será necesario evaluar su mantenimiento o la posibilidad de su remoción. Pero en otros casos, de haberse producido el abandono del uso inicial de la presa o el azud, proceder a la apertura o demolición puede ser más efectivo y conveniente, y así restablecer las condiciones primitivas del tramo del río.

Por ser una actividad bastante compleja el remover antiguas presas o azudes ubicados en el cauce de un río, requiere una serie de estudios multidisciplinarios para poder analizar los efectos que puedan generar de esta remoción, las medidas necesarias para mitigar el impacto producto de esta actividad, la evaluación de las características constructivas de la estructura y los trabajos necesarios para su remoción.

Estos trabajos de remoción deben estar respaldados por un proyecto donde se justifiquen las obras a realizar y se definan las diferentes actuaciones para recuperar la continuidad fluvial en el tramo intervenido, siendo obligatorio incluir un estudio de impacto ambiental.

Las técnicas de demolición de presas para lograr la continuidad fluvial pueden variar según las características de cada caso, habida cuenta que será necesario evaluar su tamaño, el tipo de estructura, su localización y los efectos aguas abajo. Igualmente las características de los ríos y su cuenca vertiente son variables. Otro punto a considerar es el objetivo de la demolición, es decir, si es por restaurar el río, la utilización de los bordes del río, el mantenimiento de las actividades recreativas u otros.

Dentro de este marco, González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007), en su obra *“Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos”*, describe tres alternativas de intervenciones:

1. Devolver al río su estado natural al demoler la totalidad de la estructura.
2. Permitir que el agua fluya a través de aberturas parciales de la presa evitando el almacenamiento del agua. Esta actuación puede formar parte de una acción a corto plazo y postergar su demolición total para otra oportunidad.
3. Permitir que el agua fluya abriendo las compuertas hasta vaciar el embalse, recuperando la continuidad fluvial sin tener que demoler la presa. Para ello es necesario que las compuertas estén a la misma altura del lecho del cauce y que las aberturas tengan suficiente ancho para permitir el paso del flujo de las aguas y sus sedimentos sin causar obstrucciones.

Se deben considerar algunos efectos asociados a estas intervenciones tales como, los beneficios ecológicos luego de la demolición de las presas y azudes son positivos a mediano y largo plazo, pero a corto plazo, pueden esperarse algunos efectos adversos asociados a los sedimentos almacenados en el embalse que serán acarreados y repartidos aguas abajo a través del cauce.

*“Aguas arriba de la presa, el vaciado del embalse genera un encajonamiento progresivo del nuevo canal fluvial en la potencia de sedimentos del embalse, según se inicia el transporte aguas abajo. Ello conlleva cambios en las condiciones hidráulicas, al pasar de un ecosistema de aguas lentas a otro de aguas corrientes, produciéndose un incremento de la pendiente longitudinal y de la energía hidráulica. Con la progresiva incisión de este canal fluvial en el volumen de sedimentos del embalse desciende la cota de la lámina de agua y su anchura, disminuyendo también el grado de humedad de los suelos que van quedando más alejados del mismo (González & García, 2007)<sup>265</sup>.*

Luego de la remoción de estas estructuras en el río se crean nuevas condiciones en el cauce y en los terrenos que se van desecando

---

<sup>265</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 224.

progresivamente, para la sustitución de los nuevos hábitats y sustituciones de comunidades biológicas.

*“Agua debajo de la presa los procesos geomorfológicos que aparecen están condicionados por la respuesta del río al suministro de sedimentos, que es variable en el tiempo según el régimen de caudales...”*. (González & García, 2007)<sup>266</sup>.

A corto y mediano plazo la redistribución de los sedimentos por todo el cauce aguas debajo de la presa, puede causar daños en los hábitats del lecho producto de las grandes cantidades de material fino que se trasladaran y pueden provocar el aterramiento de los micro hábitats y frezaderos.

Entre los sedimentos acumulados en el fondo del embalse existe la posibilidad de la existencia de algunas sustancias tóxicas o metales pesados que han estado inertes bajo las aguas pero pueden activarse con al contacto con el aire y adoptar formas químicas asimilables y tóxicas para los organismos del río. De allí pues, que es recomendable su extracción antes de la demolición de las estructuras y el vaciado del embalse.

Luego de la remoción de estas estructuras tenemos como efectos positivos la posibilidad de circulación de los organismos acuáticos por todo el corredor fluvial, desde los tramos bajos a los más altos o viceversa, estas especies existentes necesitan desplazarse para su reproducción y recuperación de las posibilidades de migración, además de la circulación de los sedimentos mejorando la estabilización geomorfológica aguas abajo.

*“La regeneración de la vegetación primitiva de la llanura de inundación en el tramo afectado por la presa puede tardar mucho más tiempo que la recuperación de las especies acuáticas migradoras del río, dependiendo en cada caso destiempo que tarden en recuperarse las condiciones geomorfológicas de las zonas riparias atendiendo al nuevo*

---

<sup>266</sup> González del Tánago, M. y. (2007). Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos... op. cit., p. 224.

*régimen de caudales e inundaciones*". [(Shafroth *et al.*, 2002 en (González & García, 2007)]<sup>267</sup>.

No obstante, otros autores como Charles Flink y Guido Schmidt se refieren a estas estructuras tales como los azudes y deflectores como una buena alternativa para controlar la degradación del lecho del río.

Cuando una quebrada es alterada, a menudo la velocidad aumenta y se convierte en mas erosiva. Esta causa, entre otras cosas, cortan o degradan el lecho de la quebrada. Una forma tradicional para abordar este problema es revestir el fondo de la quebrada con concreto. Para este problema existe una alternativa, mediante la construcción de pequeñas presas a través de la quebrada. *"Pueden ser de uno a cuatro pies de altura y podrían ser construidas en concreto, rocas o tablestacas de acero"*. Flink (1993).

*"Hay que tener en cuenta que en algunos casos al concreto se le pueden efectuar pequeñas aberturas, colocadas correctamente y cubierto con una capa de roca natural u otro material adecuado estéticamente. Estas estructuras de control en las quebradas con lento flujo de corriente causan sedimentos que pasan por encima de ellos, y se acumulan en el lecho de la quebrada. Diseñado correctamente, tales estructuras pueden parecerse a una pequeña cascada"*. (Flink, 1993)<sup>268</sup>.

Estas estructuras deben incluir varias secciones de baja altura en lugar de uno para permitir la migración de los peces. Utilizando una forma meandrizada o formas curvas en lugar de una línea recta a través del canal da una mejor apariencia y crea hábitats a lo largo de los bordes de las curvas de la estructura; utilizando grandes rocas y cantos rodados para formar la estructura en la parte visible de la estructura de control (azudes) y en las secciones de baja altura en las aberturas del concreto con pequeñas rocas.

*"...siempre que se respeten los principios hidráulicos, una escasa altura – sólo relevante durante el estiaje – y que no haya filtraciones o descalces de la estructura. Debido a su escasa altura y su irregularidad, no suelen causar*

---

<sup>267</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op.cit., p. 224-225.

<sup>268</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development.* . Washington DC. : Island Press.p.155.

*impactos sobre la migración de los peces y otras especies acuáticas*". (Schmidt G. , 2002)<sup>269</sup>.

### **Sustitución de diques o estructuras transversales por rampas.**

Es frecuente encontrar en algunos tramos canalizados o con mucha pendiente longitudinal algunas estructuras transversales que retienen sedimentos y estabilizan el lecho controlando su erosión. Estas estructuras rompen la continuidad fluvial perturbando las migraciones de las comunidades piscícolas e interrumpen la los flujos de sedimentos que fomentan la incisión y el encajamiento del cauce.

*"Con el fin de recuperar la continuidad fluvial y sin que disminuya su efecto de estabilización del lecho, en muchos casos estos diques o traviesas se pueden sustituir por rampas de piedras sueltas o fijadas con hormigón, que salvan el desnivel existente en el cauce pero no retienen agua ni sedimentos, dando al tramo un efecto más natural"*. (González & García, 2007)<sup>270</sup>.

El objetivo de esta intervención es recuperar la continuidad fluvial, sustituyendo las estructuras de concreto armado por piedras que permitan la continuidad de los flujos.

Como formas de actuación podemos señalar, su disposición en el lecho del río puede ser muy variable, pero desde el punto de vista ecológico es preferible que estén constituidas por un conjunto de piedras sueltas de diferentes tamaños, por que generan unas zonas de rápidos que fácilmente son remontables por los peces, y durante las avenidas las grandes piedras sirven de refugio a numerosos organismos del lecho.

*"...En diferentes ocasiones se ha comprobado que cuando estas piedras se distribuyen formando celdas que se reajustan y trabajan coordinadamente al paso de las avenidas, la rampa en su conjunto*

---

<sup>269</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

<sup>270</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 226.

*responde de manera muy estable a la fuerza de arrastre de los mayores caudales...". (González & García, 2007)<sup>271</sup>.*

### **Eliminación o desplazamiento de estructuras longitudinales.**

Algunos ríos presentan unas estructuras longitudinales tales como motas o diques que se construyeron para evitar su desbordamiento. Con el tiempo y luego de haber resistido a sucesivas avenidas, *"...se ha comprobado que estas motas y estructuras longitudinales han supuesto una defensa parcial frente a las inundaciones, puesto que mas tarde o más temprano se ha producido una avenida que las ha desbordado..."*. (González & García, 2007)<sup>272</sup>. De allí pues, que en muchas zonas puede ser conveniente proponer la eliminación o el desplazamiento de estas estructuras, con el fin de ampliar el espacio del río para almacenar el agua y disipar su energía, a fin de mejorar el funcionamiento hidrológico del río y disminuir el riesgo de inundaciones aguas abajo.

El objetivo de esta intervención es la eliminación o el desplazamiento de estructuras longitudinales que impiden desarrollar a cabalidad los procesos fluviales de un río y mejorar su funcionamiento hidrológico como prevención de inundaciones aguas abajo del tramo intervenido.

Previamente a la ejecución de esta intervención es necesario efectuar estudios en detalle sobre las consecuencias que puede tener esta actuación a lo largo de todo el río y en especial aguas abajo, y en caso de ser estructuras longitudinales, habrá que considerar un tramo de mayor longitud que el que corresponde a la estructura que se desea eliminar. Para ello deberá analizarse toda la documentación antigua disponible correspondiente a épocas anteriores a la construcción de la estructura, tales como fotografías aéreas o planos cartográficos antiguos, a fin de estudiar por donde se desbordaban originalmente las aguas.

Igualmente habrá que efectuar los correspondientes estudios de simulación hidráulica para comprobar el comportamiento del río al retirar las estructuras de su cauce, es decir, si va a recuperar su circulación original, o va

<sup>271</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op.cit., p. 226.

<sup>272</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos.* Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 226.

a elegir una diferente producto de las modificaciones del relieve y de las ocupaciones que se hayan producido posteriormente. Sin embargo, habrá que tomar en consideración que las inundaciones pueden originarse no por desbordamientos laterales del río en esas mismas zonas, sino por la entrada de agua del río por un tramo situado aguas arriba o aguas abajo.

Como alternativa a la eliminación de las motas es su desplazamiento a zonas más alejadas del cauce pero próxima al área ocupada que se quiere proteger. Con ello, se resguarda de la inundación a la zona intervenida y se amplía el espacio fluvial para que el río ejecute sus procesos. En ese espacio ganado para el río, progresivamente surgirá la vegetación riparia y los diferentes hábitats conectados con el cauce principal, mejorando considerablemente el funcionamiento ecológico del tramo fluvial.

El desplazamiento o el retiro de las estructuras longitudinales no debe producir algún efecto adverso al ecosistema fluvial, sin embargo la retirada de las estructuras transversales del cauce puede generar cambios asociados al transporte de sedimentos aguas abajo.

En las zonas ganadas al río al retirar o desplazar las estructuras longitudinales, es indudable que la frecuencia de las inundaciones aumentará y es de esperarse una recuperación de la vegetación dada el nivel de humedad y la frecuencia de inundación, igualmente la recuperación de los hábitats asociados.

*“...En los tramos con procesos de incisión en el cauce, la devolución de los materiales de la mota al lecho del río puede tener un efecto muy positivo de estabilización de dichos procesos, elevando la cota de la base del cauce y la cantidad de sedimentos que el río puede redistribuir disipando su energía...”.* (González & García, 2007)<sup>273</sup>.

### **Establecimiento de bandas protectoras del cauce (buffer-strips).**

Una manera para mejorar la calidad del agua de los ríos es evitar o controlar la contaminación de sus aguas, para ello nos podemos valer de la

---

<sup>273</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 232.

vegetación riparia creando franjas que bordeen el cauce, cuya estructura está diseñada para ejercer una función de filtro, evitando la llegada de contaminación difusa a las aguas del ríos. Estas franjas o bandas protectoras también se les conocen con el término en inglés *“buffer-strips”*.

Su utilización en zonas agrícolas y urbanas ha sido a lo largo de las vías de comunicación como medio muy eficaz para la retención de sedimentos y otros residuos sólidos que pueden llevar las escorrentías. *“Programas, Federales, estatales y municipales promueven la rehabilitación y la siembra con vegetación riparia por su capacidad de sostener el terreno del sitio y restaurar de forma optima la temperatura del agua y como un efectiva manera de controlarla contaminación”*. (Flink, 1993)<sup>274</sup>.

Las bandas protectoras o *“buffer-strips”* están compuestas por una serie de franjas de vegetación en forma paralela al cauce y cada una de ellas con diferentes estructura y funciones. *“El ancho de las franjas es el factor más importante que determina si la franja de vegetación a lo largo del cauce interceptará los sedimentos y nutrientes”*. (Flink, 1993)<sup>275</sup>.

*“Un experto, T.R. Scheuler, recomienda 100’ a 300’ como un ancho necesario para remover pequeñas partículas. Una banda de 600’ puede ser necesaria para soportar una gran diversidad de pájaros cantores. Otros dos expertos, Raymond Palfrey y Earl Bradley sugieren una banda de 150’ de 3% de pendiente necesarias para atrapar 90% de sedimentos en grama sembrada...”*. (Flink, 1993)<sup>276</sup>.

Este mismo autor refiere a los autores Palfrey y Bradley recomendando un ancho de banda mínimo de 100’ desde la línea del nivel más alto del agua. En terrenos con un alto porcentaje de carga de nutrientes, la banda protectora debe ser sobre los 300’ para proteger la calidad del agua.

En todo caso, la disposición de las diferentes bandas puede seguir estos criterios: hacia el foco de contaminación difusa se coloca una franja de vegetación herbácea densa, con la capacidad de filtrar las escorrentías

<sup>274</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p. 150

<sup>275</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Op.Cit. .p. 150..

<sup>276</sup> <sup>276</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p. 150

superficiales que puedan producirse y drenar hasta el cauce sin que se hayan infiltrado previamente. *“En esta franja de tapiz herbáceo debe lograrse de forma eficiente la retención de los sedimentos o sólidos en suspensión transportados por las escorrentías superficiales...”*. (González & García, 2007)<sup>277</sup>.

En la parte interna de la banda protectora se desarrolla una franja de vegetación arbórea cuyo sistema radicular debe ser profundo y ramificado, cuya función es la de utilizar las escorrentías superficiales procedentes de la franja herbácea, absorbiendo los nitratos solubles que contengan antes de que arriben al cauce. Y por último hacia el cauce del río, la banda protectora está constituida por una franja de vegetación riparia arbórea y arbustiva pero autóctonas para generar el hábitat de orilla apropiado, es decir, que genere sombra al interior del cauce para regular la enterada de luz y temperatura además de ofrecer cohesión y resistencia al paso de las avenidas.

Es muy variable el ancho óptimo que deben tener las franjas de la banda protectora para lograr su máxima efectividad, depende de su locación y funcionalidad. El ancho de la franja de vegetación herbácea que retendrá los sedimentos y las partículas sólidas en suspensión de las escorrentías superficiales, se calculará en función de las variables que determina la velocidad de dichas escorrentías. En las zonas donde se prevea una escorrentía mayor como las áreas de mayor pendiente, la franja deberá ser más ancha que en las zonas de llanuras o donde los suelos presenten mejores condiciones para el drenaje, se debe tener en cuenta que a mayor densidad de la capa de vegetación herbácea mayor será su rugosidad y su capacidad de retención de sedimentos y por lo tanto menor será la velocidad de agua que circule por ella. *“...Se recomienda que esta franja esté siempre situada en zonas con una pendiente inferior al 15%...”*. (González & García, 2007)<sup>278</sup>.

En la franja central con vegetación arbórea con un sistema radicular más profundo para la absorción de los nitratos de la tierra, su ancho dependerá de las características de los suelos riparios asociados al nivel de drenaje, es decir,

---

<sup>277</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 232.

<sup>278</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 234.

en los suelos húmedos, permeables y de granulometría gruesa, el tiempo de permanencia del agua de las escorrentías superficiales será menor, por lo tanto el ancho de esta franja debe ser mayor para dar oportunidad de que sea absorbida por la vegetación. En los suelos de composición arcillosa, seca y de granulometría fina el ancho de la franja será menor porque las escorrentías superficiales podrán permanecer más tiempo en el suelo para ser aprovechadas por la vegetación.

La última franja de esta banda protectora es la ubicada en la orilla del cauce con vegetación riparia arbórea y arbustiva “...debe ser la que corresponda a la morfología del cauce en cada tramo, pudiendo tener una o varias hileras de vegetación leñosa, y una o varias orlas de macrófitos<sup>279</sup> y herbáceas de orilla...”. (González & García, 2007)<sup>280</sup>. Estos mismos autores refieren que diversos trabajos relacionados con las bandas protectoras recomiendan un ancho mínimo total de 30 m, señalando que la franja de gramíneas o vegetación herbácea en contacto con los generadores de la contaminación difusa o los cultivos su ancho no debe ser inferior a 8 o 10 m y la franja con vegetación leñosa permanente compuesta por cuatro o cinco hileras de árboles y arbustos con un ancho siempre superior a 25 m.

Cuando se pretenda crear un corredor para la fauna silvestre en la banda protectora del cauce, además de sus funciones de filtro, su ancho debe ampliarse de 30 m a 90 o 100 m, de manera de constituir una zona de ecotono<sup>281</sup> que contenga una zona de margen y una zona interior necesaria para preservar su integridad ecológica.

Para asegurar la efectividad del diseño y funcionamiento de estas bandas protectoras a todo lo largo de los cauces fluviales, es necesario efectuar una serie de trabajos y cuidados periódicos los cuales describiremos por franja:

---

<sup>279</sup> Macrófitos. Plantas acuáticas macroscópicas (que pueden verse a simple vista) y pueden ser emergentes, flotantes o sumergidas. Fuente: [http://agclass.nal.usda.gov/agt\\_es.shtml](http://agclass.nal.usda.gov/agt_es.shtml)

<sup>280</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 234.

<sup>281</sup> Ecotono. *Ecotone*. Una zona de transición entre sistemas ecológicos adyacentes, que tienen un conjunto de características únicas, definidas por escalas de tiempo y espacio y por la fuerza de la interacción (sensu Holland). Sarmiento F. (2000).

- **Franja de vegetación herbácea.**

Una vez eliminada la vegetación leñosa existente la franja de vegetación herbácea se puede implantar partiendo de las plantas existentes, la siembra de especies autóctonas del sitio o la combinación de ambas. Su mantenimiento consiste en podas periódicas, para fomentar el desarrollo de una cubierta densa y evitar el desarrollo de malas hierbas. *“Cuando se plantan especies de vegetación autóctona a veces devuelven la naturalidad más rápidamente y con fuerza”.* (Riley, 1998)<sup>282</sup>.

- **Franja central con vegetación arbórea y arbustiva.**

Esta franja debe presentar una vegetación leñosa permanente con un sistema radicular muy denso y ramificado. Para su creación se deben efectuar plantaciones de árboles y arbustos autóctonos preferiblemente o algunas especies de riberas equivalentes a las nativas que toleren la proximidad a los cauces. La densidad recomendada para estas plantaciones es

*“... un espaciamiento medio entre pies de 4-5 m; para su mejor integración en el paisaje deben organizarse en bosquetes o agrupaciones irregulares de 10-12 pies, donde se entremezclan las especies arbóreas y arbustivas, con una separación de 15-20 m, evitando en lo posible las alineaciones...”.* (González & García, 2007)<sup>283</sup>.

El mantenimiento consiste en una poda periódica para favorecer su renovación y a su vez la retirada de contaminantes que las plantas hayan podido absorber y acumular en su biomasa.

- **Franja de vegetación de orilla.**

Esta franja de vegetación se refiere a la vegetación riparia autóctona ubicada en las orillas de los cauces, y en algunos casos se podrá diferenciar la presencia de una flora de orilla propiamente dicha y una vegetación tras la orilla.

---

<sup>282</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Washington D.C.: Island Press.p 31.

<sup>283</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos.* Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 236.

Para su creación es necesario sembrar plantaciones de ribera de esa zona o próximas a esta, aunque es recomendable dejar que ella crezca espontáneamente. Para su mantenimiento no son necesarias las podas periódicas, debe ser conservada en forma natural.

*“Especies acuáticas autóctonas del área y compatibles con las condiciones de inundación y humedad del sitio deben ser plantadas. La siembra de zonas de amortiguamiento con vegetación riparia a lo largo del curso de agua puede ofrecer beneficios similares a la calidad del agua”.* (Riley, 1998)<sup>284</sup>.

*“La funcionalidad de esta franja se refiere al mantenimiento de los hábitats de orilla y refugios para los peces, y a la protección del cauce contribuyendo a la regulación de la luz y temperatura de las aguas y a la estabilidad del cauce, quedando supeditada a los procesos fluviales de erosión y sedimentación de las crecidas y a la disipación de su energía produciendo su rejuvenecimiento y regeneración natural”.* (González & García, 2007)<sup>285</sup>.

La funcionalidad de estas bandas protectoras es su actuación como elemento filtrante de las escorrentías que drenan en sentido perpendicular al cauce, es por ello que se le da tanta importancia al ancho de cada franja de vegetación. En cuanto a su longitud, se debe considerar como mínimo todo el perímetro del área donde se genera la contaminación difusa para conseguir una protección eficaz. Sin embargo, para el buen funcionamiento del corredor fluvial, su integración al paisaje y el funcionamiento de todos los hábitats que en él funcionan, dichas bandas riparias deberían extenderse a todo lo largo de la red fluvial de los tramos medios y bajos por ser los más propensos al desarrollo de actividades antrópicas generadoras de la contaminación del suelo.

Estas bandas de vegetación protectora presentan algunas ventajas con respecto a su bajo precio y poco mantenimiento diferenciándose de otros

---

<sup>284</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 340.

<sup>285</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 236.

sistemas convencionales de depuración de aguas, además posee un elevado potencial de integración en el paisaje y en el funcionamiento ecológico del propio río intervenido, aparte de formar parte la estructura riparia del sistema fluvial.

### **Plantaciones de ribera.**

El consentir la espontaneidad en el desarrollo de las especies vegetales de ribera y de la fauna acuática, como consecuencia de la dinámica fluvial, respecto a la implantación de otras especies, es la más efectiva a mediano y largo plazo, esto da como resultado la formación de comunidades vegetales distribuidas con una gran naturalidad y variabilidad y al menor costo, llevadas a cabo por el propio río con sus procesos fluviales.

Para facilitar este proceso natural a corto plazo, es necesario asegurar la conectividad del río con sus riberas, disponer de suelos con buenas condiciones de aireación y humedad, así como también la llegada de las semillas a dichos suelos por medio de las crecidas. Para ello, en ocasiones será necesario efectuar algunos trabajos tales como la descompactación de los suelos para mejorar la infiltración y la rugosidad superficial de los suelos; o el desmalezamiento y las podas selectivas de la vegetación invasora que sea necesario erradicar con el fin de facilitar la llegada de las semillas y su retención y germinación en los suelos riparios. Una vez desarrolladas estas especies riparias serán ellas las que limiten el crecimiento de la vegetación invasora, siempre que el régimen de caudales sea el apropiado para ello.

En ocasiones es necesario acelerar el proceso de desarrollo de la vegetación de ribera, y efectuar plantaciones de árboles y arbustos puede ser conveniente para que ocupen el espacio ripario y eviten la proliferación de otro tipo de flora. También se puede dar el caso de sembrar determinadas plantas con el objetivo de recuperar ciertas especies y formaciones vegetales autóctonas que no existan en las proximidades desde donde no puedan generarse las correspondientes semillas para su regeneración natural. Igualmente se pueden efectuar plantaciones cuando se quiera adecuar parte de los espacios fluviales para actividades recreativas y el paisajista requiera alguna determinada composición y distribución de especies con la posibilidad

de contar con un mantenimiento periódico; o en áreas de riberas muy modificados donde las mejoras paisajísticas sea posible solo con plantaciones de diferentes especies que se desarrollen a corto plazo con el fin de que mejoren las condiciones de las aguas o la morfología del cauce.

Para proceder a la plantación de comunidades vegetales en los bordes de los ríos es necesario plantearse los objetivos que se pretenden alcanzar con dichas siembras así como también su posterior utilización, porque el diseño y las técnicas a utilizar pueden variar para su implementación.

En los bordes de ríos en tramos urbanos y periurbanos o en zonas cercanas a instalaciones o infraestructuras según González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007), las plantaciones de ribera pueden cumplir los objetivos siguientes:

- *Ocupar de inmediato el espacio fluvial para evitar que se produzcan otros usos no deseados (ej. vertidos de escombros, paso de vehículos, etc.), mediante la instalación rápida de estructura vegetal que gradualmente va a ser sustituida por otra más natural creada por el propio río.*
- Crear alineaciones que remarquen físicamente los límites externos del espacio fluvial para prevenir su ocupación por usos privados o ajenos al río.
- Adecuar el espacio ripario para uso recreativo, dotándole de una estructura vegetal que ofrezca sombra a la zona de estancia y visibilidad y accesibilidad al cauce.
- Dar cohesión a ciertos tramos de orilla que sea necesario estabilizar para proteger determinadas infraestructuras como caminos, construcciones, etc.
- Mejorar la calidad estética de los espacios riparios en zonas urbanas, reforzando la estructura de la vegetación existente.

Estas plantaciones no son necesarias en los tramos rurales, sin embargo los mismos autores señalan que en determinados casos se deben efectuar estas plantaciones con los siguientes objetivos específicos:

- *Fomentar el desarrollo de especies nativas cuya regeneración natural se considere difícil de alcanzar: debido al efecto acumulativo en el tiempo y en el espacio de los impactos en el río.*
- *Controlar la invasión de especies pioneras de elevado potencial de regeneración, ocupando de inmediato el espacio y aportando sombra sobre el mismo para evitar la proliferación de dichas especies.*
- *Crear bandas protectoras del cauce (buffer-strips).*

En todos los casos anteriores antes de proceder a diseñar las plantaciones será necesario proceder a efectuar una serie de estudios previos que incluyan los siguientes aspectos:

- **Composición y estructura de la vegetación de ribera primitiva.**

Para iniciar el proceso de diseño de las plantaciones es necesario tomar en consideración las formaciones vegetales que existían con anterioridad o cuales plantaciones corresponderían a las condiciones próximas a las naturales, siempre diferenciando las distintas comunidades vegetales en relación a su proximidad al eje del cauce o la tolerancia de las frecuentes inundaciones.

Para ello será necesario reconocer la vegetación existente en los tramos del río próximos al proyecto o a ríos equivalentes, que se encuentren en buen estado ecológico; también se puede recurrir

*“...a estudios y trabajos donde se detallen las formaciones vegetales riparias que corresponden a ríos de la misma tipología, en cuanto a región biogeográfica, tamaño y naturaleza geológica de la cuenca vertiente, tipo*

de régimen de caudales y morfología fluvial...”. (González & García, 2007)<sup>286</sup>.

- **Porque no existe la vegetación riparia que se quiere introducir y sus limitantes para su desarrollo.**

Previo al proceso de diseño de las plantaciones es necesario conocer las causas por las cuales no existe una vegetación riparia adecuada en el tramo de proyecto o cual ha sido la causa de su proceso de degradación, de manera de controlar o eliminar dichas causas o los factores que limitan el desarrollo de la vegetación de ribera, para evitar que continúe una evolución similar a la de la vegetación primitiva que ya no existe.

Estas causas pueden ser algunas actividades agropecuarias, o la degradación de los suelos por aportes de materiales inertes y de desecho o por la falta de humedad producto de la regulación de caudales aguas arriba, descenso del nivel freático, o por la presencia de material arcillosos con una elevada retención de agua.

Igualmente, los procesos de incisión del cauce y la alteración de su morfología por obras fluviales como dragados y canalizaciones pueden haber causado la pérdida de la vegetación riparia primitiva, lo cual originaron la pérdida de la conectividad lateral del cauce con sus riberas y sus mecanismos de regeneración naturales. Así mismo, la regulación de caudales al controlar las avenidas frecuentes puede causar también la pérdida progresiva de ciertas especies riparias y auspicia la proliferación de especies invasoras no deseadas.

Como formas de actuación, en la mayoría de los casos de plantaciones de ribera va requerir de la adecuación del terreno y garantizar su conectividad con el cauce además del diseño de las plantaciones, pasando por la composición de las especies, su distribución y la forma de plantación.

*“Algunas remociones de desechos y vegetación puede reducir la rugosidad de las orillas o la resistencia al flujo de inundaciones*

---

<sup>286</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 239.

*significativamente, pero esa condición debe ser mantenida consistentemente en el tiempo para lograr un beneficio. Los impactos típicos de una liberación y limpieza convencional pueden estar incrementando y ampliando la erosión del canal; la eliminación de la sombra del canal incrementa la temperatura del agua; la pérdida de la banda riparia deshace los nutrientes y los sedimentos y reduce los recursos alimenticios y hábitats para los peces". (Riley, 1998)<sup>287</sup>.*

En los tramos de riberas donde ha habido extracciones de material fértil o relleno de escombros y materiales de desecho, será necesario regenerar esos suelos eliminando o reduciendo la cantidad de materiales que se consideren perjudiciales para el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales.

Estos suelos deben ser complementados con una redistribución o nivelación de los materiales existentes, inclusive una modificación de la topografía actual rebajando la altura de las orillas con el fin de permitir la inundación periódica, de manera de que no existan restricciones a la llegada de humedad del cauce a los espacios fluviales donde se plantará la vegetación de ribera.

En el Diseño de las plantaciones se deben tomar en consideración los siguientes aspectos: composición de especies, distribución de las plantaciones y su forma de plantación.

- **Composición de especies.**

En estos proyectos de restauración o rehabilitación de ríos y sus riberas, las especies que deben sembrarse en los espacios fluviales deben ser autóctonas, es decir, deben ser propias del sitio a intervenir, evitando la introducción de especies exóticas o variedades híbridas que introduzcan una contaminación genética, o especies que sean invasivas que terminen por desplazar a las especies nativas.

---

<sup>287</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p . 274

- **Distribución de plantaciones.**

El diseño de la disposición de las especies seleccionadas para la plantación en cada franja debe ser variable según los objetivos planteados para cada proyecto, sin embargo, siempre debe respetarse en la ubicación la cercanía con el eje del cauce y la frecuencia de inundación de cada hilera de vegetación y con un criterio de mostrar irregularidad y naturalidad en su disposición.

La distribución de la vegetación riparia dependerá de los gradientes de humedad del suelo asociados con la topografía del cauce, y en función del tipo de suelos y régimen de humedad pueden existir variaciones a la composición de cada banda.

En las áreas adyacentes al río, es decir de “orillas” deben ubicarse las especies arbustivas y arbóreas que requieran mayor humedad en el suelo, quedando las especies arbóreas en los sectores menos expuestos a las corrientes y su acción erosiva. Las plantas a ubicar en las zonas “tras la orilla” serán las especies arbóreas restantes, diferenciando las especies que necesitan mayor humedad ubicadas más próximas al cauce y las que necesitan menos ubicadas más alejadas del cauce. En cuanto al espaciamiento entre las plantas, existe *“...como regla general se considera conveniente un espaciamiento entre pies de 4 ó 5 m, que deje espacio a que cada individuo desarrolle ampliamente su copa y porte natural...”*. (González & García, 2007)<sup>288</sup>.

Es recomendable que las plantaciones no se efectúen con un espaciamiento regular, ni en módulos ni cuadrículas para darle mayor naturalidad a la plantación. Es por ello que deben diseñarse

*“...agrupaciones de pies (3 ó 5) o por pequeños bosquetes (agrupaciones de pies con un espaciamiento entre ellos que puede oscilar entre 3 y 5 m, significativamente menor que el espaciamiento entre bosquetes, que puede ser entre 25 y 50 m o mayor), siguiendo las pautas*

---

<sup>288</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 243.

*generales de un diseño paisajístico que trata de imitar el modelo de lo <natural>...". (González & García, 2007)<sup>289</sup>.*

En cuanto a la densidad de la vegetación es recomendable sea mayor en las plantaciones cercanas a las orillas del río, y en los otros espacios riparios bajar la densidad. Sin embargo, las densidades pueden variar por el tipo de proyecto y los objetivos trazados en cada tramo como por ejemplo, estabilización del cauce, pantalla visual, adecuación recreativa, etc.

En un diseño aleatorio para facilitar las plantaciones en la distribución de las plantas según González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007) puede sistematizarse siguiendo las siguientes características:

- *Especies que deben situarse más cerca de la orilla del cauce, indicando el espaciamiento entre pies y el tipo de agrupación entre ellos, con individuos aislados, agrupaciones de 3 ó 5 individuos o bosquetes (>5 individuos), indicando el espaciamiento entre estas agrupaciones, que debe ser distinto a lo largo del cauce.*
- *Especies que deben situarse por detrás de la vegetación de orilla, indicando las mismas características de espaciamiento entre pies, y el tipo de agrupación y espaciamiento entre ellas.*

Con esta sistematización, los autores señalan que puede referirse a la unidad de longitud del cauce (ej. 50-100 m), se facilita la medición del número individuos por especie, su distribución y posterior plantación, así como también la elaboración del presupuesto de la ejecución y el control de los trabajos realizados.

- **Formas de plantación.**

De acuerdo a los objetivos de la plantación y de las condiciones de los suelos donde se van a sembrar variarán las técnicas de la plantación de especies.

---

<sup>289</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..op. cit., p. 243.*

Los mismos autores recomiendan utilizar plantas de pequeño tamaño porque mejor será su arraigo y posterior crecimiento, aunque en algunos casos será necesario sembrar plantas de mayor tamaño desde los inicios de la plantación.

Al sembrar especies autóctonas de ribera en general poseen gran capacidad de arraigo, se pueden utilizar plantaciones a raíz desnuda o con cepellones pequeños. Los hoyos para la siembra dependerán del tamaño de la planta, no obstante, un tamaño de 50 x 50 x 50 m puede ser suficiente para la mayoría de los casos, y en general no es necesario aplicar ningún tipo de fertilizante al momento de la plantación.

Luego de la siembra es necesario compactar bien alrededor de la planta y fundamental su primer riego para asegurar el contacto del suelo con la raíz y evitar huecos de aire que pudiesen provocar su desecación.

Otro tipo de plantación utilizado en la riberas y también muy utilizados como técnica en la Bioingeniería o Ingeniería del Paisaje es la plantación por estacas o estaquillas, las cuales son fragmentos de ramas, a partir de las cuales se puede reproducir una nueva planta (reproducción vegetativa). Utilizándose principalmente las especies que tienen gran facilidad para emitir raíces u hojas, según la ubicación de las yemas, enterradas o al aire.

*“En las plantaciones de las orillas de los ríos se recomienda utilizar estaquillas con una longitud entre 50 y 60 centímetros y un diámetro superior a 1.5 centímetros...”*. (González & García, 2007)<sup>290</sup>. Las estacas deben ser plantadas quedando enterradas más de dos tercios de su longitud, luego rellenar el hueco con arena, compactar el suelo a su alrededor y de inmediato proceder a su riego, para asegurar el contacto total de la estaca con el sustrato.

### **La Bioingeniería o la Ingeniería del Paisaje en los proyectos de restauración ecológica.**

Hoy en día la Bioingeniería o la Ingeniería del Paisaje es una alternativa a la Ingeniería Civil tradicional en los trabajos de estabilización de taludes por

---

<sup>290</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 244.

su capacidad integradora al paisaje y formar parte de los ecosistemas en que son aplicadas, lo cual supone una gran ventaja en los proyectos de restauración ecológica.

*“El resultado de las obras de bioingeniería son sistemas vivos, basados en la sucesión natural, es decir, que permanecen en equilibrio mediante una autoregulación dinámica sin necesidad de aporte de energía artificial”.* (Sangali & Valenzuela, Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica., 2008)<sup>291</sup>

El objetivo de estas técnicas en la mayoría de los casos ha estado asociado a la estabilización y sujeción de taludes de terrenos en pendiente, taludes de diferentes alturas y condiciones, donde la vegetación es utilizada para aprovechar su sistema radicular dándole cohesión al terreno.

En el caso de los ríos, esta técnica puede ser de gran interés en algunos tramos urbanos, *“...donde no sea posible dar entrada a los mecanismos naturales de regeneración de la vegetación, y la falta de espacio obligue a mantener taludes de elevada pendiente; o en ciertos sectores donde se pretende abordar la estabilización de taludes y la mejora del hábitat piscícola...”.* (González & García, 2007)<sup>292</sup>.

No siempre estas técnicas son necesarias para conseguir la recolonización natural de la vegetación, hay casos que con tareas más sencillas se puede lograr ese objetivo, como por ejemplo, *“...rebajar la altura de las orillas para facilitar su conexión con el cauce y aumentar la humedad freática, disminuir la pendiente de los taludes del cauce, o retirar los posibles materiales no aluviales que hayan sido inadecuadamente aportados a los suelos riparios...”.* (González & García, 2007)<sup>293</sup>.

La utilización de diferentes técnicas para la revegetación y estabilización de orillas en tramos con una importante erosión, destaca entre otros la empalizada, *“...siendo sus resultados muy positivos cuando se utiliza material*

<sup>291</sup> Sangali, P., & Valenzuela, M. (2008). *Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de

<http://www.caminospaisvasco.com/Actividades/bioingenieria/introduccionbioingenieria>

<sup>292</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 245.

<sup>293</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..* op. cit., p. 245.

vivo para la estructura. Reforzada con unas grandes piedras, puede sustituir a muchas escolleras”. (Schmidt G. , 2002)<sup>294</sup>. Igualmente se han efectuado revegetación en las escolleras y su “...resultado ha sido generalmente muy positivo, y depende de forma casi exclusiva de la profundidad que tiene el estaquillado, con el objetivo de alcanzar el nivel freático”. (Schmidt G. , 2002)<sup>295</sup>.

Las estructuras de materiales inertes en la estabilización de taludes presentan una función determinante en el desarrollo inicial de la vegetación en pendientes empinadas o en áreas sujetas a una erosión severa. “Las estructuras estabilizan las pendientes durante el período crítico de germinación, rebrote y crecimiento de las raíces...”. (Sangali & Valenzuela, Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica., 2008)<sup>296</sup>.

Actualmente se han incorporado otras modalidades mucho más sofisticadas y con materiales inertes, como las mallas de plásticos o alquitrán como los biorrollos y enkamat®<sup>297</sup>, los cuales son prefabricados y su instalación incluyen semillas muy diferentes a las especies nativas de la zona a intervenir. En muchos casos la introducción de estas modalidades “...puede suponer en muchos casos un factor de degradación ambiental, y prácticamente en la mayoría de los casos no es necesaria...”. (González & García, 2007)<sup>298</sup>. Con mucha frecuencia relatan los mismos autores, dichas técnicas “...tienden a crear orillas rígidas y taludes del cauce que restringen o impiden la movilidad fluvial, produciendo resultados equivalentes a lo que se denomina <canalización en verde>...” (González & García, 2007)<sup>299</sup>. Por otro lado, ya

<sup>294</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

<sup>295</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Op. Cit.

<sup>296</sup> Sangali, P., & Valenzuela, M. (2008). *Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. Recuperado el 5 de Abril de 2011, de <http://www.caminoispaisvasco.com/Actividades/bioingenieria/introduccionbioingenieria>

<sup>297</sup> Enkamat. Producto para la construcción marca Colbond, basado en una esterilla de multiuso tridimensional, a base de filamentos continuos de nylon fundidos en sus intersecciones. Es utilizada para el reforzamiento de raíces y estabilización de plantas en jardineras de techo con conciones de pendientes y fuertes brisas. Fuente: Colbond. Enkamat 7010. Documento en línea disponible en: <http://www.colbond-usa.com/Docs/BuildingProducts/DataSheet/SpanishVersions/Enkamat7010GrnRoofSpanish.pdf>

<sup>298</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 245.

<sup>299</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..* op. cit., p. 245 .

habíamos comentado que a menudo estos mecanismos vienen asociados con la introducción de semillas ajenas al medio natural donde se efectúa la intervención, dando como resultado final le dan al río un aspecto bastante artificial, generando una cubierta herbácea diferente a la original. Además con el paso frecuente de las avenidas *“...quedan a la vista los materiales metálicos, de plástico o de alquitrán que conforman dichas estructuras, que posteriormente habrá que retirar para mejorar la estética del lugar...”*. (González & García, 2007)<sup>300</sup>.

Creo que es evidente, tener en cuenta los costos y la necesidad de mantenimiento que en ocasiones generan estas técnicas, siendo por ello conveniente, analizar y valorar las posibilidades de llegar a los mismos resultados por otros medios acordes con la regeneración natural de la vegetación.

#### **Rehabilitación de tramos urbanos. Porque actuar en los tramos urbanos.**

Son muchos los motivos para actuar en el mejoramiento ambiental en los tramos urbanos, entre ellos debemos señalar el deterioro de los ríos a su paso por los pueblos y ciudades caracterizado principalmente por problemas ambientales, morfológicos, ecológicos, hidrológicos y paisajísticos. En lo ambiental podemos enumerar la calidad del agua, los problemas asociados a los malos olores, y la insalubridad; en lo morfológico, las modificaciones en el cauce; en lo ecológico, la pérdida de biodiversidad; en lo hidrológico, el riesgo de las inundaciones por las avenidas y en lo paisajístico, el empobrecimiento del paisaje urbano.

*“En las áreas urbanas el concepto de cuenca vertiente se convierte en algo muy complejo porque la topografía natural ha sido modificada; el agua puede ser drenada a través de sus desagües y en algunos casos puede estar siendo vertida sobre desagües en otras cuencas”*. (Riley, 1998)<sup>301</sup>.

<sup>300</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..* op. cit., p. 245 .

<sup>301</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Washington D.C.: Island Press.p . 129

Por otro lado debemos considerar el gran número de personas que se encuentran afectadas por la convivencia con un sistema fluvial degradado, quienes no han podido experimentar el contacto con un río en buen estado ecológico que le permitan beneficiarse de los espacios fluviales para el uso lúdico, educativo, ambiental, cultural, etc.

Finalmente, el hecho de ser tramos urbanos donde en sus adyacencias habitan una gran concentración de personas, justifica que se puedan invertir grandes recursos en su mejoramiento ambiental que permita lograr que las poblaciones disfruten de un paisaje fluvial integrado al paisaje urbano con una mayor valoración ecológica y estética que mejora su sensibilidad y su educación ambiental.

El poco espacio disponible para recuperar la naturalidad de los espacios fluviales es uno de los problemas que presentan la mayoría de los tramos urbanos. Asimismo, en algunas ciudades europeas y norteamericanas la prevención daños por inundaciones generó la regulación o modificación de los caudales circulantes por los canales fluviales, siendo frecuente la existencia de canales by-pass o tanque de tormenta y las lagunas de almacenamiento de los niveles de avenidas, a fin de disminuir o laminar las avenidas a su paso por las ciudades. Caracas no es la excepción, ya habíamos comentado anteriormente los problemas en los cauces y bordes fluviales de nuestras quebradas, donde la invasión a estos territorios y las soluciones de obras fluviales han hecho desaparecer prácticamente a los cursos de agua, situación que en ocasiones ha provocado tragedias en viviendas de personas de bajos recursos y pérdidas en bienes materiales de la población.

Es por ello, que en la mayoría de los trabajos propuestos en los tramos urbanos se refieren a proyectos de rehabilitación o renaturalización de los cauces, no siendo posible en muchos casos efectuar proyectos de restauración ecológica propiamente dicha; tarea que debe posponerse para una segunda etapa en el proceso de recuperación del sistema fluvial, a la espera de un

---

nuevo contexto socioeconómico y de sensibilidad ambiental más favorable para ello.

En estos casos los objetivos deben centrarse en la recuperación de una parte de los procesos naturales de los ríos, buscando lograr un funcionamiento y una estructura más natural del cauce y sus bordes aceptando la permanencia de ciertas obras fluviales lo cual denominaríamos como rehabilitación; o en otros casos se mejoraría la estética del espacio que ocupa en ese momento el río, ofreciéndole una estructura más cercana a sus condiciones naturales, no obstante sin mejorar significativamente su funcionamiento, asumiendo un mantenimiento periódico y continuo de dicha estructura, lo cual lo denominaríamos renaturalización.

*“La peor modificación física de cuencas hidrográficas urbanas es el descenso de las quebradas y su afluentes en alcantarillas subterráneas. Las zonas riparias son eliminadas o separadas de las quebradas. La remoción de la vegetación de orilla resulta una pérdida de nutrientes de los organismos acuáticos, pérdida de sombra, incremento de la erosión de orillas, movimiento lateral de la quebrada, incremento de la sedimentación y disminución de pozos profundos. Llanuras aluviales se han separan de las quebradas porque los lechos presentan un proceso de incisión o profundizado, o las prácticas de uso de tierra anteriores agregaron grandes capas de relleno a las planicies, o ambas cosas han sucedido”. (Riley, 1998)<sup>302</sup>.*

Para ejecutar intervenciones en los tramos fluviales urbanos es sumamente importante conocer en detalle el comportamiento de los procesos de avenidas a su paso por la ciudad. Es por ello necesario obtener información y estudios previos de los organismos competentes

*“...relativos a los niveles de inundabilidad previstos con las avenidas de diferentes períodos de retorno ante diferentes hipótesis de estado del cauce, contemplando un amplio rango de posibilidades de mejora del canal fluvial con cambios en su forma actual, disminución o*

---

<sup>302</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p . 129.

*eliminación de los revestimientos y obras de defensa, etc...". (González & García, 2007)<sup>303</sup>.*

Igualmente es necesario conocer cuáles eran las dimensiones del río antes de las ocupación por la ciudad y que tipo de vegetación existía en sus riberas, así como también, si es viable conocer el sustrato original, las condiciones hidráulicas que imperaban en el tramo, e inclusive el tipo de fauna, todo esto con el fin de proponer actuaciones que se acerquen en lo posible a la condición original del río. También es importante conocer los problemas que presentaba el río antes de su intervención que motivaron en ese momento el embaulamiento, la canalización, el revestimiento de sus riberas, o el tipo de intervención a fin de no reintroducir dichos problemas o empeorar la situación.

Finalmente es necesario conocer con detalle las líneas de infraestructura que cruzan o van alineados al curso de agua en el tramo urbano, tales como tuberías de agua, gas, electricidad, telecomunicaciones, etc. Así como también la red de aguas servidas que puedan ser afectados por los trabajos de las actuaciones propuestas.

Para mejorar las condiciones ambientales de un tramo urbano, existen muchas posibilidades de actuaciones. A continuación nos referiremos a varias actuaciones frecuentes en un caso hipotético sobre un tramo fluvial urbano con las siguientes características, el trazado del río es más o menos rectificado con un cauce de forma trapezoidal homogénea en todo su recorrido y con ciertos tramos de sus márgenes revestidas con escolleras o enrocados y muros de concreto armado o mampostería, igualmente su vegetación de orilla y de ribera está constituida por especies invasoras o especies de jardinería, o en algunos casos no existe.

---

<sup>303</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 250.

### **Algunas intervenciones utilizadas para mejorar las condiciones ambientales de un tramo urbano.**

Entre las intervenciones que se pueden ejecutar para mejorar las condiciones ambientales del sistema fluvial en general y en el tramo urbano de un curso de agua en particular, podemos describir algunas de ellas:

- **Control de los vertidos y mejora de la calidad y cantidad de las aguas.**

En los tiempos de estiaje o sequía la cantidad de aguas servidas de las ciudades constituye un caudal importante ante la poca agua proveniente de las escorrentías provenientes de las lluvias, en los tramos fluviales urbanos, agudizándose los problemas de calidad de las aguas, haciéndose más evidente su eutroficación<sup>304</sup> y contaminación, lo cual trae como consecuencia otros efectos en ella como los malos olores y el cambio de color del agua, de claro a turbio; además de un excesivo desarrollo de la vegetación de macrófitas y otras especies nitrófilas<sup>305</sup> que al crecer en el cauce puede representar un obstáculo para el desagüe de las primeras avenidas o crecidas. Crecimiento que es favorecido cuando el cauce es de sección transversal, en ocasiones ensanchado, sin sección de aguas bajas y sin especies arbóreas que le generen sombra al canal fluvial.

En este sentido se comprende que como una de las primeras medidas que se deben tomar en la rehabilitación de los tramos urbanos para mejorar la calidad de las aguas es el control de vertidos y filtraciones de aguas residuales hacia el río, así como también el apropiado dimensionamiento del sistema de drenaje de las aguas servidas, a fin de evitar el rebose y de esa manera aliviar el cauce durante las tormentas.

*“En desarrollos urbanos muy densos con poca o ninguna tierra disponible para la restauración de la llanura aluvial y los humedales, un curso de agua urbano puede estar a salvo de los impactos de la erosión y*

<sup>304</sup> Eutroficación. *Eutrophication*. Enriquecimiento de los nutrientes de un cuerpo de agua que resulta en un incremento excesivo de organismos y la consecuente reducción de oxígeno del agua. Fuente: (Sarmiento, F. 2000).

<sup>305</sup> Planta que apetece los suelos muy ricos en nitrógeno, tales como alrededores de establos, caminos transitados por el ganado y el hombre, etc. Fuente: <http://www.infojardin.net/glosario/nicotina/nitrofila-nitrofilo.htm>

*de las inundaciones debido a que la mayor escorrentía, el exceso es desviado y desemboca en una alcantarilla...” (Riley, 1998)<sup>306</sup>.*

Otro problema que presentan algunos tramos urbanos es la cantidad de agua circulante debido a la existencia en algunas ciudades de sistemas de regulación de o de by-pass de las avenidas, o tanques de tormentas y una red de alcantarillado que recolecta el agua de lluvia dirigiéndolo a colectores generales, evitando que las escorrentías producidas circulen por el cauce natural. Por consiguiente, disminuyendo drásticamente el aporte de dichas escorrentías provenientes de las lluvias para el mantenimiento de los cauces. *“Algunos desarrollos incrementan la impermeabilización de la superficie, tales como el asfalto y el cemento, produce grandes volúmenes de escorrentías proveniente de las tormentas”.* (Riley, 1998)<sup>307</sup>. Pudiéndose mitigar este problema fomentando la infiltración dentro del mismo centro urbano, reduciendo el porcentaje de suelo sellado por revestimiento duro o impermeabilizado, y en el mejor de los casos instalando una red de de aguas pluviales que permita su incorporación al cauce después de haber pasado un proceso de filtración natural a través del suelo.

*“Los problemas comentados de calidad y cantidad de las aguas en tramos urbanos no se deberán tratar de resolver a través del entubamiento y enterrado de los arroyos, que fomenta la presencia de vertidos ilegales y el mantenimiento de las deficiencias ligadas a la contaminación, ni exclusivamente a través de sistemas para la retención de aguas y laminación de las avenidas (tanques de tormentas), ya que dichos sistemas suponen la interrupción de la continuidad de los flujos y la regulación de los caudales, suprimiendo el régimen natural de avenidas necesario para el mantenimiento del cauce”.* (González & García, 2007)<sup>308</sup>.

---

<sup>306</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 289.

<sup>307</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op. Cit.p 132.

<sup>308</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 252.

- **Reordenación del espacio fluvial y ampliación de sus dimensiones.**

Como segundo paso para mejorar las condiciones ambientales de los tramos fluviales urbanos tenemos la reorganización de su espacio fluvial, es decir, la redefinición del espacio que se le puede ganar al cauce para ser ocupado durante las crecidas. Para ello será necesario efectuar el estudio de usos del suelo en los bordes fluviales urbanos y proponer alternativas de eliminación o reubicación de infraestructura instalada, reubicación de edificaciones, modificaciones en la morfología actual del cauce y sus márgenes, etc., evaluando cada una de estas posibilidades su costo y los beneficios que pueden generar con los servicios ambientales recuperados, asimismo, teniendo en cuenta los principios establecidos por la legislación vigente.

*“Las zonas de amortiguación a lo largo del cauce, la protección de las áreas naturales aguas arriba, proyectos de reforestación o revegetación, y estrategias de manejo de la tierra tales como zonas de pastoreo pueden reducir la impermeabilización superficial y las escorrentías”.* (Riley, 1998)<sup>309</sup>.

Seguramente el presupuesto en esta reordenación del espacio será la partida más costosa a corto plazo del proyecto de rehabilitación, pero a largo plazo indudablemente será la más eficaz y beneficiosa en términos hidrológicos, ecológicos y paisajísticos. Además mejorará la calidad de vida dentro de la ciudad al crear nuevas posibilidades para la recreación de la población además de la recuperación de las riberas y la mejora de las visuales del paisaje fluvial, reduciendo los riesgos hidrológicos y los daños asociados a las avenidas e inundaciones.

- **Mejora de la continuidad fluvial.**

Luego de redefinir el espacio fluvial urbano disponible para el río, el próximo paso para mejorar las condiciones ambientales de los tramos fluviales urbanos es revisar el estado del cauce y su continuidad fluvial, es decir, en los

---

<sup>309</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 139.

tramos urbanos existen infraestructuras instaladas tales como pilares de puentes, pasarelas o azudes, que generan una disminución en el ancho del cauce o la sección de paso de caudales, dificultando la circulación de los flujos de agua y sedimentos, provocando *“...la acumulación de arenas, gravas o vegetación en algunos sectores, desvían la corriente al actuar de deflectores causando erosiones en la margen opuesta, o determinan una sobreelevación de la lamina de agua durante las avenidas...”*. (González & García, 2007)<sup>310</sup>, lo que ocasiona el aumento del riesgo de desbordamientos.

Para mejorarla circulación de las aguas y el estado ecológico del tramo fluvial, habrá que mejorar la disposición de dichas infraestructuras o retirando del cauce los diques y azudes que producen remansos y zonas de acumulación de sedimentos o residuos. Así como también eliminar o enterrar cables y tuberías que generalmente atraviesan los ríos y quebradas urbanas ya que pueden contribuir al a la retención de vegetación flotante durante las avenidas.

- **Disminución de los revestimientos del cauce.**

El siguiente paso para mejorar las condiciones ambientales de los tramos fluviales urbanos luego de lograr la continuidad fluvial es disminuir el porcentaje de revestimiento en el suelo de las riberas, tales como escolleras o enrocados, muros de concreto armado, que ya no cumplan ninguna función de control de caudales circulantes y que no repercute en la estabilidad de las orillas del cauce.

*“El lecho de los ríos nunca debe estar revestido, porque esta medida representa su máxima artificialidad y pérdida del hábitat, y no es necesaria salvo en los casos en que se decida sustituir el río por un canal, o entubarlo y enterrarlo”*. (González & García, 2007)<sup>311</sup>.

Si el tramo urbano se encuentra en proceso de incisión, se puede recurrir para estabilizar su lecho a la disposición de piedras grandes y colocadas de forma casi continua o en hileras transversales irregulares, distanciadas entre sí, simulando pozas y rápidos.

<sup>310</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 252.

<sup>311</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos..* op. cit., p. 254..

*“Los lechos de río con procesos de incisión suele referirse a los que están erosionando vertical y horizontalmente a un ritmo acelerado y excesivo y representan situaciones inestables. El más efectivo método para estabilizar un cauce con proceso de incisión es la revegetación”.* (Riley, 1998)<sup>312</sup>.

En resumidas cuentas, la forma más eficaz de evitar la erosión del lecho es aumentar el ancho del cauce y al recurrir a esta medida estamos evitando que el agua tenga energía o capacidad de transporte y no será necesario construir estructuras en el cauce para disipar dicha energía.

Frecuentemente los tramos urbanos presentan revestimientos en sus taludes laterales los cuales fueron construidos para evitar la erosión de orillas.

*“Cualquier objeto duro colocado en las orillas de los arroyos pueden perpetuar problemas de erosión. Las corrientes de las quebradas desvían rocas, concreto y otros objetos y forman remolinos que erosionan las orillas de las quebradas aguas arriba y aguas abajo de dichos objetos. Los objetos duros también pueden desviar corrientes a la orilla opuesta, causando socavamiento en esa orilla”.* (Riley, 1998)<sup>313</sup>.

En la actualidad existen propuestas de sustitución de estos revestimientos por otros con mayor integración al paisaje y al funcionamiento ecológico del río, inclusive es necesario analizar la posibilidad de introducir técnicas de bioingeniería o ingeniería del paisaje. *“La revegetación en el cauce ayuda moderadamente en la mayoría de los problemas asociados con los ajustes del canal que se producen debido al urbanismo”.* (Riley, 1998)<sup>314</sup>.

En los casos que sea necesario mantener el revestimiento, la experiencia de estos mismos autores confirma que la escollera o enrocado es entre los materiales inertes la que se adapta mejor a los procesos fluviales, integrándose en la evolución natural y ecológica del río, y a nivel paisajístico existe la posibilidad de revegetarlo con algunas técnicas de bioingeniería o Ingeniería del paisaje, lo que le ayuda en la integración con el paisaje fluvial.

---

<sup>312</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Washington D.C.: Island Press. p 137.

<sup>313</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Op. Cit. p.p 360

<sup>314</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Op. Cit. p 139.

*“La erosión de las riberas es uno de los problemas más comunes que se encuentran en un borde fluvial, y existen varias propuestas para resolverlo. La más convencional es el enrocado. No obstante su aspecto no es paisajísticamente nada natural y es recomendable recubrirlo con vegetación, utilizando técnicas de bioingeniería, mediante el uso de ramas de árboles, raíces o troncos enterrados”. (Thomson & Sorving, 2000)<sup>315</sup>.*

En cuanto a la longitud y la altura de los revestimientos, se debe intentar que sean la mínima en ambas dimensiones y su localización solo en el punto donde se necesite protección para evitar la erosión o derrumbe del talud, y procurando dejar al menos una de las orillas en las condiciones más naturales posibles, donde el río pueda expandirse durante los procesos de avenidas. En otras palabras, *“...el revestimiento con escollera del cauce solo debería disponerse en ciertos sectores de la margen externa de las curvas del río y en el tercio inferior del talud, donde es mayor la fuerza erosiva de la corriente o la tensión de arrastre ligada al calado”. (González & García, 2007)<sup>316</sup>.*

*“Con mucha frecuencia se puede eliminar la escollera o revestimiento del tercio superior de los taludes del cauce, teniendo en cuenta que dicha zona está sometida a una tensión de arrastre mucho menor que la de la parte inferior del talud. En esta parte sin revestimiento, puede rebajarse la pendiente hacia el cauce y permitir que crezca la vegetación, logrando con ello un aspecto del cauce mucho más natural que el que existía con el revestimiento inicial”. (González & García, 2007)<sup>317</sup>.*

- **Introducción de la vegetación.**

En los tramos urbanos de los ríos, la vegetación que crece en sus orillas y bordes representa el elemento que mejor contribuye a su “renaturalización”. Para proceder a la siembra, es necesario disminuir o eliminar el recubrimiento de bordes y muros, permitiendo la progresiva instalación de especies de orillas

---

<sup>315</sup> Thomson, W. S. (2000). *Sustainable landscape construction*. . Washington DC. : Island Press.

<sup>316</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 254.

<sup>317</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos... op. cit., p. 254.*

y riberas, y en ocasiones se debe recurrir a plantaciones directamente en el suelo o con ayuda de técnicas de Bioingeniería o Ingeniería del Paisaje.

*“...La vegetación se ha utilizado como una efectiva manera de reducir la contaminación en los cauces filtrando sedimentos erosionados y contaminantes en el sustrato y en los flujos subterráneos. Ese filtrado incluye los excesos de nutrientes que puedan llegar al cauce, generando el incremento de algas que produzcan la reducción de luz y oxígeno necesarios para la vida acuática” (Flink, 1993)<sup>318</sup>.*

- **Plantaciones de orilla y ribera.**

Las plantaciones de orillas y riberas presentan doble funcionalidad, en primer lugar con ella se trata de estabilizar el cauce con vegetación mediante siembra normal o mediante técnicas de bioingeniería, y en segundo lugar, con ellas se intenta mejorar las condiciones fluviales del cauce y el paisaje fluvial proporcionándole un aspecto más natural. La elección de las especies a plantar debe estar regida por en la composición de la vegetación de orilla y ribera del tramo de río correspondiente.

*“La vegetación en los bosques riparios y en las áreas inundables de los ríos y quebradas puede estabilizar las orillas, previniendo la erosión”. (Flink, 1993)<sup>319</sup>.*

Siempre que las condiciones del cauce lo permitan, esta vegetación debe plantarse directamente sobre el suelo de las orillas y zonas próximas al cauce, sin incluir otro material que le proporcione rigidez al cauce. En trabajos efectuados en algunos arroyos de España, utilizan estacas de sauces por tener...

*“...un crecimiento muy rápido y desarrollan ramas desde la base de la parte aérea de la estaca, ofreciendo así una buena resistencia a la erosión de la corriente; o macrófitas emergentes eligiendo entre ellas las*

---

<sup>318</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p.154-143.

<sup>319</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Op. Cit. pp.154-143.

*especies más adecuadas según las características de la corriente...*” (González & García, 2007)<sup>320</sup>.

Posterior a las plantaciones de orilla con especies de tamaño pequeño y ramas flexibles se pueden sembrar especies arbóreas más perdurables tomando en consideración para su introducción en dicho hábitat su capacidad de resistencia al régimen de avenidas de cada tramo.

En los cauces donde la velocidad de la corriente es elevada, las plantaciones para estabilizar el cauce deben tener una elevada densidad. En países como España, en estos casos en estas plantaciones predominan el sauce arbustivo de hoja estrecha, o el carrizo de *Phragmites communis*, ambas plantas que soportan altas velocidades de la corriente fluvial. En zonas de corriente mas lenta, las funciones de estas plantas es mas estética y se pueden combinar con otro tipo de especies “...*macrófitos de zonas remansadas (eneas, espadañas, juncos, etc.)...*” (González & García, 2007)<sup>321</sup>.

- **Restauración ecológica a partir de la vegetación.**

La cobertura vegetal de un ecosistema puede ser mejorada y aumentada mediante la restauración de especies autóctonas. Esta intervención debe partir desde la vegetación original del área a restaurar, y es el resultado de una inspección del sitio en busca de la presencia de remanentes de la vegetación en áreas cercanas. El aumento de la cobertura vegetal original es importante ejecutarla para “...*garantizar la supervivencia del ecosistema de acuerdo con su régimen de perturbaciones naturales*”. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia., 2003)<sup>322</sup>.

La vegetación al ser utilizada como zona de amortiguación entre el sistema fluvial y las áreas urbanas puede trabajar como corredor ecológico y ayuda a restaurar los paisajes fragmentados por el desarrollo urbano, restableciendo la continuidad. “*Esta conectividad puede ser de dos tipos:*

<sup>320</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 256.

<sup>321</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos... op. cit.*, p. 256..

<sup>322</sup>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. (2003). *Restauración de Ecosistemas. A partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica*. Recuperado el 9 de Abril de 2011,

dep://ibcperu.org/doc/isis/7413.pdf .

*estructural y funcional. La conectividad estructural consiste en restablecer la conexión física entre dos fragmentos. Esta conexión se puede lograr a través de un corredor o un conector*". (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia., 2003)<sup>323</sup>. La conectividad funcional se refiere a la conexión de dos fragmentos mediante un ecosistema diferente al original "...o a cualquiera de sus estadios sucesionales, y que permitan movimiento de algunas especies. Este ecosistema intermedio puede ser un agro-ecosistema, una plantación o un sistema agro-forestal". (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia., 2003)<sup>324</sup>. Para lograr una conectividad funcional apropiada, los ecosistemas restaurados deben asemejarse al máximo en su estructura con el ecosistema que se quiere conectar y que sean de carácter permanente. En el caso de los ecosistemas que presentan cambios estructurales periódicamente como son las talas y las cosechas, o como los que difieren en su estructura significativamente, no funcionan muy bien como conectores. Las plantaciones forestales cuando el manejo programado de la cosecha no interrumpe la conexión entre los fragmentos, puede ser considerado buen conector.

- **El uso de técnicas de Ingeniería del Paisaje o Bioingeniería.**

En los tramos urbanos, las técnicas de Ingeniería del Paisaje o Bioingeniería aplicadas a la restauración ambiental son muy utilizadas en los trabajos de renaturalización de ríos por tener espacios fluviales restringidos, es decir, la vegetación de orillas es sembrada ayudada por la acción reforzada de otros materiales que logran estabilizar el cauce mejor que la vegetación sola, entre los materiales utilizados se encuentran piedras, troncos, estacas verticales o gaviones.

- **Adecuación recreativa.**

Los espacios fluviales urbanos son las áreas más aptas para el desarrollo de actividades recreativas por sus características físicas,

---

<sup>323</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. (2003). *Restauración de Ecosistemas. A partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica..Op. Cit.*

<sup>324</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. (2003). *Restauración de Ecosistemas. A partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica.* Recuperado el 9 de Abril de 2011, de <http://ibcperu.org/doc/isis/7413.pdf> .

ambientales y paisajísticas, además de las posibilidades lúdicas que ofrece el agua. De allí pues, que es muy frecuente observar infraestructura adecuada que facilita el uso para el ocio y el recreo, como bancos, pasarelas, fuentes, instalaciones deportivas, caminos alumbrados, señalización, papeleras, etc., preferiblemente de diseños sencillos y contruidos con materiales naturales, con estructuras robustas y pesadas firmemente fijadas al piso que puedan soportar el vandalismo, además “...como regla general, todas estas instalaciones deben situarse alejadas del cauce, y su ubicación debe tener en cuenta las limitaciones que establece el régimen de avenidas...”. (González & García, 2007)<sup>325</sup>.

La restauración de ríos en algunas ciudades de los Estados Unidos está siendo enfocada como una actividad económica que generará una gran movilidad turística, como es el caso del río San Antonio en la ciudad del mismo nombre en el estado de Texas. El San Antonio River Walk, fue concebido como un proyecto de prevención de inundaciones luego del desastre producido por una inundación en el año 1921. “*El plan original fue convertirlo en una alcantarilla subterránea...*”. (Riley, 1998)<sup>326</sup>. Y fue desechado por un grupo de mujeres conservacionista. “*El plan que adoptado fue un canal en bypass que elude el centro de la ciudad...*” (Riley, 1998)<sup>327</sup>, y direcciona hacia el centro de la ciudad un canal con su caudal regulado a través de un dique y compuertas.

En esta adecuación recreativa, los caminos o senderos deben ser contruidos a base de gravas y materiales permeables que faciliten el drenaje y la infiltración del agua durante las inundaciones, evitando su asfaltado o impermeabilización. Su ancho debe oscilar entre 2.5 y 3 metros, y el paso de vehículos y maquinarias pesadas debe estar restringido. El trazado de estos senderos debe presentar varios circuitos de recorridos y longitud diferentes para facilitar el uso a personas de diferentes edades y condiciones de salud, evitando los tramos rectos y utilizando la sinuosidad para alargar el espacio y aprovechar las visuales del paisaje.

---

<sup>325</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 256.

<sup>326</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 14.

<sup>327</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op. Cit. p.p 14.

En estos espacios se pueden construir instalaciones deportivas que no requieran un revestimiento de piso duro, asfaltado o impermeabilizado para facilitar la infiltración del agua proveniente de las inundaciones. También es posible la ubicación de infraestructura para juegos de mesa y parques infantiles. Igualmente, los desniveles del terreno se pueden aprovechar para pequeños anfiteatros y zonas de actuaciones al aire libre, tales como exposiciones, concursos, actos culturales, educación ambiental, así como también propiciar actividades comunitarias con centros educativos, grupos sociales, etc., que fomenten el estudio y conocimiento de los sistemas naturales y contribuyan a la admiración y a la difusión de los valores ambientales.

*“Esta adecuación recreativa de los espacios fluviales fomenta el uso de las riberas por un número muy elevado de personas y anima el conocimiento y valorización del río en su conjunto, lo que contribuye a su vigilancia y mantenimiento a la vez que genera un gran interés económico y político para su conservación”.* (González & García, 2007)<sup>328</sup>

### **Mejora de los tramos canalizados para su restauración.**

En muchas oportunidades los planes maestros de drenajes incluyen la restauración y reparación de tramos de quebradas previamente canalizados. Esta es una oportunidad para introducir soluciones multiobjetivos más efectivas.

La quebrada tiene bajo caudal con el transporte del agua del día a día, Usualmente este canal sigue el thaleg natural (el mínimo flujo de agua circulando por el eje de la quebrada). Arriba del canal de bajo flujo, las terrazas transportan los niveles de inundación. Estas terrazas están plantadas con gramíneas autóctonas y vegetación compatible con el río. Deflectores de rocas y troncos pueden ser utilizados para ayudar al control de erosión de las orillas.

*“Estas quebradas tienen varias ventajas. La primera, tienen mejor apariencia natural. La segunda, las terrazas son sustento de de vegetación y fauna silvestre. La vegetación ayuda en el control de la*

---

328

González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 260.

*erosión y absorbe los contaminantes. Tercero, estos canales tienden a ser autolimpiantes y pueden transportar los niveles de inundación o avenidas". (Flink, 1993)<sup>329</sup>.*

Los rápidos, constantemente están moviendo el agua en el canal de bajo flujo pudiendo expulsar los sedimentos, dejando un fondo de cantos y grava. Que mejor soporte para la vida acuática. Es más probable que los sedimentos se depositen en las terrazas donde consolidan el crecimiento de la vegetación en lugar de mantenerse en las quebradas donde puede obstruir las branquias de los peces y ocultar los huevos.

La canalización de los ríos no es solo utilizada en los tramos urbanos, frecuentemente se han efectuado este tipo de obras fluviales en zonas periurbanas y rurales, donde se han llevado a cabo obras de vialidad o trabajos de dragados o rectificación de trazados de los ríos con el fin de llevar aguas a los cultivos agrícolas.

En la actualidad estos tramos canalizados ubicados en las áreas periurbanas y rurales, en lo posible deberían ser mejorados y restaurados, utilizando metodologías distintas a las utilizadas en los tramos urbanos, por no existir tantas restricciones espaciales, ser más fácil recuperar el espacio fluvial y en algunos casos presentan restos o huellas de la morfología inicial.

Dada la posibilidad de disponer de espacios más amplios y sin densas ocupaciones, los objetivos trazados para esta actuación se centran en

*"...recuperar total o parcialmente el trazado primitivo del río, y reconstruir la funcionalidad de los sotos y brazos de meandros abandonados, permitiendo la entrada y salida de los flujos de agua y sedimentos a través de los mismos, al volver a formar parte del sistema fluvial". (González & García, 2007)<sup>330</sup>.*

Para poder cumplir dicho objetivo es necesario elaborar varios estudios relacionados con la historia de los cauces, la cual debe estar en documentación y fotos aéreas antiguas o recientes, a fin de conocer como era

<sup>329</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p.154-155.

<sup>330</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 260.

el río antes de su canalización. También es importante revisar la documentación del proyecto de canalización, dada la posibilidad de conocer como era el río en el momento de su ejecución, además de conocer en detalle los problemas que llevaron a ejecutar dicha obra, mas la información hidráulica que presentaba el río para ese momento, tales como la dinámica de sus avenidas e inundaciones.

Al comparar el estado actual del río canalizado con el estado primitivo, seguramente nos encontraremos con diversas situaciones referidas *“...al grado de ocupación del antiguo espacio fluvial, facilidad de su reconocimiento en campo, estado legal de los terrenos fluviales abandonados (posible desafectación del dominio público hidráulico, pasando a manos privadas), etc....”*. (González & García, 2007)<sup>331</sup>.

En los grandes ríos, con valles aluviales grandes, húmedos y niveles freáticos elevados o en canalizaciones recientes, las huellas dejadas por el cauce donde antes circulaba es muy evidente, y frecuentemente quedan restos de antiguos sotos con vegetación arbórea, cambios en el terreno o granulometría de los suelos que sugieren el trazado original.

En el caso de los ríos más pequeños o los ubicados en zonas muy secas, o en las canalizaciones muy antiguas, es muy posible no encontrar indicios de su antiguo recorrido. En este caso y en ausencia de planos cartográficos antiguos que indiquen el trazado de los cursos de agua primitivos...

*“...podría intuirse el trazado fluvial a través de las diferencias de humedad de los suelos, o de las formas curvas que presentan los límites de las parcelas agrícolas o los caminos rurales, que son reconocibles en las fotografías aéreas más recientes y podrían tener una relación con el antiguo trazado del curso fluvial, explicando su forma y disposición”*. (González & García, 2007)<sup>332</sup>.

---

<sup>331</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 260.

<sup>332</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos... op. cit., p.263.* .

Para la mejora de los tramos canalizados para su restauración podemos señalar dos formas de intervención, la primera es la restitución del trazado antiguo del río, mediante la reconexión de antiguos sotos y meandros. La segunda se refiere a la mejora del trazado rectificado, aumentando el espacio fluvial y la sinuosidad del cauce.

**a) Restitución del trazado antiguo del río, mediante la reconexión de antiguos meandros.**

Según González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007), esta actuación es la más completa y es la que debería ser modelo a seguir en los casos de restauración de los tramos canalizados y la longitud del tramo a intervenir debería ser lo más largo posible para poder incluir la totalidad de las curvas de los meandros.

La restauración de un cauce canalizado debe enfocarse en la recuperación de los meandros abandonados en sus dos márgenes “...siendo deseable que a su vez incluyera la totalidad de los sotos y formas meandriformes de todo el segmento fluvial (longitud entre confluencias de afluentes) o la totalidad del tramo canalizado”. (González & García, 2007)<sup>333</sup>. Para efectuar la recuperación del flujo de agua por el meandro será necesario eliminar el dique o la mota de protección construido que mantiene el cauce actual en los puntos de cruce con el antiguo cauce, y así permitir la circulación del flujo por el antiguo meandro.

Frecuentemente la canalización de los ríos produce un proceso de incisión y erosión del lecho, ocasionado por los trabajos de dragado y excavación en la construcción del canal, en el cual se fijó el nivel del lecho por debajo del nivel primitivo. En este caso, la actuación debería ser elevar el nivel del lecho del sector canalizado, retornando el material extraído en su construcción, que posiblemente estén formando la mota de protección que formó el canal. Como alternativa a esta actuación podemos señalar la construcción en el río canalizado de un pequeño azud aguas abajo, luego del cruce con el antiguo meandro, a fin de lograr invertir el proceso de incisión, al

---

<sup>333</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 263.

favorecer la retención de sedimentos aguas arriba y desviar las aguas hacia el antiguo cauce.

Esta restitución del antiguo meandro puede ser temporal o permanente. El meandro temporal se refiere a su funcionamiento únicamente con los niveles de avenida, manteniendo un cierto desnivel de cota entre el cauce canalizado y el cauce antiguo, y solo a partir de un cierto nivel de las aguas éstas entran y se dispersan por el antiguo cauce, recuperando parte de la conectividad del cauce con las riberas primitivas, y se pueden generar zonas de gran valor ecológico, recuperando la función de almacenamiento de agua y laminación de avenidas, funciones muy importantes para el riesgo de inundaciones aguas abajo.

En los ríos de menor tamaño, con granulometría fina y menor dinámica y energía hidráulica, posiblemente no se haya producido el proceso de incisión producto de la canalización y por consiguiente no debe existir el desnivel entre los lechos actual y primitivo, lo que implica una mayor sencillez en el proceso de conexión de meandros.

En los casos de que el cauce primitivo no haya dejado huellas visibles del antiguo trazado y se quiera crear un cauce más sinuoso que el actual es necesario guiarse por las fotografías o documentaciones antiguas para replantear en campo un trazado similar al observado en ellas pero predominando los criterios hidrológicos.

*“Una estrategia que puede seguirse en este caso es la de ampliar la anchura del cauce rectificado actual, eliminando las protecciones y las restricciones al desbordamiento, y dejar que sea el propio río el que mejora gradualmente su forma y trazado”.* (González & García, 2007)<sup>334</sup>.

En los meandros a restaurar en las zonas urbanas de alta densidad es frecuente encontrar desechos en él, Ann Riley (1998) se refiere en su obra *Restoring Stream in Cities*:

*“Si usted estabiliza un meandro solo con rocas, por ejemplo, la quebrada simplemente toma la orilla en la siguiente curva descendente y*

---

<sup>334</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...*, p. 264.

*erosiona la orilla opuesta. De esta manera, todo el sistema de flujo puede ser desestabilizado por la ubicación aleatoria de bidones de aceite, rocas y escombros y otros objetos de la gente en coloca en los arroyos para proteger sus patios traseros de un meandro cambiante". (Riley, 1998)<sup>335</sup>.*

**b) Mejora del trazado rectificado, aumentando el espacio fluvial y la sinuosidad del cauce.**

*"La restauración de la llanura aluvial es una de las más convenientes modificaciones del paisaje para reducir los daños de inundaciones, particularmente si la restauración es diseñada para devolverle la dinámica de los a los ríos meandriformes y devolverle al río los pulsos naturales de las inundaciones más el transporte y deposición de sedimentos. Otras modificaciones al paisaje pueden proveer beneficios a la restauración de los humedales mientras protegen la integridad de la quebrada y del corredor fluvial como los canales de bypass y las lagunas de retención y detención". (Riley, 1998)<sup>336</sup>.*

Son tantas las variables que intervienen para poder efectuar la mejora ambiental de un río que no siempre será posible o conveniente llevar a cabo la recuperación del trazado primitivo del río, entre ellas podemos nombrar la inexistencia de alguna huella de los antiguos meandros, el cambio significativo de las condiciones hidrológicas del río o los usos del suelo del valle donde se encuentra; o que sea muy difícil acordar con los propietarios actuales de las zonas desafectadas de la figura de dominio público hidráulico.

En casos como estos se puede optar por actuaciones más sencillas de rehabilitación y renaturalización, efectuando en la medida de lo posible las actividades comentadas anteriormente, tales como el aumento del espacio fluvial a través de una nueva planificación de usos y la retirada de los diques o motas existentes, impulsar la regeneración natural de la vegetación con la recuperación de las orillas y riberas y el aumento de la conectividad del cauce

---

<sup>335</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 139.

<sup>336</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*.Op. Cit..p 287-289

actual con los terrenos adyacentes. Una vez efectuado lo anteriormente expuesto, se pueden plantear una serie de trabajos en los ríos canalizados que contribuyan a reintroducir los procesos naturales, aunque se mantenga el río con el trazo rectificado al menos en esta etapa inicial. Entre los trabajos a plantear podemos destacar los siguientes:

- **Alejar las ocupaciones del cauce.**

*“Ciertos usos de la tierra, incluyendo la deforestación, agricultura, y el desarrollo urbano, tienden a incrementar la impermeabilidad de la superficie, aumentando la velocidad de las escorrentías provenientes de las precipitaciones, causando erosión en el suelo, inundaciones y cambios en la temperatura”.* (Flink, 1993)<sup>337</sup>.

Alejar estas ocupaciones del cauce se puede lograr liberando terrenos a cada lado del cauce donde el río pueda llevar a cabo procesos de erosión y sedimentación para recuperar gradualmente un trazado más natural. Posteriormente estos terrenos pueden ser plantados, promoviendo con ello el uso recreativo y evitando algunas actividades como la circulación de vehículos o el bote de escombros, o en su defecto, estos terrenos pueden ser mantenidos por sus propietarios pero bajo unas pautas acordadas para proteger el cauce como la creación de bandas protectoras o *buffer-strips*, o simplemente vigilados y que las orillas procedan naturalmente a la revegetación.

- **Rebajar la pendiente lateral de los taludes del cauce.**

Los taludes laterales del cauce se pueden modificar, disminuyendo su pendiente y su altura en la zona más próxima a la lámina de agua, *“...se recomiendan pendientes inferiores a 1V:4H...”*. (González & García, 2007)<sup>338</sup>. Con esta actuación se facilita el crecimiento de la vegetación a partir de las semillas transportadas por el mismo río.

*“Al disponer de una sección más ancha y de menor calado el río pierde capacidad de transporte, y con el paso de sucesivas avenidas es de esperar que se inicie la reconstrucción de una morfología más natural,*

<sup>337</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p.146.

<sup>338</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p.264.

*con procesos fluviales de erosión y sedimentación que reconstruyan gradualmente las formas del lecho y la sinuosidad que corresponda al tramo correspondiente". (González & García, 2007)<sup>339</sup>.*

En los casos que se considere necesario estabilizar el lecho de ríos formados por gravas, se pueden colocar hileras de grandes piedras sueltas y distanciadas entre ellas, cuya finalidad es la simulación de rápidos y remansos además de fomentar el inicio del trazado sinuoso.

- **Redefinir la sección trapezoidal del cauce.**

Frecuentemente los tramos canalizados presentan secciones trapezoidales que producen variaciones en las velocidades del agua según los caudales circulantes, es decir, en aguas bajas producen velocidades muy pequeñas y en aguas altas presentan una gran homogeneidad.

*"Para su rehabilitación se propone el diseño de secciones compuestas, que incluyan un canal de aguas bajas que concentre los caudales en estiaje, y unas zonas laterales a diferente altura que queden conectadas con dicho canal y se inunden con diferente periodicidad, favoreciendo la diversidad del hábitat y el crecimiento de distintas especies de vegetación". (González & García, 2007)<sup>340</sup>.*

Estas áreas canalizadas del río son terrenos llamados aluviales, son zonas de fácil inundación durante las crecidas.

*"La restauración de las planicies aluviales puede lograr los mismos objetivos que un proyecto de canalización pretende lograr; la conducción de mayor volumen de agua dentro de una zona determinada. Si su preocupación por las inundaciones se refiere a un pequeño arroyo o un río largo, a la recuperación de llanuras aluviales eliminando estructuras en ellos, a la desinstalación o eliminación de diques, o incluso la excavación más amplia entre las terrazas de las llanuras aluviales puede proporcionar beneficios sustanciales de reducción de daños de inundaciones. Algunas terrazas aluviales se han cubierto para fines de desarrollo y la eliminación*

<sup>339</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op. cit., p.264.

<sup>340</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos.* Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 266.

de ese relleno puede volver a crear áreas una vez ocupadas por llanuras aluviales históricos". (Riley, 1998)<sup>341</sup>.

- **Modificar las secciones transversales.**

Con el fin de recuperar la sinuosidad del cauce, las secciones transversales de los cauces se pueden modificar de dos maneras, la primera, aumentando el ancho del río en determinados sectores, de forma alternativa en una y otra orilla; y la segunda, redimensionando la forma de las secciones transversales. Aumentar el ancho del río en determinados sectores, de forma alternativa en una y otra orilla.

*"Canales demasiados amplios y lateralmente inestables pueden restaurarse bajo una condición de equilibrio, devolviendo el canal a una proporción menor de ancho-profundidad. Una proporción ancho-profundidad que podría fomentar un estado de equilibrio que puede determinar lo que la relación era antes de que la quebrada fuese desestabilizada o comparando el sitio con otros tipos de canales similares compuestos de sedimentos similares. Una proporción ancho-profundidad corregida puede ayudar a producir la energía que la quebrada necesita para transportar la carga de sedimentos. La inestabilidad lateral puede ser corregida con controles de erosión de orillas tales como entramados de ramas y entramados de troncos de árbol, estacas de troncos con raíces o por otro medio vegetativo que limite al canal, descargue los sedimentos y ayude a establecerse a una nueva vegetación". (Riley, 1998)<sup>342</sup>.*

### **Manejo de cuencas.**

En algunas ciudades de los Estados Unidos utilizan el manejo de las cuencas y los programas de restauración para direccionar los impactos del urbanismo y reducir el incremento de las escorrentías y por lo tanto de la erosión y la sedimentación. La recolección de aguas pluviales efectuada por instalaciones diseñadas apropiadamente en el sitio a intervenir pueden ser captadas mediante drenajes naturales, humedales de detención, reforestación,

---

<sup>341</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 139.

<sup>342</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 278.

cisternas de agua de lluvia y zonas de amortiguamiento “...puede retrasar el momento y reducir el volumen y los picos de escorrentía, en lugar de tuberías recolectoras y alcantarillas”. Riley, A. (1998).

Como complemento podemos aprovechar las propiedades físico-químicas y mecánicas de la vegetación mediante el uso de especies riparias para controlar las escorrentías provenientes de las precipitaciones, por esta razón, “...los proyectos de restauración de la vegetación riparia pueden ayudar a añadir estabilidad a las quebradas ajustándose a los mayores flujos urbanos. Las zonas de amortiguamiento y los corredores verdes a lo largo de los causes pueden prevenir daños...”. (Riley, 1998)<sup>343</sup>. La conservación de la vegetación existente y la restauración de vegetación riparia van a permitir que los... “...bosques nativos y vegetación pueden retornar a las pendientes de la cuenca”. (Riley, 1998)<sup>344</sup>.

### **Manejo de escorrentías.**

En zonas urbanas el manejo de las escorrentías puede traer beneficios al sistema fluvial, si se controlan y direccionan las aguas provenientes de las superficies duras e impermeables que abundan en la ciudad, es decir, “...algunos desarrollos incrementan la impermeabilización de la superficie, tales como el asfalto y el cemento, produce grandes volúmenes de escorrentías proveniente de las tormentas”. (Riley, 1998)<sup>345</sup>.

La misma autora refiere situaciones que pueden ayudar a minimizar los problemas de degradación que ocasionan las grandes escorrentías urbanas que recorren la ciudad a altas velocidades hasta llegar a los colectores, “...las escorrentías provenientes de las precipitaciones pueden ser colectadas desde los bajantes de los techos y ser reutilizados para la irrigación del paisaje durante los períodos secos”. (Riley, 1998)<sup>346</sup>.

---

<sup>343</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 133.

<sup>344</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op. Cit.p.p 133.

<sup>345</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op.Cit.p.p 132.

<sup>346</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op. Cit. p.p 132

### **Lagunas de almacenamiento niveles de crecidas.**

Según el Arquitecto paisajista Keith Bowers la restauración fluvial no se inicia en el río, *“...se inicia en la cuenca. Si solo se va a intervenir en un tramo del río, probablemente se deteriorará en la próxima gran tormenta. Tú tienes que recapturar los niveles de inundación y tratar de descargarla lentamente”*. (Thomson & Sorving, 2000)<sup>347</sup>. Ésta función de recaptura y lenta descarga le corresponde a los humedales.

*“Entornos ribereños o humedales pueden ser restaurados o creados en cuencas bajas para detener, así como tratar biológicamente las escorrentías. Puede drenar el escurrimiento de los lotes de estacionamiento en zonas ajardinadas de detención”*. (Riley, 1998)<sup>348</sup>.

El objetivo debe ser mantener el agua procedente de las inundaciones dentro de los límites de las áreas inundables naturales del río, para aprovechar su infiltración hacia los acuíferos. Por esa razón, una de las principales intervenciones en los bordes fluviales es la eliminación de las superficies duras, igualmente es muy valioso el poder construir lagunas de almacenaje de aguas provenientes de las tormentas que forman los niveles de avenidas para direccionarlos a los acuíferos mediante la infiltración. Su ubicación debe ser cerca de las cabeceras del río y antes de los centros poblados.

*“El agua puede ser depositada, entre otras cosas, en pequeñas lagunas u otras depresiones, humedales artificiales y otros. Estos depósitos pueden ofrecer muchas ventajas sobre los cursos fluviales, uno de los cuales es la preservación de un espacio abierto y oportunidades de recreacionales en lagunas de retención”*. (Flink, 1993)<sup>349</sup>.

Estas lagunas de almacenamiento pueden estar acompañadas por un control de caudales. Según el profesor de Arquitectura Paisajista de la Universidad de Georgia Bruce Ferguson, el control de caudales de la cuenca debe ser bien planificado para evitar que se activen los daños en el sistema fluvial, *“...la planificación es la única vía depara determinar la apropiada*

<sup>347</sup> Thomson, W., & Sorving, K. (2000). *Sustainable landscape construction*. Washington DC.: Island Press.p.146-147.

<sup>348</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 139

<sup>349</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development*. . Washington DC. : Island Press.p.151.

*ubicación de las lagunas y de cualquier otro sistema de infiltración o retención de caudales*". (Thomson & Sorving, 2000)<sup>350</sup>.

*"Las lagunas de retención y detención históricamente han sido diseñadas como cuencas de explotación sin inspiración para aguas provenientes de las inundaciones y tormentas. El término detención se refiere para áreas de depósito de agua provenientes de las tormentas que se mantiene para un período de tiempo relativamente breve, mientras que las lagunas de retención actúan como pequeños embalses que almacenan agua normalmente para uso futuro, además de proporcionar una función de control de inundaciones..."*. (Riley, 1998)<sup>351</sup>.

Estas lagunas pueden generar algunos problemas tales como la incisión del lecho y el aumento del nivel del lecho por el flujo de sedimentos. La incisión del canal generalmente está reflejada por el incremento del volumen o la velocidad del caudal. Estos dos problemas requieren diferentes métodos de restauración, y los mismos autores lo visualizan de esta manera:

*"En general la incisión del canal necesita tener un decrecimiento del volumen y la velocidad del caudal y un reforzamiento de las orillas. Y un canal con el nivel del lecho aumentado por el flujo de sedimentos tiene que tener un sitio donde repentinamente la corriente disminuya y bajen los sedimentos"*. (Thomson & Sorving, 2000)<sup>352</sup>.

*"Lagunas de detención son similares conceptualmente a los proyectos de restauración de llanuras aluviales en sus objetivos de cambiar el tiempo de las escorrentías hacia el canal principal y reducir los picos de la descarga hidrográfica"*. (Riley, 1998)<sup>353</sup>.

Las lagunas de almacenamiento de agua provenientes de los niveles de avenidas o precipitaciones deben estar protegidas por bandas de vegetación riparia propias de la zona intervenida a fin de garantizar la calidad del agua de la laguna. Toda esta...

---

<sup>350</sup> Thomson, W., & Sorving, K. (2000). *Sustainable landscape construction*. Op. Cit.p.p.146-147.

<sup>351</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 289.

<sup>352</sup> Thomson, W., & Sorving, K. (2000). *Sustainable landscape construction*. Washington DC.: Island Press.p.146-147.

<sup>353</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 289.

*“...vegetación crece a lo largo de los cursos de aguas y en entornos de humedales y puede absorber nutrientes y otros contaminantes, gobiernos locales están alentando la creación de entornos de humedales para captar y tratar las escorrentías antes de retornarlas a las quebradas, ríos y lagos”.* (Riley, 1998)<sup>354</sup>.

### **Mantener la rugosidad de las orillas.**

Cuando analizamos las orillas es importante considerar su rugosidad. En una orilla suave sin vegetación ni piedras, puede lucir atractiva pero no es lo adecuado para la fauna acuática quienes necesitan la rugosidad que genera la presencia de raíces, troncos, arbustos que sobresalen, cantos rodados y la vegetación. Todos ellos unidos a la presencia de las piscinas y rápidos en el cauce proveen cobertura, sombra, alimento y refugio para numerosos anfibios, reptiles, aves y mamíferos *“Una orilla con rugosidad también reduce la corriente, reduciendo así los daños de inundaciones aguas abajo”.* (Flink, 1993)<sup>355</sup>.

*“La pendiente en el lecho del río es restaurada para equilibrarla mejor con la pendiente del valle. Los cambios en las secciones del lecho son efectuados incrementándolos gradualmente, utilizando cantos rodados para romper para el orden cada pocos metros y restringir la altura de cascadas”.* (Riley, 1998)<sup>356</sup>.

### **Construcción de refugios y hábitats.**

*“Los tradicionales proyectos de restauración fluvial consisten en proveer canales de navegación removiendo del río las trabas y escombros naturales para permitir el pase de barcazas y botes. Luego el concepto fue añadiendo dentro del cauce estructuras tales como registros y deflectores de orillas de arroyos para crear mejores hábitats para peces...”.* (Riley, 1998)<sup>357</sup>.

<sup>354</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Washington D.C.: Island Press.p 340.

<sup>355</sup> <sup>355</sup> Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development.* . Washington DC. : Island Press.p.146.

<sup>356</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Op. Cit.p.p 356.

<sup>357</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Op. Cit.p.p 354-355.

Estas estructuras hechas con piedras de poca altura y entre sus funciones es crear refugios para las especies acuáticas al crear en el río concavidades o depósitos de arenas.

*“Las estructuras hechas de rellenos, rocas, cantos rodados, gaviones, concreto, troncos y otros materiales, son montículos que sobresalen de las riberas del cauce. La fuerza del río deposita sedimentos detrás del promontorio y fuerza las corrientes alrededor de estos espigones. Un concepto similar se ha estado utilizando en una escala mucho menor en arroyos por biólogos a fin de crear meandros. Estas estructuras de menor escala son hábitat de peces se han descrito como deflectores”.* (Riley, 1998)<sup>358</sup>.

### **Limpieza de frezaderos.**

*“La limpieza de frezaderos, finalmente, es una actuación que aporta buenos resultados, aunque limitados temporalmente. La continua colmatación que sufren los bancos de grava debido a la variación de los caudales y la contaminación del agua obliga a la repetición de forma anual o bienal”.* (Schmidt G. , 2002)<sup>359</sup>.

---

<sup>358</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Op. Cit.p.p 354-355.

<sup>359</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

## **CAPITULO VI.**

### **PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA FORMULACIÓN DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO PAISAJÍSTICO Y SUS POSIBLES RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE BORDES FLUVIALES URBANOS.**

A finales del siglo XX se inicia un movimiento ambientalista que pretende mejorar la calidad de vida protegiendo el ambiente, aparecen las primeras organizaciones que reclaman una nueva relación entre los ríos y las sociedades y como respuestas gubernamentales se sustituyen algunas obras hidráulicas convencionales por otras más respetuosas de los ecosistemas fluviales. A tal punto que en algunos países desarrollados como el Japón se ha llegado a destruir grandes diques de concreto para recuperar el cauce a sus niveles originales. Las obras hidráulicas para el control de inundaciones de centros urbanos tienen que ser más compatible con las intervenciones encaminadas a retomar el estado más natural posible de los cauces fluviales. Sin embargo, entendemos que en algunos casos de intervenciones fluviales en estas áreas urbanas, será necesario mantener las obras tradicionales, dependiendo de la magnitud del riesgo a proteger y de su vulnerabilidad.

En una relación río-ciudad, se presenta una situación compleja a la hora de ordenar un territorio fluvial debido al choque entre la dinámica y características de los ríos y las de la ciudad. Los espacios fluviales urbanos deben mantener los elementos y dinámicas naturales, al momento de realizar medidas para la protección contra los riesgos de las avenidas. Estos espacios deben considerarse como territorios cuyas características naturales hidráulicas, geomorfológicas y biológicas sean tenidas en cuenta simultáneamente y no deben ser destinados como cauces de desagüe, ni tampoco como espacios residuales de las ciudades, deben ser reincorporados a la urbe con un tratamiento de paisajismo que respete los procesos fluviales y las características propias de las riberas.

En Europa y Estados Unidos recientemente se han introducido criterios para mejorar los espacios fluviales dentro de los proyectos en ríos y quebradas, en ellos la tendencia es a incorporar las riberas a la ciudad con espacios recreativos o a crearlos a partir del acondicionamiento de los bordes de agua. Igualmente se ha tomado conciencia de que el ordenamiento de los espacios fluviales debe dejar de ser un tema exclusivamente hidráulico e hidrológico, para ser un tema de ordenación del territorio, de calidad estética urbana y de conservación de la naturaleza, con una visión integral del paisaje fluvial. El reto a conseguir es buscar la compatibilidad en el espacio fluvial de los usos urbanos, la utilización del recurso agua y la necesidad de preservar estos espacios de manera permanente a pesar de la temporaneidad de la dinámica en ríos y quebradas, es decir, el hombre debe aprender a convivir en un elemento netamente artificial y rígido, como es la ciudad, con otro netamente natural, variable y flexible, como es el río.

*“La realización de cualquier proyecto de protección, mejora o restauración de un área degradada o hábitat fluvial requiere conocer las interrelaciones principales de los diferentes componentes que integran este ecosistema, ya que el principal objetivo es recuperar un equilibrio en el río, lo más natural posible. También hay que tener en cuenta que este equilibrio nunca va a ser estable. El propio funcionamiento del río (avenida, sequía, etc.) lo convierte en un equilibrio de carácter dinámico”.*  
(Schmidt G. , 2002)<sup>360</sup>

Puesto que cada ecosistema tiene unas características propias, los proyectos de restauración deben contemplar cada uno de los aspectos que intervienen en su funcionamiento y dinámica natural. Es por ello, que el conocimiento básico necesario para alcanzar una restauración exitosa consiste en:

- Entender la biología y ecología de las especies ecológicamente esenciales o claves del sistema fluvial, en particular los patrones

---

<sup>360</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

de reproducción, factores que controlan su abundancia y distribución, requerimientos de hábitat, etc.

- Entender los patrones hidrogeomorfológicos que controlan el régimen de caudales circulantes, de los que depende la integridad ecológica del sistema fluvial.
- Caracterizar la magnitud de las alteraciones generadas en las estructuras o procesos biofísicos esenciales del sistema fluvial.

*“Toda restauración fluvial debiera comenzar por el restablecimiento de un régimen hidrológico más cercano al régimen natural. Especialmente en lo que concierne a la magnitud, frecuencia, duración, época y tasa de cambio de las avenidas. Este hecho ya está reconocido como un paradigma entre numerosos técnicos e investigadores”. [(Poff et al., 1997, en (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)]<sup>361</sup>.*

Las políticas más importantes para mantener un río natural a lo largo de un espacio urbano es mejorar la calidad y caudal de agua, además de la restauración de la morfología y la continuidad del cauce con sus espacios colindantes.

La morfología del cauce es vital para la cantidad y diversidad ecológica, porque de sus características y del tipo de sustrato, dependen la fauna y la flora y su variabilidad. Esta morfología viene determinada por un régimen de caudales líquidos y sólidos y de un espacio fluvial donde moverse en los períodos de avenidas o crecidas. En un espacio fluvial urbano, esta libertad de movimiento desaparecen, dando lugar a modificaciones en la morfología asociada a erosiones, sedimentaciones, encajamientos, etc., que tienen fuerte incidencia en la diversidad ecológica.

Estas modificaciones en la morfología crean degradaciones en los bordes fluviales, los cuales son corredores ambientales y al ser urbanos pasan a ser también los puntos de conexión entre el río y la ciudad, creando situaciones que derivan en la degradación del paisaje natural. Por ello, cuando

---

<sup>361</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

debemos elegir la vegetación a implantar en las intervenciones, es necesario saber elegir qué especies utilizar para determinados espacios de manera de no provocar gastos indebidos y producir impactos negativos en estas intervenciones. Las actuaciones en los bordes fluviales urbanos han de preservar o, en su caso, recuperar la naturalidad del entorno, por consiguiente es importante utilizar, siempre que sea posible, especies autóctonas.

La vegetación de ribera, es el elemento más visible del ecosistema fluvial, se caracteriza por desarrollarse con un nivel freático alto, sujeta a períodos de inundación, posee una gran flexibilidad para soportar los empujes generados por las corrientes del río, por las avenidas y por los procesos de erosión y sedimentación, es decir, los procesos fluviales. El problema que presenta con la expansión de los usos urbanos hasta el borde del río ha hecho desaparecer total o parcialmente la vegetación de ribera y los espacios en que se desarrolla.

Igual sucede con las llanuras de inundación, ellas sirven de área de expansión para la disipación de la energía del caudal, así como para su almacenamiento durante las avenidas, estas zonas se caracterizan por una gran fertilidad al estar constituidas por terrenos aportados por el río. Estas funciones se han reducido al mínimo por la ocupación de estos espacios, perjudicando los procesos de continuidad en el cauce.

La continuidad longitudinal, transversal y vertical en el cauce es básica para mantener la dinámica fluvial. Ya hemos comentado sobre la importancia de la continuidad longitudinal, la cual está asociada con la capacidad de desagüe y con la migración de una parte de la fauna acuática, es decir, cualquier obstáculo como presas, azudes, o tramos contaminados, rompen o alteran dicha continuidad, por lo cual deben ser cuidadosamente diseñados. Sin embargo, la continuidad transversal, es decir, la conexión entre el ecosistema acuático y el terrestre además del mantenimiento de las funciones del corredor ripario y de las llanuras de inundación, es menos conocida y, constantemente, obviada en muchos casos.

Dentro de este orden de ideas, cuando afrontamos un proyecto de restauración ecológica de un cauce, el objetivo principal debe ser mantener o

restaurar las condiciones naturales en los aspectos geomorfológicos y funcionales del río, además de los aspectos ecológicos y paisajísticos, de manera de reducir al mínimo las modificaciones al cauce y restituir los hábitats para garantizar la biodiversidad del sistema fluvial. Diferentes autores plantean sus objetivos de diferentes maneras pero bajo el mismo concepto:

*“...es preciso definir con claridad los objetivos específicos de toda restauración, y no tratar de establecer, en un escenario estático, las condiciones originales del ecosistema. Es preciso dotar al medio fluvial de las condiciones necesarias para que él mismo alcance y mantenga las condiciones dinámicas naturales. Resulta particularmente interesante conseguir, en este sentido, que el ecosistema restaurado tenga una capacidad de respuesta suficiente a las alteraciones periódicas naturales, que sirven en último término para mantener la integridad del ecosistema”.* (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>362</sup>.

*“El estudio del funcionamiento del ecosistema fluvial, junto con el análisis de las alteraciones, determinan los objetivos y los principios para la restauración. Objetivos y principios, a su vez, son un escalón necesario para vincular los conocimientos adquiridos con las técnicas concretas de bioingeniería para la restauración de los ríos y riberas”.* (Schmidt G. , 2002)<sup>363</sup>.

*“Hemos establecido que el objetivo de la restauración fluvial es restaurar el equilibrio dinámico de un curso de agua, y que ese equilibrio es en función de la relación estable que tienen los cursos de agua naturales entre sus anchos, profundidades, meandros cargas de sedimentos y descargas. Dado su comportamiento como una unidad, podemos utilizar las relaciones medibles entre estos parámetros para ayudar a reestructurar los cursos de agua dañados y volver entonces a un estado más estable de equilibrio dinámico. Esta estrategia puede*

---

<sup>362</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmadaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmadaleno_principiosrestauracion.pdf)

<sup>363</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

*minimizar los requerimientos de mantenimiento para un curso de agua, y por supuesto, es mucho menos perjudicial para el ecosistema". (Riley, 1998)<sup>364</sup>.*

Como hemos visto, son muchos los factores que intervienen en los procesos de restauración ecológica. Esto hace que la incertidumbre frecuentemente este presente. Al tratarse con sistemas que involucran alta fluctuación respecto de la obtención de resultados positivos, en la restauración de los distintos ecosistemas, puede al menos recurrirse a ciertos lineamientos, con fundamento y sentido científico. Sin olvidar nunca que la restauración ecológica requiere tratamiento caso por caso, por ser las variables tan distintas.

La restauración ecológica por ser una disciplina reciente, es un campo fértil para el desarrollo de puntos de vista más objetivos y para la propuesta de nuevos conceptos, modelos, métodos y técnicas. La sistematización de las experiencias previas y la publicación de sus resultados, proveerán mejores materiales para realizar análisis críticos que permitan evaluar la efectividad y permanencia logradas.

La formulación de lineamientos para el manejo de proyectos de bordes fluviales urbanos con criterio paisajístico busca contribuir al logro de diseños más coherentes con el medio natural mediante la utilización de materiales naturales. De ser necesario la utilización de estructuras convencionales para solucionar algún problema de inestabilidad, se debe lograr la combinación de estos con materiales naturales y material vegetal vivo que permita desarrollarse y con el tiempo lograr disimular dicha estructura en el paisaje fluvial.

### **Proyectos de Manejo de Bordes Fluviales Urbanos.**

El proceso de diseño está basado en un continuo cambio de la información, refinando el diseño hasta que todas las piezas trabajen juntas eficientemente y funcionando como un todo. Son varios pasos y definiciones de productos en el proceso de diseño del paisaje. El diseño inicial del proyecto, es sin lugar a dudas, la etapa más importante y decisiva, ya que de su buen

---

<sup>364</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 152.

planteamiento, va a depender el lograr con éxito la restauración de cualquier ecosistema. Una planificación detallada en un proyecto de restauración en bordes fluviales urbanos, requiere de un perfecto conocimiento del medio y todos los factores que interactúan en él, tales como, los físicos, biológicos, químicos, sociales, y usos de la tierra; además de su funcionamiento e interacción con los ecosistemas adyacentes, así como también de las condiciones reinantes tales como, tendencias históricas, actividades desarrolladas, identificación de impactos, condiciones climáticas, gestión tradicional de los recursos que contribuyó a la configuración del paisaje, etc.

Son unas estimaciones de necesidades y restricciones, un análisis de las condiciones existentes del territorio, el desarrollo de un análisis de sitio, la planificación de las siembras, elaboración de planos desarrollando detalles y especificaciones del sitio. Una vez completada la información del diseño en los planos, el contratista ya puede implementarlos. Estas intervenciones en los sistemas fluviales en busca de la mejora ambiental y en su restauración ecológica deben ser presentadas a las autoridades formalmente en documentos donde se describan las condiciones presentes, se expliquen los objetivos trazados y las intervenciones proyectadas en detalle, justificándolas como los procedimientos más adecuados para alcanzar los objetivos propuestos.

Esta presentación de la información se efectuará como un tradicional proyecto para construcción donde los documentos a entregar estarán expresados en Planos para construcción, Memoria Descriptiva, Especificaciones y Cómputos Métricos que serán utilizados posteriormente para la licitación, construcción y el control de obra. Estos documentos son importantes no solo para la presentación del proyecto y para dejar constancia de los cambios del sistema fluvial en su mejora y restauración ecológica sino también para posteriormente evaluar los resultados obtenidos con las intervenciones, e interpretar las respuestas que ofrece el río a través del tiempo. Luego de concluida la construcción y ordenado el ambiente existente, monitoreando las respuestas del sistema fluvial y examinando los

requerimientos de mantenimiento, se puede determinar si el diseño ha sido acertado.

La filosofía que inspira a los proyectos en el área ambiental son muy distintos a la de los proyectos de construcción tradicional, porque está condicionado a otros principios, es decir, la restauración ecológica de los ríos y sus bordes está condicionada por la Naturaleza, si se quiere es ella la que decide y diseña, el papel de nosotros los profesionales es...

*“...hacer posible que este diseño de <<lo natural>> se logre, y para ello su trabajo consistirá en conseguir que el río disponga de <<agua>> en cantidad y calidad, y de <<espacio>> para el desarrollo de procesos geomorfológicos, con los que pueda reconstruir a lo largo del <<tiempo>>, su estructura y funcionamiento dinámico”. (González & García, 2007)<sup>365</sup>.*

En resumidas cuentas, la restauración ecológica implica un proceso de recuperación de lo natural. Con las intervenciones construidas no podemos hablar sobre “obra terminada”, porque es apenas el inicio o la aceleración de los mecanismos que van a generar los procesos de recuperación del sistema fluvial, los cuales nunca terminan porque los ríos y sus riberas siguen evolucionando en el tiempo a pesar de las intervenciones efectuadas, es por ello que dicha evolución debe estar contemplada en el proyecto.

En los proyectos de construcción tradicionales, el proyectista puede prever el comportamiento de cada parte del objeto y del conjunto proyectado, sucede pues, que en los proyectos de las intervenciones al sistema fluvial existe incertidumbre y expectativas en cuanto a la respuesta que puede dar el río por las modificaciones de las condiciones físicas y biológicas. Esto se explica por ser un sistema dinámico, y en una variabilidad en el tiempo de su condición inicial, especialmente el material vegetal vivo.

*“Estas razones obligan a realizar una tarea de seguimiento de los proyectos realizados que sirva no solo para verificar que se van cumpliendo la evolución y los objetos previstos, sino también para mejorar*

---

<sup>365</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 281.

*la información disponible que pueda ser útil para diseño de intervenciones posteriores*". (González & García, 2007)<sup>366</sup>.

La restauración de Bordes Fluviales Urbanos debe ser un proceso abierto que involucre a todos los sectores que vayan a resultar afectados por el proyecto, en el deben participar comunidades locales y autoridades competentes. Debe promoverse la participación plena en el proyecto de restauración, desde sus primeras etapas hasta su seguimiento a largo plazo, incluida la etapa de ejecución. Contar con el apoyo de la comunidad local, en muchos casos puede suponer un factor clave que determine el éxito o fracaso del proyecto de restauración. La colaboración con los implicados directos y con las organizaciones potencialmente afectadas por el proyecto puede ayudar a conseguir el apoyo necesario para promover la restauración y la protección del área restaurada a largo plazo.

Por todas estas razones, el proyecto de restauración no estará completo si no se contemplan en su planificación, medidas para promover la concientización en el área ambiental e influir en los comportamientos y prácticas que provocaron la degradación del ecosistema fluvial. Realizar campañas de concientización para reducir al mínimo el impacto de las actividades que originan la degradación de los sistemas fluviales, constituyen un mecanismo adicional para hacer partícipes del proyecto de restauración a propietarios de tierras, usuarios de los recursos y comunidades adyacentes a fin de lograr que tengan en cuenta las causas y los efectos de la degradación.

La divulgación del desarrollo de un proyecto de restauración y de los resultados obtenidos, debe ser contemplada como un aspecto muy importante en la planificación del proyecto. De manera que pueda servir de ejemplo para la participación continua de los interesados directos y la formulación de nuevos proyectos y programas.

La autora Ann Riley en su obra *"Restoring Streams in Cities. A guide planners, Policy Makers, and Citizens"* (Riley, 1998)<sup>367</sup>, proporciona una lista de

---

<sup>366</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Op. Cit.pp. 281.

incentivos para despertar el interés de la comunidad en los proyectos de restauración de ríos y quebradas:

- *Reduce los daños de inundaciones.*
- *Reduce los daños de la erosión de las orillas.*
- *Preserva o restaura los recursos históricos o culturales.*
- *Alienta el retorno de aves y otras especies silvestres en refugios urbanos.*
- *Desarrolla pistas para peatones y bicicletas.*
- *Aumenta la calidad de vida ambiental en el vecindario y la ciudad.*
- *Restaura la identidad local o regional.*
- *Provee un cinturón verde, espacios abiertos y parques.*
- *Crea lugares para navegación y otras oportunidades recreativas.*
- *Crea interesantes oportunidades educacionales para las escuelas.*
- *Retorna o mejora la pesca recreativa o comercial.*
- *Revive la economía de la ciudad.*
- *Crea puestos de trabajo significativos y proporciona su capacitación.*
- *Incrementa el valor de la propiedad.*
- *Corrige los problemas de rendimiento y revierte los daños causados por los pequeños o grandes o proyectos de ingeniería tradicional.*
- *Retorna la vida pública y comercial a los bordes fluviales urbanos.*

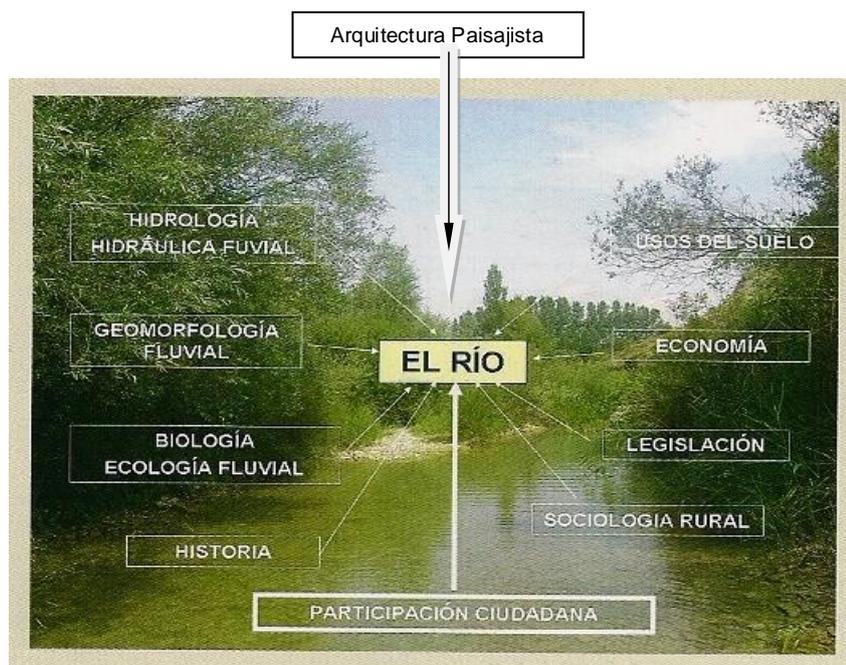
Para iniciar la fase de consultoría técnica en la cual se van a organizar los trabajos correspondientes para la elaboración de los documentos técnicos del proyecto de restauración, debe crearse un equipo multidisciplinario con profesionales especializados en ríos que posean conocimientos y experiencias en la valorización y estudios de las condiciones hidrológicas, geomorfológicas y biológicas de los sistemas fluviales, así como también en las áreas de hidráulica fluvial, ingeniería civil y en el diseño del paisajismo, por lo cual es importante el tema de este trabajo de investigación para garantizar que estas obras se integren coherentemente con el paisaje fluvial intervenido. Este

---

<sup>367</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens.* Washington D.C.: Island Press.p 22.

equipo debe ser multidisciplinario porque estamos abarcando una serie de acciones sobre un sistema natural...

*“...donde los aspectos físicos se interrelacionan con los biológicos; existe una componente histórica, socio-económica y cultural que explica la situación actual; y en que el diseño de las actuaciones propuestas debe atender a los procesos hidrológicos, y geomorfológicos que rigen su dinámica natural...”* (González & García, 2007)<sup>368</sup>.



Disciplinas que intervienen en un proyecto de restauración de bordes fluviales urbanos.

Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007). Modificado.

Este equipo multidisciplinario abarcará un ámbito teórico-práctico mucho más amplio que los equipos que anteriormente trabajaban las obras hidráulicas tradicionales, además de que pueden ser capaces de...

*“...abordar los problemas de los ríos con esta visión holística e integrada de las interrelaciones río y cuenca; actividades humanas y respuesta del sistema fluvial; modelos de desarrollo socio-económico y estado ecológico de los cauces, riberas y llanuras de inundación; y, finalmente, nivel cultural de los pueblos y percepción de los valores*

<sup>368</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. P. 287

*ambientales de los ríos y voluntad de su restauración y conservación”.*  
(González & García, 2007)<sup>369</sup>.

La intervención sobre las riberas y márgenes de los ríos se enfrenta a un problema de disipación de energía de gran envergadura. El elemento estructural a proyectar debe tener una resistencia suficiente, el cual debe estar ajustado al potencial erosivo del río en ese punto. Sin embargo, los elementos excesivamente duros serán ajenos al medio en su estado original y difícilmente se integrarán al paisaje, es por ello la necesidad de incluir en estos proyectos el uso de la vegetación para ayudar a su integración con el paisaje fluvial, para evitar que el impacto paisajístico se convierta en un foco de degradación de la ribera.

*“El desafío de una restauración fluvial urbana es desarrollar el conocimiento de la dinámica de los arroyos, utilizar lo que se ha estudiado sobre flujos naturales y urbanos y, a continuación, aplicar esa información lo mejor que puede”.* (Riley, 1998)<sup>370</sup>.

Los proyectos para las intervenciones en los bordes fluviales urbanos deben respetar una serie de factores que las condicionan:

1. El espacio fluvial disponible: Es frecuente que la presión especulativa sobre la ribera limite su dimensión natural.

2. La composición geológica: Es necesario efectuar un estudio geotécnico de los márgenes para conocer las verdaderas necesidades de refuerzo estructural.

Es importante el uso de materiales de la zona lo cual abarata los costos de la intervención

3. El entorno ribereño: Para conseguir soluciones estables e integradas al paisaje es recomendable el uso de las especies vegetales presentes en las

---

<sup>369</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 287.

<sup>370</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press. p 154.

zonas, es decir, autóctonas, siempre que sean compatibles con los objetivos de proyecto, en la búsqueda por respetar las secciones transversales naturales.

4. El estudio hidráulico del curso de agua: La elección adecuada del tipo de protección a utilizar depende del potencial erosivo del río, que a su vez depende de la velocidad en avenidas y del perfil longitudinal en planta.

La parte interior de los meandros no es erosiva, ya que es el área de depósito de sedimentos; los riesgos son máximos en los giros de mayor curvatura.

*“Una buena manera de organizar tus pensamientos sobre un proyecto de restauración fluvial es primero tratar de determinar si el curso de agua está en el comienzo, en el medio o en el final de ciclos de mayores ajustes urbanos. Algo Irónicamente, puede ser más fácil diseñar un proyecto en un área urbana vieja que una completamente urbanizada, si hay ancho de corredor fluvial razonable para trabajar”. (Riley, 1998)<sup>371</sup>.*

En el proyecto de restauración de bordes fluviales urbanos, dado su carácter multidisciplinario deben participar profesionales de distintas disciplinas para la elaboración de los documentos técnicos a entregar, y para la elaboración de este proyecto se pueden identificar seis fases a saber,

1. **Estudios preliminares**, donde se plantean los objetivos luego de la selección del tramo, se valoriza la problemática de forma general y se define la imagen del río que se quiere.
2. **Análisis del sitio o Diagnóstico**, donde se caracteriza la situación actual del tramo a intervenir, siguiendo los parámetros físicos, biológicos y socio-económicos, dentro del contexto legal vigente.
3. **Planificación del sitio**, se refiere a la preparación de los documentos técnicos a fin de preparar los presupuestos para la ejecución de los trabajos de restauración.

---

<sup>371</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press. p 154.

4. **Ejecución**, es el llevar a cabo los trabajos indicados en los documentos técnicos para la restauración.
5. **Mantenimiento**, se refiere a las actividades que deben efectuarse luego de la ejecución de los trabajos de restauración, para velar por el cumplimiento de los objetivos trazados.
6. **Seguimiento**, se refiere a la valuación que deben efectuarse luego de un seguimiento de los resultados obtenidos por los trabajos de restauración, para verificar el cumplimiento de los objetivos trazados.

En la elaboración de los proyectos de restauración ecológica se deben efectuar una serie de actividades fundamentales para su desarrollo. Efectuando una reinterpretación de la metodología efectuada por los autores Marta González del Tánago y Diego García de Jalón, como etapa inicial nos podemos referir a las dos primeras fases, los estudios preliminares y el diagnóstico o análisis de sitio, en los cuales se selecciona el tramo a intervenir con la definición de los objetivos, se caracteriza el río y se efectúa la descripción de los trabajos a efectuar pero a nivel general; en esta etapa deben participar todos los sectores implicados en el proyecto, tales como autoridades, proyectistas, ciudadanos, etc. lo que sugiere la inversión de mucho tiempo de manera de poder llegar a acuerdos. En la tercera etapa, nos referimos al planeamiento del proyecto, donde solo intervienen los proyectistas porque es el desarrollo del proyecto en sí compuesto por todos los documentos técnicos detallados de todas las intervenciones que se proponen efectuar. Al concluir esta etapa se deben explicar el proyecto a todos los sectores implicados, tales como autoridades y ciudadanos.

La cuarta etapa se refiere a la ejecución de la obra reflejada en los documentos técnicos elaborados, estos deben llevarse a cabo según las condiciones hidrológicas y ecológicas de cada tramo, condicionando la puesta en marcha de las obras. Una vez concluida la construcción de las intervenciones se da inicio a la quinta etapa, ésta se refiere al mantenimiento de la obra ejecutada hasta que su evolución asegure su persistencia. Para

finalizar, se requiere de una sexta etapa porque es necesario hacerle un seguimiento a la respuesta del sistema fluvial a las intervenciones ejecutadas; en esta fase deben incluirse los análisis del estado del río después de las obras efectuadas, que permitan evaluar su eficacia en relación a los objetivos trazados.

### 1. Estudios preliminares.

Habíamos comentado que en los estudios preliminares de un Proyecto de Restauración, debemos iniciar con la selección del tramo a intervenir para luego trazar los objetivos de su restauración, al analizar su problemática en forma general, y luego de todo lo anteriormente visualizado y analizado podremos tener una imagen preliminar del río que se quiere lograr luego de las intervenciones que se propondrán.

Como primera fase de los estudios preliminares tenemos la selección del tramo a restaurar, la cual presenta la dificultad de priorizar actuaciones y el encontrar las áreas a intervenir donde confluyan los intereses para la restauración y no se provoquen conflictos entre los actores implicados.

El tramo del río a restaurar, en ocasiones está determinado por motivos externos al propio río, tales como, estar generando problemas en alguna infraestructura, estar ubicado cerca de algún centro urbano, etc. Por ello es muy importante que exista un interés común y posteriormente un acuerdo entre la población local y las administraciones afectadas, por ser la participación ciudadana, el apoyo que ofrecen los grupos y asociaciones de vecinos, ribereños, usuarios del río, etc., los que le darán la fuerza para que el proyecto se realice. En este sentido, por el dinamismo de los ONG'S en los Estados Unidos y en algunos países de Europa como Dinamarca, Alemania, Inglaterra han obtenido buenos resultados en la promoción de ciertos trabajos de restauración de ríos y quebradas y han animado a las administraciones locales a ejecutar dichos proyectos. Entre ellos podemos destacar el proyecto efectuado en el río Skerne en Inglaterra, promocionado por la comunidad de vecinos del entorno del tramo restaurado.

Podemos destacar el papel de las ONG en la promoción de restauraciones fluviales en España, "...sobre todo de AEMS-Ríos con Vida que

ha puesto en práctica un total de 15 actuaciones (3 actuaciones con otras asociaciones), habiendo otras ejecuciones por parte de WWF/Adena (El Encín), Ecologistas en Acción-Calahorra y APC (Alòs de Balaguer). Hemos incluido también la restauración ejecutada por los vecinos de Santa Coloma de Curueño en 1994". (Schmidt G. , 2002)<sup>372</sup>.

González del Tánago, Marta García de Jalón, Diego, en su libro *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*, ofrecen una serie de recomendaciones para la toma de decisiones en la selección de los tramos a intervenir y para priorizar las intervenciones en los ríos:

1. La principal actuación serán las asociadas con la *conservación* de los tramos que presenten en la actualidad un mejor estado ecológico.
2. Luego se adoptarán medidas de *protección* a los tramos que aún se encuentren en buen estado pero presentan alguna amenaza de o riesgo de degradación.
3. Luego de garantizar que los tramos anteriores ya han sido conservados y protegidos, procedemos a la *restauración* de los tramos que presenten alguna alteración, siguiendo algunos criterios para priorizar la intervención:
  - *Interés de las poblaciones locales, administraciones y agentes sociales en el tramo de proyecto y grado de implicación en su desarrollo.*
  - *Interés del tramo fluvial debido a su peculiaridad ecológica, estar incluido en un espacio protegido, a la facilidad de su restauración, etc.*
  - *Interés del tramo debido a su posible uso recreativo.*
  - *Importancia del proyecto por su relación con otros proyectos asociados de interés público.*

---

<sup>372</sup> Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

Si hablamos en términos económicos, todo lo anterior está asociado a una gran inversión del Estado, pero la rentabilidad en términos ecológicos y sociales es aún mayor, además “...prevenir la degradación siempre será mucho más barato que remediarla, una vez que se haya producido, y que lo más barato a corto plazo puede resultar lo más costoso a medio o largo plazo...”. (González & García, 2007)<sup>373</sup>. Podríamos resumir a continuación que la medida más urgente en la restauración de un tramo del cauce es la prevención de las degradaciones, para evitar todo el deterioro asociado en los ecosistemas fluviales.

Luego de haber seleccionado los tramos a restaurar se debe efectuar una valoración muy general de las características de la afectación, con el fin de definir los objetivos que nos conducirán a precisar el contenido y el alcance de las intervenciones. Aunque en ocasiones se puede dar el caso de precisar los objetivos antes de seleccionar el tramo a intervenir, como podría ocurrir en la ciudad de Caracas si las autoridades deciden restaurar las quebradas que son afluentes del río Guaire las cuales están canalizadas y/o embauladas, como un primer paso a la restauración del mismo río Guaire.

La elaboración de los objetivos de los proyectos de restauración deben efectuarse a través de un proceso participativo donde estén involucradas las personas interesadas en el tema, tanto en la sociedad civil como las autoridades, lo cual sirve para la orientación de las autoridades y de los técnicos sobre las actuaciones más razonables a ejecutar de acuerdo a los intereses de la población afectada. Igualmente las autoridades pueden conocer la percepción que la población tiene de sus problemas. Los proyectistas, las autoridades competentes y la comunidad determinarán las necesidades y las restricciones del diseño, las cuales son necesarias para el éxito del proyecto. Adicional a los objetivos ecológicos, la normativa legal va acompañar los proyectos de restauración de bordes fluviales urbanos. Los proyectistas son los responsables por dirigir la seguridad, salud y el bienestar de todos los usuarios participantes del área diseñada.

---

<sup>373</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 284.

Al hablar de seguridad en un proyecto de restauración de bordes fluviales urbanos podemos incluir la consideración del régimen de caudales, el control de la erosión, estabilización de las orillas y la seguridad de los peatones que transitarán en ella. Otras consideraciones asociadas a la seguridad:

- El tamaño apropiado del canal es un aspecto importante para la reducción del flujo del agua.
- Los problemas de erosión necesitan ser identificados, de esa manera permitirá diseñar soluciones a ser desarrolladas.
- La estabilización de las márgenes será necesario que genere un ambiente saludable.
- Todas las áreas públicas recreacionales y sus instalaciones necesitan tener buena accesibilidad y cumplir con las normas de seguridad para personas discapacitadas. Esto incluye caminerías y senderos, áreas de picnic, estacionamientos y otras comodidades, utilizando señalizaciones dentro del proyecto. Las señalizaciones, iluminación y cercas o barandas apropiadas también serán necesarias para garantizar la seguridad de los visitantes.

*“Canales demasiado amplios y lateralmente inestables pueden restaurarse bajo una condición de equilibrio, devolviendo el canal a una proporción menor de ancho-profundidad. Una proporción ancho-profundidad que podría fomentar un estado de equilibrio que puede determinar lo que la relación era antes de que la quebrada fuese desestabilizada o comparando el sitio con otros tipos de canales similares compuestos de sedimentos similares. Una proporción ancho-profundidad corregida puede ayudar a producir la energía que la quebrada necesita para transportar la carga de sedimentos. La inestabilidad lateral puede ser corregida con controles de erosión de orillas tales como entramados de ramas y entramados de troncos de árbol, estacas de troncos con raíces o*

*por otro medio vegetativo que limite al canal, descargue los sedimentos y ayude a establecerse a una nueva vegetación". (Riley, 1998)<sup>374</sup>.*

*"La consideración en el régimen de caudales del conjunto de variables del sistema fluvial debe ser, por ello, el primer paso en la consecución de actuaciones encaminadas a devolver al río su estructura y funciones naturales". (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>375</sup>.*

Las consideraciones en salud se refieren a la calidad del agua y el incremento de la salud ambiental del contexto al tramo a restaurar. La identificación de problemas ambientales peligrosos, tóxicos o radiactivos es importante, de allí pues, que deben realizarse pruebas y análisis de agua si el sitio está localizado cerca de una vieja trama urbana o si está impactada por usos de la tierra adyacentes. Algunas plantas pueden ser seleccionadas para ayudar en la remediación de un área y favorecer en la calidad del agua.

La diversidad de vegetación dentro del sistema fluvial mejorará el ambiente y permitirá que una mayor cantidad de fauna silvestre utilice el área. Esta diversidad vegetal está representada por las barreras vegetales o "buffer strips", corredores verdes y son los ecosistemas que incrementaran las funciones ecológicas.

El bienestar del público también es considerado en la búsqueda de oportunidades para proveer diversas actividades recreacionales, en la escogencia de los puntos focales y en la valorización de los usos de la tierra adyacentes. A lo largo del corredor puede ser ubicada diversas formas de actividades recreacionales pasivas y activas. Los ríos, quebradas, bordes y sus corredores asociados pueden proveer vistas dentro del área y ofrecer un corte visual de los alrededores de la trama urbana, al ser un elemento de transición entre el río y la ciudad. La valorización de las propiedades adyacentes se

---

<sup>374</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 355-356.

<sup>375</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

incrementará debido a las mejoras generadas por los proyectos de restauración de ríos y quebradas, al dejar de ser los espacios residuales de la ciudad.

Una vez seleccionado el tramo a intervenir se pretende conocer el diagnóstico de la problemática de manera general y para ello debemos efectuar una valoración de los problemas que presenta el tramo afectado por las degradaciones. Este diagnóstico debe ser efectuado por un personal técnico especializado en áreas asociadas al río y su funcionamiento, quienes deben tomar en consideración los índices de referencia para valorar su funcionamiento y estado actual, para luego analizar cómo debería ser. Posteriormente estos resultados alcanzados en el análisis de los problemas que presenta el tramo afectado, deben explicarse a la sociedad civil y a los entes implicados en el proyecto, con el fin de poder llegar a un acuerdo en relación a la finalidad del proyecto y en el procedimiento propuesto.

<b>CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO FLUVIAL PARA VALORACIÓN AMBIENTAL</b>	
<b>Condiciones hidrológicas</b>	1- Régimen de caudales circulantes (período de dos años representativo). 2- Infraestructuras existentes de regulación y gestión de caudales. 3- Continuidad fluvial. 4- Niveles freáticos y régimen de humedad edáfica. 5- Calidad de aguas (parámetros generales de calidad).
<b>Condiciones geomorfológicas</b>	1- Morfología actual del cauce. Trazado en planta, perfil longitudinal y secciones transversales (fotografías aéreas recientes y trabajo de campo) 2- Movilidad y dinámica fluvial. Estado de las orillas. 3- Estructura del sustrato y diversidad del habitat. 4- Infraestructuras existentes de canalización o alteración morfológica. 5- Documentación sobre dragados o extracciones de gravas pasadas o presentes. 6- Síntomas de inestabilidad del cauce como procesos de incisión y su evolución. 7- Documentación acerca de inundaciones históricas, y cartografías de zonas inundables para diferentes períodos de retorno (simulación hidráulica).
<b>Estado de riberas y de llanuras de inundación</b>	1- Continuidad del corredor de vegetación riparia y dimensiones que ocupa. 2- Composición y estructura de la vegetación riparia existente. 3- Regeneración natural de la vegetación riparia. 4- Conectividad lateral y frecuencia de inundación (reconocimiento de campo, testimonios y datos registrados). 5- Permeabilidad de los suelos riparios y grado de alteración del sustrato y relieve. 6- Usos y ocupaciones de las riberas. Actividades recreativas. 7- Presencia de tuberías, conductos, colectores, etc., en el espacio fluvial.

Caracterización del tramo fluvial

Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007). Reinterpretación del autor

<b>CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA VERTIENTE PARA VALORACIÓN AMBIENTAL</b>	
<b>Usos del suelo y actividades económicas</b>	1- Principales usos del suelo en el área de influencias del tramo de proyecto y conectividad hidrológica con el cauce.
	2- Densidades de población y evolución en las últimas décadas.
	3- Usos del agua y demandas previstas.
	4- Planes de ordenamiento urbano o planes regionales que puedan afectar al tramo del río en estudio.
	5- Infraestructuras existentes o en proyecto que incidan en el corredor fluvial.
<b>Datos varios necesarios</b>	1- Situación del tramo de estudio en espacios protegidos o de especial interés.
	2- Atributos del tramo con valor científico, biogeográfico, social, etc.
	3- Patrimonio cultural, histórico o de interés para la conservación del paisaje fluvial tradicional.
	4- Localización próxima a grandes ciudades, vías de comunicación, industrias, etc.
	5- Usos y costumbres tradicionales en el río y su entorno.
	6- Otros datos que complementen la caracterización de la cuenca vertiente.

#### Caracterización de la cuenca vertiente

Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007). Reinterpretación del autor.

Con los objetivos trazados y la valorización de la problemática, ya tenemos una idea del tipo de río que se desea. En ocasiones no se podrá alcanzar el objetivo de tener el río lo más natural posible por la necesidad de mantener algunos usos en las riberas, por lo cual debe llegarse a una solución intermedia “...entre lo que sería natural y lo que es actual...” (González & García, 2007)<sup>376</sup>, tratando de buscar la compatibilidad entre las intervenciones efectuadas con el uso del suelo actual. Pudiéndose asumir el proyecto en diferentes etapas, corto, mediano y largo plazo.

Esta idea resultante de cómo queremos que el río o quebrada a restaurar quede luego de las intervenciones efectuadas es lo que en el medio denominan *imagen objetivo del proyecto*, lo cual se refiere a lo que los proyectistas quieren lograr en cuanto a la estructura y el funcionamiento del tramo fluvial a restaurar. Igualmente es la que establece las bases del proyecto, y es la información que debe quedar reflejada en todos los documentos técnicos necesarios para formalizar el proyecto de restauración.

<sup>376</sup>González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 286.

## 2. Análisis de sitio o diagnóstico del tramo de proyecto.

Para poder elaborar el proyecto de restauración del tramo ya seleccionado debemos conocer la situación actual del río y así elaborar un diagnóstico de su problemática, para ello es necesario caracterizar la situación actual del tramo a intervenir, tomando en consideración los parámetros físicos y biológicos que lo condicionan, así como también las condiciones socio-económicas del contexto donde está ubicado el tramo a intervenir, tomando en consideración el contexto legal vigente, es decir, un análisis completo del sitio donde está ubicado el tramo del río que se desea intervenir.

*“En lugar de acercarse a un proyecto fluvial como una reparación de márgenes de río o el proyecto de control de inundaciones, en su lugar diagnosticar la causa del desequilibrio de la cuenca vertiente y prescribir un remedio para devolver el equilibrio. Probablemente, los dos síntomas más comunes de la inestabilidad en el manejo fluvial se observará en las áreas urbanas, son la degradación en lechos; y el canal aggrading, que se caracteriza por un flujo sin la secuencia de pozas y rápidos y cauce superficial, amplia con un fondo limosos”. (Riley, 1998)<sup>377</sup>.*

Una revisión completa del análisis de sitio es esencial además de la posibilidad de poder ahorrar tiempo y dinero. En ella debería estar incluida la vegetación existente, la forma del terreno, suelo, hidrología, vistas, rutas de migración de la fauna silvestre, sistemas de transporte a lo largo de los corredores y todas las estructuras ubicadas a ambos lados del río y adyacentes a los corredores fluviales, todos ellos deben ser documentados y graficados. Otros aspectos a ser considerados son los climáticos. Tales como, radiación solar, precipitaciones, vientos y condiciones microclimáticas.

Cada tramo a intervenir posee sus características físicas y biológicas propias las cuales se desarrollan en un contexto socio-económico, y deben ser analizadas además de reflejadas en los documentos técnicos a entregar, en este caso la Memoria Descriptiva. Esta descripción debe ser reflejada lo más completa posible enfatizando sus condiciones físicas y ecológicas actuales

---

<sup>377</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 355.

tanto del cauce como de las riberas, así como también los aspectos socio-económicos que permitirán predecir su uso y valorización por las poblaciones adyacentes.

### **Parámetros físico y biológico.**

Es importante la consideración de las variables hidromorfológicas del río en el proceso de diseño para las intervenciones en restauraciones fluviales. Estos estudios se iniciarían, *“...con la realización de una Evaluación Fluvial, el equivalente geomorfológico a una evaluación de un proyecto para contrastar que se esté utilizando una aproximación sostenible desde un punto de vista geomorfológico”*. (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>378</sup>. De ser necesarias evaluaciones aún más detalladas, especialmente las relacionadas con los procesos morfológicos y con las modificaciones producidas en los cauces, tales como, el establecimiento del riesgo de erosión de las riberas, se podrán aplicar diversas técnicas que permitan efectuar una Evaluación de la Dinámica Geomorfológica. Esta evaluación consiste en *“... un análisis cuantitativo de los problemas específicos existentes en un río”*. (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>379</sup>.

### **Ubicación y caracterización del tramo de proyecto.**

En el contexto físico del tramo a intervenir debe describirse su ubicación en el río y este a su vez relacionado con su cuenca vertiente, referido a la región biogeográfica a la cual pertenece, sus características geológicas, el tamaño de su cuenca, su vegetación y la evolución de los usos del suelo de la zona en cuestión.

En los proyectos de restauración fluvial se debe efectuar la planificación

*“...a escala de cuenca, de la que emanen medidas más específicas que tengan en cuenta las condiciones concretas del tramo que es objeto de la actuación. La estabilización local de determinados tramos, que no tenga en cuenta el funcionamiento integrado del sistema, solamente*

---

<sup>378</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

<sup>379</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Op. Cit.

*desencadenará un incremento de los problemas en los tramos limítrofes, y proporcionará una escasa protección al tramo restaurado, cuya defensa natural es el mantenimiento de sus procesos dinámicos”.* (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>380</sup>.

PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FÍSICO-BIOLÓGICO Y SOCIAL DEL TRAMO FLUVIAL	
<b>Contexto físico-biológico del tramo fluvial</b>	1- El río y su cuenca vertiente (región biogeográfica, geología, tamaño, cubierta vegetal, usos del suelo, etc.
	2- Régimen de caudales: condiciones naturales y régimen actual.
	3- Calidad del agua.
	4- Morfología fluvial: tipo de valle y morfología del cauce en el tramo.
	5- Estado de las riberas y llanura de inundación. Comunidades biológicas.
	6- Estado del cauce: diversidad de hábitat físicos y comunidades biológicas.
<b>Contexto social</b>	1- Censo de población: reseña histórica y evolución prevista.
	2- Actividades socio-económicas del tramo en su cuenca vertiente.
	3- Otros aspectos de valoración como históricos, culturales, ecológicos, etc.

Parámetros a considerar en el contexto del tramo a intervenir

Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007). Reinterpretación del autor.

Las técnicas empleadas en el proyecto de restauración fluvial “...*deben favorecer la dinámica natural del río...*” (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>381</sup>, y no es aconsejable el uso de todas las técnicas en el proyecto, dado que su utilización indiscriminada suele demostrar un desconocimiento del funcionamiento ecológico del mismo.

### **Régimen de caudales.**

Analizando los registros históricos disponibles en los Organismos competentes, podemos obtener las características del régimen de caudales circulante por el tramo a intervenir, de esos datos podremos precisar la “...*magnitud, duración, frecuencia y predictibilidad de sus valores medios y*

<sup>380</sup>Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

<sup>381</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Op. Cit.

*extremos (avenidas y estiajes)...”* (González & García, 2007)<sup>382</sup>. Al comparar estos datos con los del régimen actual podemos valorar sus diferencias en el tiempo y si el caudal está controlado se notarán las modificaciones de los datos.

La hidrología y las condiciones existentes del corredor fluvial pueden ser estimadas. Ellas ejercen una gran influencia en la comunidad riparia, afecta a los organismos acuáticos e influye en la estabilidad de las obras fluviales construidas.

### **Calidad de las aguas.**

La calidad de las aguas es un punto importantísimo a analizar, su análisis físico-químico debe relacionarse con el régimen de caudales, los usos del suelo en las riberas, la presencia de desagües de aguas servidas de algún centro urbano, industrias, infraestructuras de transporte, plantas de tratamiento o depuración de aguas, etc. La calidad del agua, la turbiedad, la temperatura y el sustrato pueden afectar la disolución de los niveles de oxígeno. Los niveles de agua, las pendientes y la velocidad de las diversas descargas, con su frecuencia, duración regulación del tiempo y la tasa de cambio de las descargas son elementos determinantes de la forma y las comunidades riparias. Cuantificar estas características contribuye al éxito de los procesos de restauración, para la salud de los organismos y comunidades acuáticas.

### **Condiciones climáticas.**

También deben considerarse aspectos climáticos tales como la precipitación, teniendo como base de comparación la región. Períodos de fuertes precipitaciones pueden magnificar los problemas de la superficie del suelo resultando áreas con agua estancada no deseados. La dirección de los vientos predominantes difiere con la región, la temporada y la hora del día. Todos estos factores interactúan para crear microclimas, y un caso aislado puede concentrar diversas consideraciones de estas condiciones en otra área del paisaje. La mayoría de los proyectistas consideran estas variaciones en

---

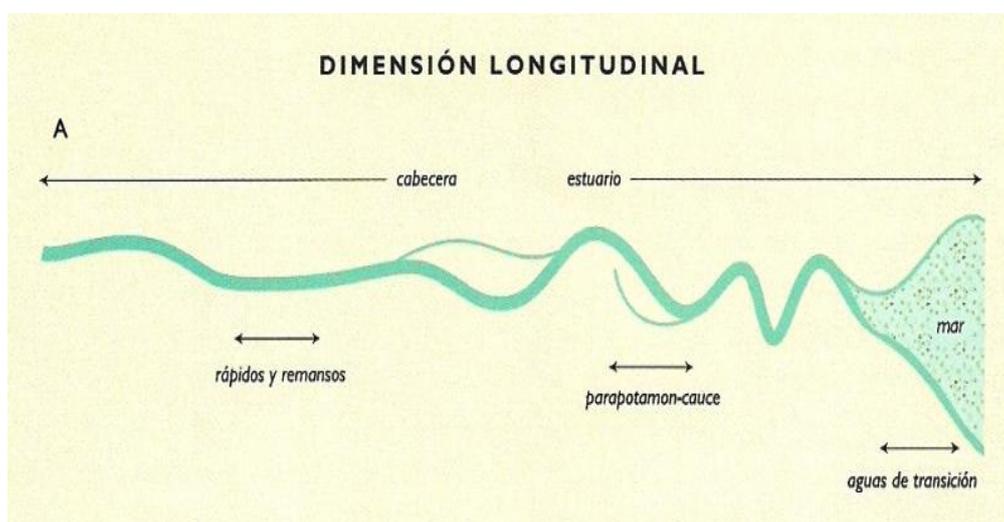
<sup>382</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 289.

orden para ajustar con precisión la planificación del paisaje y la selección de vegetación.

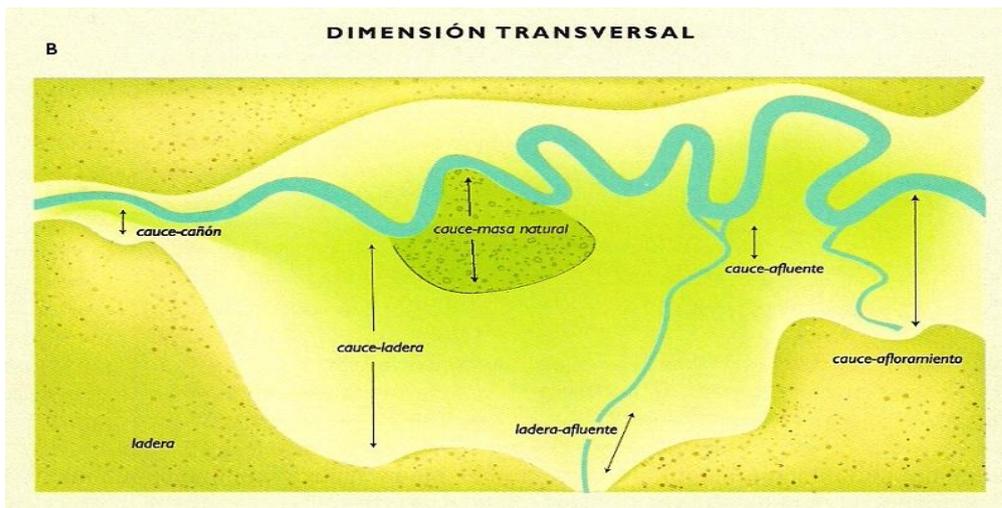
### Características geomorfológicas.

Para analizar un tramo desde el punto de vista geomorfológico, se debe conocer el proceso físico que maneja el sistema iniciando con el análisis del perfil longitudinal del tramo y su relación con el perfil longitudinal de todo el río; el trazado en planta y su evolución en el tiempo, sobre todo en las últimas décadas; y la configuración de las secciones transversales analizadas en campo a lo largo del tramo fluvial, para luego evaluar sus variables principales y sus relaciones, tales como, pendientes, ancho a cauce lleno, sinuosidad gastos cauce de avenidas, pozas, rápidos, vegetación de orillas, etc.

Estos análisis nos ayudan a interpretar los procesos de erosión y sedimentación que ocurren en el cauce, los cuales están asociados a la energía hidráulica de la corriente en función de su pendiente longitudinal.



Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007).



Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007).

Al superponer fotografías aéreas de distintas fechas, debidamente georeferenciadas, podemos analizar la evolución del trazado en planta del tramo y del cauce, además de analizar las ocupaciones en las riberas y llanuras de inundación a lo largo del cauce. Igualmente nos lleva a entender algunos problemas asociados a encharcamientos o inundaciones, a zonas con erosión o sedimentación, procesos de incisión de cauces y otros.

*“Las fotografías aéreas y los planos topográficos son herramientas esenciales para los proyectos de restauraciones fluviales. Mapas topográficos, fotos históricas, y viejos croquis de mapas, pueden proveer información sobre como las cuencas vertientes y los cursos fluviales eran antes de los impactos del urbanismo”. (Riley, 1998)<sup>383</sup>.*

Al analizar las secciones transversales del tramo a intervenir y del río debemos contemplar también las riberas para poder estimar las dimensiones del cauce y del sistema fluvial en conjunto, el perfil de los bordes laterales, su estabilidad, el estado de sus orillas, la conectividad lateral y otros.

Este análisis de la morfología del cauce debe complementarse con un análisis morfológico del valle en el cual está ubicado, relacionando su forma y anchura...

<sup>383</sup> Riley, A. (1998). *Restoring Stream in Cities. A guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington D.C.: Island Press.p 119.

*“...su sinuosidad ligada al relieve, la pendiente de las laderas adyacentes, etc., valorando al mismo tiempo el balance entre los procesos hidrológicos de ladera y los del cauce que determinan la anchura de la llanura de inundación, la estructura y distribución de los sedimentos del lecho y la dinámica de la vegetación”.* (González & García, 2007)<sup>384</sup>.

En base a las características geomorfológicas se puede definir la funcionalidad del cauce partiendo del estado actual, se pueden crear escenarios considerando las variables estudiadas con la interacción de los usos del suelo y las necesidades de las regiones, de manera de conocer la necesidad de modificar o controlar el sistema fluvial para un fin deseado. Posteriormente se *podrá “...establecer y justificar el tipo de cauce y sus características geomorfológicas y analizar cuidadosamente el comportamiento que ha tenido, que tiene y que podría esperar a futuro...”*. (Mejías., s/f)<sup>385</sup>.

#### **Características de las riberas y llanuras de inundación.**

Las riberas y las llanuras de inundación como punto de conexión entre el río y su valle, están muy relacionadas con ambos contextos y para la descripción de su estructura física, deben contemplarse sus dimensiones espaciales, su composición y la estructura de sus comunidades vegetales, además del funcionamiento de su conectividad lateral con el cauce, su conectividad vertical con el medio hiporréico así como también el dinamismo de las orillas afectando la tasa de regeneración natural de la vegetación.

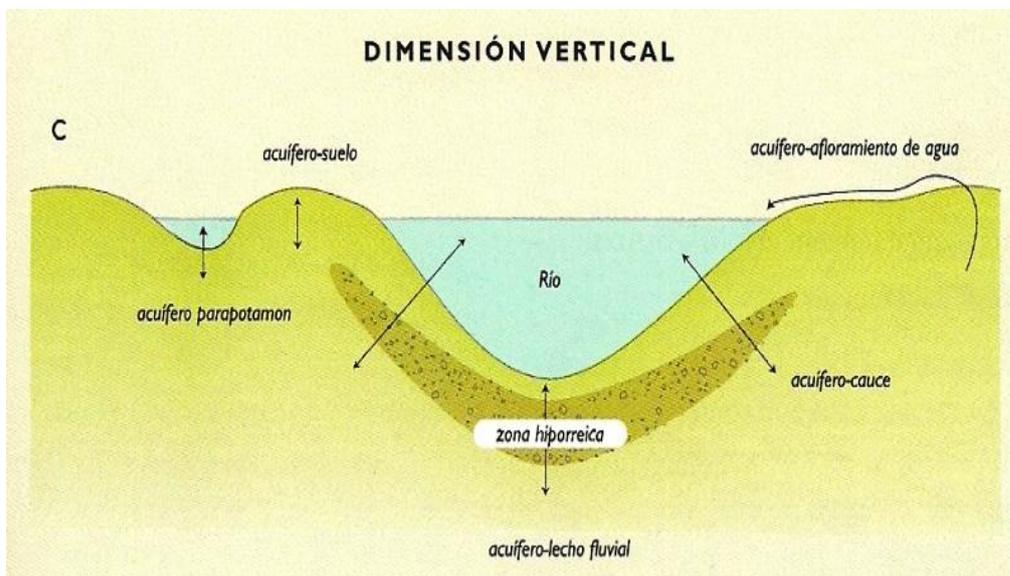
Estos análisis deben complementarse con un investigación de la fauna que habita o utiliza los espacios riparios o utilizan periódicamente los corredores fluviales para su refugio, alimentación, reproducción, etc.

Para concluir el análisis de estas características es necesario efectuar una evaluación de los usos del suelo de estas zonas para conocer cuales interactúan o interrumpen la dinámica fluvial. Estas ocupaciones deben quedar

<sup>384</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 290.

<sup>385</sup> Mejías., R. (s/f). *Diseño, restauración y rehabilitación de cauces con materiales naturales*. Recuperado el 25 de enero de 2011, de VI Jornadas del CONAPHI – Chile. PDF.: [www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/B24.pdf](http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/B24.pdf)

documentadas mediante fotografías en campo y fotografías aéreas del área adyacente a los suelos riparios.



Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007).

### Hábitat físico y Comunidades biológicas.

En el desarrollo del proyecto de restauración fluvial, es de gran importancia efectuar una evaluación del estado ecológico del ecosistema fluvial, y según [(Naiman et al., 2005) en Magdaleno, F. (s/f)] esta evaluación la conforman tres fases:

- *Clasificación de las interacciones existentes en el medio fluvial.*
- *Identificación de los lugares y condiciones de referencia.*
- *Análisis de la información sobre la evolución del aprovechamiento de los recursos hídricos, el régimen hidrológico, la geomorfología y la vegetación de ribera.*

*“El estudio de todas estas variables tiene por fin conocer, de forma integrada, el estado actual del sistema, y los principales factores responsables de dicho estado. Por ello, esta evaluación debe incluir el análisis de las características y relación de los numerosos factores físicos,*

*químicos y biológicos que tiene influencia en el estado ecológico del río”.*  
(Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>386</sup>.

Luego de haber ejecutado todos los análisis del tramo a intervenir en el proyecto, debemos proceder a describir detalladamente las características del cauce, iniciando con sus condiciones físicas, según González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007), quienes señalan:

- *Heterogeneidad y diversidad de hábitat que contiene.*
- *Granulometría del sustrato.*
- *Forma de lecho y estructura del sustrato.*
- *Condiciones hidráulicas*
- *Diversidad de temperaturas*
- *Presencia de encueves y refugios de orilla,*
- *Calidad de frezaderos, etc.*

y luego sus comunidades biológicas que hacen vida en el, los cuales son:

- *Macrófitas de orilla*
- *Vegetación acuática*
- *Peces*
- *macroinvertebrados*

La descripción de estas comunidades biológicas debe efectuarse en detalle, contemplando su composición de especie, su diversidad, su distribución de edades, etc., indicando su procedencia, es decir, si es autóctono o exótico, su tendencia temporal, etc.

### **Aspectos ambientales influenciados por el hombre.**

Estos aspectos son considerados en la planificación y diseño incluye niveles de ruido, transporte y utilidad de los corredores, posesión de la propiedad, usos del suelo adyacentes, edificios existentes con sus estilos arquitectónicos y una propuesta de ingresos y egresos para llevar a cabo la

---

<sup>386</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

construcción y el mantenimiento. Las leyes y ordenanzas de zonificación determinarán la permisología la cual debe ser obtenida por ser necesaria para la ejecución de obras anexas a la trama urbana. Las servidumbres para líneas eléctricas y de gas deben considerarse en la planificación aunque restringirá el plan de crecimiento.

### **Parámetros socio-económico.**

Dada la relación milenaria del hombre con el río, para completar este análisis es necesario efectuar una descripción de las poblaciones existentes y las actividades económicas que tienen y tuvieron a lo largo de los años.

Para ello será necesario efectuar un análisis de los censos recientes de la población de los centros urbanos adyacentes al tramo a intervenir, a fin de conocer la situación actual y como ha sido su evolución en las últimas décadas, lo cual nos puede ayudar a entender los problemas que está presentando el río y justificar las intervenciones propuestas. Este estudio socio-económico...

*“...resulta útil para comprender algunos aspectos relacionados con el régimen de caudales o la calidad de las aguas, mientras que la revisión de otros aspectos que influyen en la valoración del tramo, como condicionantes históricos, culturales, ecológicos, etc., pueden influir en la justificación y prioridad de las actuaciones frente a otros proyectos de restauración situados en zonas próximas, o dentro de la misma región hidrográfica”.* (González & García, 2007)<sup>387</sup>.

### **Parámetros legales.**

Con estos programas de restauración de ríos y riberas en Estados Unidos, los países Europeos y algunos países asiáticos, se están logrando unos resultados de gran valor y beneficios para los ríos asociados a los centros poblados, marcando un cambio estratégico en los aspectos relacionados con el uso de las aguas, el control de su calidad y de su estado ecológico. Todo ello en estrecha armonía entre las Administraciones implicadas, la sociedad civil y la legislación vigente.

---

<sup>387</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 295.

Todo proyecto de restauración de ríos debe tener en consideración el marco jurídico-institucional vigente de aplicación a las actuaciones de intervención fluvial, porque en muchas ocasiones, estas intervenciones necesitan ocupar áreas más allá de las consideradas como dominio público, requiriendo intervenir en terrenos de titularidad privada.

Los problemas ambientales y sus legislaciones existen desde tiempos muy remotos, pero es a mitad del siglo XX cuando en el mundo se inicia una toma de conciencia de la gravedad del deterioro ambiental, De los Ríos, Isabel (2005). En Venezuela específicamente, existe variedad de instrumentos legales que contienen normas que rigen la materia ambiental, tanto a nivel internacional como nacional. Pero específicamente para la restauración fluvial no existe un marco jurídico que las controle, sin embargo en el Apéndice 2 se puede leer un resumen de la Normativa legal existente en la materia ambiental.

### **Vegetación existente.**

Toda la vegetación existente como árboles, arbustos y cobertores deben ser examinadas, archivando sus nombres, localización y condiciones. Inclusive los árboles adyacentes al sitio que su sombra pueda afectar cualquier desarrollo de alguna especie o actividad propuesta. Toda esta información es esencial para los proyectistas porque ellos son los responsables de integrar el proyecto dentro de la naturaleza crear unas actividades funcionales como complemento al sistema fluvial. Durante la ejecución del proyecto de restauración será necesario proteger la vegetación existente, lo más deseable es no permitir la circulación de vehículos en las áreas cercanas a la vegetación de valor. Debemos tener mucho cuidado en no cambiar el suelo existente, añadir otro tipo de suelo o compactar la tierra en la línea de goteo de los árboles, al momento de las lluvias.

Parte importante para el desarrollo del proyecto de restauración fluvial es conocer la forma del terreno, es decir, la pendiente o los cambios en las elevaciones. Esto determinará los patrones de drenaje superficial del agua de escorrentía. Este conocimiento se debe utilizar para desarrollar una planificación funcional de nivelación del terreno y un paisaje estéticamente agradable. Algunas formas de terreno son únicas como un salto de agua, que

puede añadirse a un proyecto de restauración de ríos y por ello es importante también conocer la profundidad del lecho del río. Cambios en las elevaciones pueden suministrar cambios de visuales dentro y fuera del área a intervenir.

Otros elementos a ser considerados en el análisis de sitio es el PH del suelo, características de los nutrientes, capacidad de retención del agua y drenaje. Existen plantas que pueden ser guías sobre las condiciones del suelo, unas se adaptan muy bien en los suelos ácidos y otras en suelos alcalinos, así como también hay plantas que indican pobre drenaje del suelo, y plantas que pueden ser cultivadas en suelos muy húmedos. Otras plantas pueden indicar la carencia de algún nutriente o fertilizante específico, como por ejemplo plantas que deben ser cultivadas en suelos con deficiencia de nitrógeno. Con una simple excavación es posible examinar el suelo y es posible determinar su textura, profundidad de la capa vegetal y otros horizontes del suelo. No obstante, para un mejor conocimiento de las características del suelo, se deben efectuar pruebas en varios puntos del territorio a intervenir y nos pueden indicar el PH y su composición química.

### **3. Planificación del sitio.**

Cuando señalamos la Planificación del Sitio queremos referirnos a la preparación de todos los documentos técnicos que se necesitan para preparar los presupuestos de las obras necesarias para los trabajos de restauración. Proceso que podemos iniciar una vez que definidas las bases de lo que se pretende ejecutar en el tramo a intervenir ya seleccionado, además de tener sus características generales y definida su problemática actual y haber definido la imagen objetivo del río que se quiere lograr a corto, mediano y a largo plazo. Se debe combinar la información recogida en el análisis del sitio con los elementos programados de las necesidades y restricciones. En los planos deben estar reflejados en diferentes tipos de líneas las propiedades, servidumbres, derechos de vía e instalaciones, la vegetación existente, edificaciones y alguna otra obra de infraestructura.

El Proyecto de la Planificación del Sitio lo debemos efectuar con un equipo multidisciplinario compuesto por profesionales especializados en ríos que posean conocimientos y experiencias en las áreas de hidráulica fluvial,

ingeniería civil, en el diseño del paisajismo, en la valorización y estudios de de las condiciones hidrológicas, geomorfológicas y biológicas de los sistemas fluviales, así como también en el áreas socio-económica. El producto a obtener es la documentación técnica reflejada en la Memoria Descriptiva, los planos de construcción detallados, las Especificaciones Técnicas tanto generales como específicas, Cómputos Métricos y Presupuestos estimados con tiempos de ejecución.

Entre los estudios preliminares a la ejecución del proyecto debemos investigar los antecedentes, fijar los objetivos y plantear la justificación del proyecto. Esta información debe estar reflejada en la Memoria Descriptiva del Proyecto y constituye uno de los capítulos iniciales de mayor importancia porque deben estar muy claros los antecedentes que motivaron la ejecución del proyecto así como también los objetivos que se desean alcanzar con las intervenciones proyectadas. En función del objetivo general debemos describir los objetivos específicos orientados a concretar los procedimientos para llevar a cabo el objetivo general. El objetivo general quizás sea un objetivo común en otros tramos de ríos a intervenir pero los específicos seguramente serán muy particulares al tramo en cuestión en función de su estado actual y de las variables naturales o socio-económicos de su contexto.

<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	
<b>Contenido de la memoria descriptiva</b>	1- Antecedentes, objetivos y justificación del proyecto 2- Estudio del sitio y caracterización del tramo de proyecto. 3- Análisis de la problemática actual. Presiones e impactos. 4- Condición de referencia e Imagen objetivo del proyecto. 5- Intervenciones propuestas. 6- Plan de ejecución. 7- Plan de mantenimiento. 8- Plan de seguimiento.

Contenido básico de la Memoria Descriptiva del proyecto de restauración.

Fuente: González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007). Reinterpretación del autor.

Luego de la información anterior, como habíamos comentado anteriormente, debe adherirse a la Memoria Descriptiva la descripción del

tramo a intervenir y la de su contexto, tomando en consideración los parámetros físicos, biológicos y socio-económicos, efectuando una descripción de su localización en la cuenca vertiente y una caracterización del tramo a intervenir, abarcando lo relacionado con el régimen de caudales, calidad de las aguas, sus características geomorfológicas, características de las riberas y las llanuras de inundación, una descripción detallada de las características del cauce, que incluya sus condiciones físicas y sus comunidades biológicas, así como también el contexto socio-económico de la región donde se ubica, que incluya una descripción de las poblaciones existentes y las actividades económicas que tienen y tuvieron a lo largo de los años.

Luego de obtener la descripción de las características físico-químicas además de las socio-económicas del tramo de proyecto, procederemos a efectuar un diagnóstico de la situación actual. Además de analizar las causas o motivos que han ocasionado o lo siguen haciendo a la situación actual, describiendo y analizando las presiones y sus impactos en cada caso. Estos efectos y síntomas de degradación del río deben documentarse claramente en la Memoria Descriptiva incluyendo fotografías y una referencia cuantitativa del problema, además debe complementarse con una interpretación de las presiones que generan esta degradación refiriendo los impactos causados.

En cada tramo a intervenir, con el fin de justificar las intervenciones propuestas, será interesante analizar los síntomas de degradación o deficiencias que se observan en el tramo, los impactos que ocasionan esas deficiencias y las presiones que determinan los impactos existentes en el tramo. Como señalamos anteriormente, estos análisis deben quedar documentados en la Memoria Descriptiva con apoyo gráfico, para avalar los comentarios efectuados y poder evaluar posteriormente la evolución del río luego de las intervenciones ejecutadas.

En los estudios preliminares ya habíamos establecido una imagen objetivo del proyecto, refiriéndonos a los objetivos trazados. Ahora con el conocimiento claro de las características físico-químicas y las socio-económicas del río, además del diagnóstico efectuado de su situación actual, podemos definir con precisión el río que queremos. Esta imagen objetivo debe

quedar reflejada en la Memoria Descriptiva y para ello debemos contemplar los diferentes aspectos que conforman el río que se quiere, como son el régimen de caudales que se quiere proponer, la morfología que se quiere obtener, el espacio fluvial que se quiere recuperar y el tiempo considerado para que el río recobre la estructura biológica y el funcionamiento deseado.

- Régimen de caudales.

Es necesario definir qué tipo de régimen de caudales se quiere implementar para el tipo de intervención que se pretende efectuar, restauración, rehabilitación o mejora del río. De tratarse de un río regulado, será necesario analizar las características del régimen natural previa a la regulación, para luego diseñar en detalle las características del nuevo régimen de caudales tomando como referenciales “... *la magnitud de los valores medios mensuales, la magnitud y frecuencia de las avenidas, la duración de los estiajes*”. (González & García, 2007)<sup>388</sup>.

En algunos casos las mayores condicionantes del proyecto de restauración, serán las limitaciones para mejorar el régimen de caudales circulantes, es decir, “...*cuando no sea posible reintroducir un régimen de avenidas que asegure la regeneración de la vegetación riparia o mejorar los caudales de estiaje para el mantenimiento de las poblaciones piscícolas...*”. (González & García, 2007)<sup>389</sup>.

- Morfología y dinámica fluvial.

Es evidente pensar que para la imagen objetivo del río la morfología fluvial debe estar referida a la que presentaba el tramo antes de la degradación. Sin embargo, la dificultad radica en definir en que período nos referimos como referencia, porque con seguridad a lo largo del tiempo deben haberse producido numerosas intervenciones en el río y en la cuenca vertiente, además de una serie de ajustes en las características geomorfológicos y biológicos del tramo a intervenir, que dificultaría en precisar el estado natural antes de la degradación.

<sup>388</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 296.

<sup>389</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos...* op. Cit., p.298.

En todo caso, para describir en la Memoria Descriptiva la morfología del río que deseamos, se debe efectuar una reconstrucción histórica de la evolución del río hasta el día del estudio, utilizando fotografías aéreas y mapas cartográficos disponibles. Sin embargo, hay que considerar que muchas de las condiciones físicas y socio-económicas de esas épocas es difícil que se vuelvan a dar en un plazo razonable, para definir la imagen objetivo del proyecto.

- Espacio fluvial.

Un aspecto importante para la recuperación de los procesos fluviales dijimos era la recuperación del espacio fluvial, igual lo es para poder concretar la imagen objetivo del río y llevar a cabo las intervenciones previstas en el proyecto. En ese sentido, las fotografías aéreas siguen siendo un gran aliado porque muestran las áreas ocupadas por el río para esa fechas, lo cual indica la influencia del río en esos territorios ocupados periódicamente por las aguas, y deberían corresponder al dominio público hidráulico de esas épocas y debería mantenerse como tal en la actualidad.

Para los efectos del proyecto será necesario definir y precisar en detalle el espacio que utilizará el río para sus procesos fluviales, Para ello será necesario efectuar un análisis histórico del espacio fluvial, efectuar un reconocimiento en campo para identificar y dimensionar los terrenos adyacentes al río que no presenten un uso definido, así como también efectuar un estudio del estado legal de esos terrenos, para conocer la factibilidad de adquisición o de llegar a acuerdos con los propietarios.

La recuperación de los espacios para el río, puede ser uno de los mayores aportes que se le pueda efectuar al proyecto de restauración, por ser una de las formas más rápidas para reducir o eliminar las presiones e impactos que presenta el río o quebrada, además de que le da al río la posibilidad de recuperar su morfología y sus procesos fluviales primitivos.

- Tiempo para la recuperación ecológica.

Para el proyecto es necesario indicar el tiempo que se estima necesario que transcurra para recuperar los procesos fluviales, la recuperación de las

comunidades biológicas y los objetivos propuestos. Para ello, el equipo multidisciplinario que efectúa el proyecto también debe contemplar el tiempo de requerido por cada una de las intervenciones proyectadas, su ejecución, su plan de mantenimiento, resaltando la prevención de cómo va ser la evolución que va a seguir el río después de la intervención.

Parte importante de la Memoria Descriptiva es la descripción de las intervenciones propuestas, con esto queremos decir, las actividades necesarias para llevar a cabo los objetivos planteados, para cambiar la situación actual del río a la situación deseada. En el capítulo VII habíamos descrito algunas intervenciones más utilizadas en la restauración de ríos, quebradas y sus bordes, pero no siempre se pueden efectuar las mismas intervenciones en todos los tramos. Algunas intervenciones pueden estar muy bien justificadas para un tramo pero puede generar impactos importantes en otros.

Habíamos comentado que en los proyectos de restauración debemos iniciar los trabajos por la disminución o eliminación de las presiones e impactos que actúan en el tramo a intervenir. Una actuación en ese sentido pudiese ser plantear una alternativa para la actividad que está generando la presión en el río o simplemente eliminar dicha actividad. En todo caso, reducir o eliminar estas presiones e impactos es la actividad más eficaz para la recuperación ecológica de los ríos, y se puede dar el caso que al eliminar esa actividad sea suficiente para volver a su estado natural.

*“Por su importancia, consideramos que en la Memoria técnica de todos los proyectos de restauración debe existir un apartado donde se detalle de qué forma se prevé reducir las presiones y los impactos existentes, acorto, mediano o largo plazo”.* (González & García, 2007)<sup>390</sup>.

Las actividades para reducir las presiones y los impactos, según las posibilidades de actuación, pueden ser muy diversas. En algunos proyectos se deberán efectuar ciertas intervenciones físicas como obras de ingeniería, tales como desplazamiento de motas o cambios de usos del suelo, pero en otros proyectos se podrán adoptar medidas legales o económicas.

---

<sup>390</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 300.

Posteriormente a la aplicación de estas medidas de reducción o eliminación de la presión sobre el tramo a intervenir, el propio río iniciará un proceso de recuperación, el cual podemos acelerar con la aplicación de otras medidas e intervenciones. En ese sentido, existen dos tipos de estrategias, que podemos aplicar, una de ellas es denominada “restauración pasiva”, que trata simplemente de esperar la actuación del río por sus propios medios, una vez que no existan las causas de las alteraciones, la segunda estrategia se denomina “restauración activa” que consiste en proponer algunas intervenciones para acelerar el proceso de recuperación natural, aplicando diferentes tipos de acciones.

Según González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007), las acciones más inmediatas para implementar una estrategia de “restauración pasiva” se van a caracterizar por:

- *Dejar que el río recupere gradualmente su morfología, mediante procesos naturales de erosión y sedimentación.*
- *Fomentar la regeneración natural de la vegetación.*
- *Obtención de resultados a medio o largo plazo.*
- *Opción siempre más barata y, en relación a la vegetación, más eficaz.*

Los mismos autores señalan las acciones más inmediatas sobre el tramo a intervenir para implementar una estrategia de “restauración activa” se van a caracterizar por:

- *Recuperar la morfología del cauce mediante intervenciones directas (recuperación de meandros).*
- *Crear una cubierta vegetal mediante plantaciones de ribera.*
- *Obtención de resultados a corto plazo.*
- *Actuaciones costosas, y en relación a la vegetación con probabilidad de fracaso a corto, mediano y a largo plazo.*

Ahora bien, desde el punto de vista geomorfológico, González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007), en su obra recomiendan la

conveniencia de seguir la estrategia de “restauración activa” para recuperar los procesos fluviales, y para ello sugieren las siguientes propuestas:

- *Recuperar la máxima anchura posible de las riberas y llanuras de inundación.*
- *Redefinir dimensiones y formas del cauce. Reconectar meandros abandonados por dragados y canalizaciones.*
- *Eliminar restricciones al desbordamiento en el espacio fluvial recuperado.*
- *Rediseñar la topografía y reconstruir los perfiles edáficos de las riberas.*

Rediseñar la topografía y reconstruir los perfiles edáficos de las riberas, no es otra cosa que el desarrollo de una Planificación Topográfica, lo cual se refiere a la implementación de un plano aparte con las curvas de niveles existentes e indicando las curvas de nivel propuestas para efectuar una integración en el sitio. Los drenajes naturales y las estructuras construidas para el drenaje deben indicarse. Luego los drenajes propuestos también han de señalarse. Así como también la corrección de algún problema de erosión. Igual sucede con las diversas obras de protección de márgenes existentes y propuestas.

Un elemento vital en el Sistema Fluvial y en el Paisaje es la vegetación, son muchas sus funciones y entre las cuales tenemos: su influencia en el clima, purificación del aire, control de la erosión, reducción del ruido, protección y el incremento del valor de la propiedad. Las plantas son importantes para el microclima porque ellas absorben el calor del aire durante el proceso de transpiración, liberando el agua en forma de vapor, reduce la radiación solar y la reflexión de la luz generando sombra, reduce la velocidad del viento y dispersa la niebla. La vegetación habitualmente ha formado agrupaciones lineales o corredores a lo largo de los ríos y quebradas o zonas húmedas.

Corredores riparios y corredores verdes son bandas lineales de vegetaciones adyacentes a los ríos y quebradas. Un corredor verde puede ser una banda vegetal a lo largo de algún corredor o espacio abierto protegido o vinculado a un área de otra espacialidad, como por ejemplo un corredor verde

urbano cuya vinculación puede ser un importante elemento de diseño para uso de la población adyacente pero será crítica para la vida silvestre. En un Proyecto de Restauración Fluvial Urbana los corredores verdes presentan diferentes funciones, tales como proteger la calidad del agua actuando como filtro y protegiendo las orillas de la erosión, aumentar los hábitats de vida silvestre, y creando un corredor en movimiento continuo, con la posibilidad de enlazar con otro corredor verde o un parque, creando una red de corredores biológicos o reconectando hábitats fragmentados, maximizando el potencial de utilización de dichos corredores por la fauna silvestres. Esto también puede generar oportunidades diversas de actividades recreativas, creando pistas para bicicletas y caminerías. Los corredores benefician a las comunidades a las cuales son parte, enriqueciendo la calidad de vida, mejorando el paisaje, aumentando la estética, e incrementando el valor de la propiedad.

En cuanto a la restauración de la vegetación, la restauración pasiva es la estrategia más conveniente a seguir, para lograr la aparición de la vegetación riparia natural de la zona intervenida, además de esperar su persistencia, su diversidad genética y la naturalidad en su distribución, y para ello, se debe dejar que la propia naturaleza introduzca gradualmente las formaciones vegetales de orillas y riberas a través de las semillas llegadas a los suelos de forma natural. Para que esta regeneración vegetal se dé en forma natural, será necesario mejorar las condiciones de humedad de los suelos riparios mediante varias intervenciones:

- la recuperación de la frecuencia e intensidad de las avenidas,
- La restitución de la conectividad con los acuíferos locales,
- Mejorar las características edafológicas de los suelos riparios, en el caso de que se hayan depositado en ellos algunos materiales impermeables y nocivos para el ecosistema, que impidan el crecimiento de la vegetación.

Quizás para complementar la vegetación existente será necesario desarrollar una planificación de siembra la cual debe incorporar la preservación de las plantas existentes que compartirán el espacio con las plantas a ser sembradas, pero para garantizar el éxito de esta planificación, las plantas a

utilizar deben ser autóctonas o naturalizadas en el ambiente. La selección de las plantas está basada en las necesidades específicas identificadas en el análisis de sitio. Al desarrollar el plan de siembra, es importante conocer los criterios y las necesidades del sitio, tales como la utilización de plantas que proporcionan protección contra el viento, sombra, privacidad, y protección contra el ruido, o la satisfacción de algún otro objetivo planteado. Dicho plan debe estar enfocado hacia todo el terreno. En una restauración fluvial el plan de plantación debe estar hasta los límites de propiedad del proyecto.

El proceso de selección de las plantas debe considerar factores tales como la edad madura de las plantas propuestas, adaptabilidad al suelo local y condiciones de precipitación, exposición a la luz del sol, viento y requerimientos de mantenimiento, textura de las plantas, color del follaje, color de la floración, y las diversas épocas de frutas durante el año. Existen especies invasivas que son problemáticas y deben ser erradicadas para garantizar el éxito de la restauración fluvial.

En un Proyecto de Restauración Fluvial Urbana quizás esté limitado en la cantidad de tierra disponible para aumentar el corredor verde, por ambos lados del río y pueda crear conflictos en el uso de la tierra a lo largo del proyecto. No obstante, los proyectistas pueden utilizar los principios y elementos de diseño y reunir material vegetal para crear planes que compensen las perturbaciones y buscar oportunidades para hacer vínculos. Generalmente, los corredores verdes suelen tener combinaciones de plantas herbáceas autóctonas, cobertores y árboles. Plantación que pudiese mostrar una diversidad de plantas que naturalmente se produciría en la comunidad de plantas nativas, si no hubiese sido perturbado. Un ambiente saludable es usualmente el que posee gran diversidad de vida animal y vegetal. Generando en sus diversas plantaciones, diferentes condiciones, aspectos y elevaciones que permiten la creación de diversos hábitats.

Hemos puesto en el tapete una serie de intervenciones que en algún momento pudiesen funcionar para aplicarlas en proyectos de restauración ecológica de ríos, quebradas y sus bordes o riberas, dependiendo de los objetivos propuestos. Cabe considerar, por otra parte que una vez definidas e

implementadas las intervenciones con las que se plantea restaurar el sistema fluvial, es necesario evaluar y valorar los cambios producidos en la estructura y el funcionamiento del río, haciendo énfasis en verificar que se mejora en:

- Régimen de caudales circulante,
- Morfología y dinámica fluvial,
- Continuidad longitudinal de los flujos de agua, sedimentos y organismos,
- Conectividad lateral del cauce con sus riberas y llanuras de inundación,
- Conectividad vertical del cauce con el medio hiporréico y los niveles freáticos.
- Estructura biológica.

Luego de escoger la alternativa preferida, es recomendable revisar los objetivos del proyecto para determinar si con modificaciones menores pueden mejorar las funciones ambientales proyectadas.

Detalles específicos del sitio pueden tener un mejor impacto funcional del proyecto en conjunto. Al localizar áreas para actividades públicas como actividades recreativas pasivas y activas, éstas necesitarán ciertas instalaciones que deben ser detallados. Por ejemplo, los usos pasivos pueden ser vistos dentro del área desde cualquier sitio, bancos, áreas de picnic, para relajación. Los detalles específicos en las áreas activas pueden ser barandas, caminos de tablas, áreas para jugar y puntos de acceso de botes al río si lo requiere.

Estructuras tipo kioscos pueden marcar un acceso formal a un área natural señalando a los visitantes de cualquier información que pueda hacer de su visita más significativa, amena y segura. Para la visualización de la fauna silvestre, puede ser colocada a ambos lados de los senderos, separadas por barandas de materiales naturales. Caminos con materiales naturales pueden desarrollarse utilizando además señalización interpretativa, y su estilo puede ayudar a la unificación del área. En un Proyecto de Restauración Fluvial un sistema de senderos puede ser desarrollado siguiendo el corredor fluvial a lo

largo de las bandas de vegetación. La ubicación de miradores puede proporcionar el disfrute de las visuales de toda el área.

Luego de plantear y detallar las intervenciones a realizar en la restauración de ríos, quebradas y riberas, será necesario definir un plan de trabajo que indique en qué forma deben efectuarse las distintas actividades de las intervenciones, su tiempo de ejecución y su distribución en el tiempo, especificando con claridad las épocas en que deben efectuarse cada actividad y la secuencia de las otras actividades asociadas.

Este plan de ejecución es importante en el caso del uso de la vegetación, por ser estas dependientes de temporadas específicas para la siembra y su mantenimiento. Esta temporaneidad es variable según las especies a utilizar, y en caso de introducir especies exóticas en suelos riparios, incluyendo especies del mismo corredor ripario, es necesario respetar los tiempos asociados a su desarrollo.

Estas actividades que se deben ejecutar para efectuar una restauración ecológica, deben seguir unas restricciones y unos cuidados especiales para no causar ningún daño adicional a los ecosistemas del sistema fluvial, durante la implementación de las intervenciones, y en ese sentido González del Tánago, M. García de Jalón, D. (2007), sugiere tomar en consideración las siguientes especificaciones generales, las cuales adoptaremos en este trabajo de investigación:

- *La maquinaria que efectúe los trabajos de movimiento de tierras, retirada de escombros, obras de infraestructura, etc., no deben entrar dentro del cauce, llevando a cabo los trabajos desde la orilla o márgenes, siempre que sea posible.*
- *Posteriormente a dichos trabajos será necesario descompactar los suelos riparios y restituir sus condiciones primitivas de infiltración y permeabilidad, en el caso de haberse visto afectados por el paso de la maquinaria o de los vehículos durante las obras.*
- *Los trabajos en las orillas y riberas deberán ser efectuados en épocas en que no se perturben las fases de reproducción,*

*nidificación, puesta o freza de las distintas especies que utilizan estos hábitats.*

- *Las intervenciones propuestas deberán evitar el aumento en exceso de los sólidos en suspensión de las aguas del cauce, así como la llegada de sedimentos por erosión de las orillas o riberas, o de cualquier otro contaminante.*
- *En el caso de realizar plantaciones, estas se harán con ejemplares de especies nativas de lugar de procedencia controlado. Cuando estas plantaciones utilicen estaquillas, el origen de las mismas debe corresponder a una región próxima y similar al del proyecto, y proceder de un número elevado de ejemplares adultos, evitando utilizar más de 10 estaquillas procedentes del mismo pié original, para evitar la endogamia<sup>391</sup> y el empobrecimiento de la diversidad genética.*
- *Se deberá evitar la incorporación de materiales artificiales al cauce o riberas, aunque esté previsto que queden enterrados o no visibles, ya que la experiencia demuestra que, con el paso de las avenidas, dichos materiales terminan por quedar al descubierto y suponen un elemento de degradación visual, a veces de gran impacto.*
- *En el caso de utilizar piedras, deberán proceder de zonas cercanas respondiendo a las mismas condiciones geológicas que las naturales del tramo, así como en el caso de utilizar troncos o estacas vivas para la sujeción de las orillas, que deberán corresponder a especies nativas del lugar de procedencia controlado.*
- *Las podas selectivas, desbroces, eliminación de monte, etc., deberán realizarse a mano o con máquina de pequeña dimensión, evitando el deterioro de la vegetación que se desee conservar, así como la compactación de los suelos riparios.*

---

<sup>391</sup> ENDOGAMIA. ENDOGAMY. Polinización de una flor con el polen de otra flor proveniente de la misma planta. (sinónimo: autopolinización). Sarmiento, F. (2000)

- *Cuando estuviese justificada la estabilización de algún sector de los taludes del cauce, esta se debe llevar a cabo mediante una escollera localizada en la base del talud, revistiendo únicamente la zona permanentemente inundada por las aguas. La altura de la escollera no debe sobrepasar más de un tercio de la altura del talud, debiendo quedar protegidos los dos tercios superiores restantes por la vegetación de orilla.*
- *Los caminos o senderos que se diseñen dentro del territorio fluvial deberán tener un trazado sinuoso que facilite su integración en el paisaje, y se recomienda que sean de una anchura no superior a 2-3 m, con un firme de materiales naturales, sin estar en ningún caso asfaltados. Estas características son también aplicadas a las zonas de acceso a los aparcamientos o lugares de mayor afluencia de personas que se desee diseñar para el acondicionamiento recreativo, donde deben utilizarse pavimentos filtrables que permitan la entrada del agua al suelo y el crecimiento de la vegetación.*

Luego de finalizar con todos los documentos técnicos del proyecto de restauración, es de suma importancia iniciar una nueva fase de difusión y participación ciudadana, para explicarle a la sociedad civil y demás autoridades del área afectada todo el trabajo ejecutado. En esta etapa deben explicarse todas las intervenciones proyectadas, mediante reuniones y exposiciones informativas. Esto con el fin de obtener la aprobación definitiva del proyecto, permitiendo llevar a cabo su ejecución sin ningún tipo de perturbación por limitaciones o impedimentos que puedan retrasar la marcha de los trabajos, al lograr la aceptación por todos los sectores afectados.

#### **4. Ejecución de trabajos en la intervención del Sistema Fluvial.**

La ejecución de las obras de intervención se refiere a llevar a cabo los trabajos propuestos en todos los documentos técnicos elaborados para la restauración en el tramo a intervenir del Sistema Fluvial. La ejecución de las obras reflejadas en el proyecto de restauración deben ejecutarse a cabalidad según lo especificado en los documentos técnicos, sin embargo, de ser

necesario efectuar modificaciones al proyecto por motivos imprevistos, debe dejarse constancia escrita y en planos con los cambios del proyecto, para anexárselo a los Documentos Técnicos iniciales, de manera que queden reflejadas las modificaciones y los motivos que la causaron. Estos documentos anexos al proyecto inicial tienen una gran importancia para el momento de efectuar el seguimiento de la respuesta del río a la intervención, para evaluar los resultados en un futuro, cotejando con los documentos técnicos del proyecto.

### **5. Mantenimiento de las intervenciones efectuadas.**

Hemos comentado que en la restauración ecológica del río se quiere que el mantenimiento lo efectúe el propio río con la recuperación de sus procesos fluviales. Sin embargo, se puede dar el caso de que en algunos proyectos de restauración se necesite ejecutar ciertas labores de mantenimiento esporádicas, relacionadas con la reconducción de algunos procesos o la reconstrucción de ciertos elementos del sistema fluvial como puede ser el caso de la poda de la vegetación, la eliminación de especies invasoras, la reconstrucción de taludes luego de una avenida extraordinaria o la remodelación de zonas inundadas.

*“...resulta conveniente en todos los casos que en la propia Memoria Técnica del proyecto se prevea cual debe ser la intensidad del mantenimiento de las obras proyectadas, teniendo en cuenta la evolución natural del sistema fluvial, la intensidad y efectos de los usuarios en el tramo, y la respuesta dinámica del río frente a las intervenciones realizadas y a su uso posterior”. (González & García, 2007)<sup>392</sup>.*

El éxito del proyecto está determinado después de la construcción por un monitoreo periódico que nos puede indicar el desarrollo de la restauración con el tiempo. Igualmente el uso de encuestas públicas puede indicar si el uso del sitio, las instalaciones recreacionales y las características estéticas cumplen las necesidades y genera una experiencia positiva en los usuarios.

---

<sup>392</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 313.

La estabilidad de las estructuras físicas puede ser monitoreada por signos de erosión ocurridos alrededor de las construcciones y senderos, o a lo largo del cauce del río, o en áreas con fallas anteriores que han sido muy marcadas. Adicionalmente los eventos de avenidas deben ser registrados para observar los impactos y las alteraciones en las estructuras de los ríos. El vandalismo en algunas instalaciones debe ser tratado por la seguridad del usuario. Y para esa misma seguridad debe ser observado el sistema de circulación peatonal y vehicular.

Mediciones actualizadas en la información botánica puede indicarnos cambios sucesionales en el sitio. Replantaciones pueden ser requeridas si esta carece de alguna. No obstante, una sucesión ocurrirá y semillas de plantas silvestres llegaran al área a suplementar la plantación planificada.

El mantenimiento debe ser de bajo costo y eficiente con el menor uso de energía posible. La utilización de máquinas podadoras y herbicidas no es lo más recomendable si el objetivo es la restauración natural de las funciones ecológicas del sistema fluvial o del corredor biológico urbano. La sucesión debe ser el objetivo de las áreas plantadas en la restauración, aunque se puede dar la excepción, es decir, al presentarse la necesidad de erradicar las especie invasivas. La aplicación cuidadosa de un sistema de herbicidas aplicada por un especialista puede ser aceptable. No aplicar pesticidas ni herbicidas pulverizados es recomendable porque el riesgo de propagación en el ambiente es enorme. Las máquinas podadoras en senderos y espacios abiertos pueden ser aceptables. El uso de especies cobertoras de bajo mantenimiento y la mezcla de semillas podría probablemente estar más en consonancia con la reducción del presupuesto de mantenimiento. Hay una belleza en una hierba naturalizada y en una plantación silvestre además de que ofrece la gran oportunidad de educar al público en apreciar la diferencia.

## **6. Seguimiento del proyecto.**

Una vez terminados los trabajos planificados en el proyecto de restauración de ríos, quebradas y sus riberas, debe iniciarse la última fase, la cual se refiere al seguimiento de los resultados obtenidos con las obras ejecutadas para constatar el cumplimiento de los objetivos trazados en el

proyecto. Esto con el fin de extraer conclusiones de las respuestas del sistema fluvial ante las intervenciones efectuadas. Este seguimiento de resultados es conveniente efectuarlo en dos fases, es decir, a corto y mediano plazo, con el fin de darle oportunidad al sistema fluvial a que se inicie sus procesos y quede reflejada la dinámica fluvial y su evolución.

Posterior a la ejecución de las obras de restauración en el sistema fluvial, el seguimiento de la respuesta del sistema fluvial es una parte importante de este proceso, según Fernando Magdaleno Magdaleno, F. (s/f), el seguimiento debe cumplir las siguientes funciones:

- Debe servirnos para conocer el éxito de las diferentes intervenciones efectuadas en el proyecto.
- Debe minimizar algunas prácticas inadecuadas, producto de la ausencia de un objetivo claro, la improvisación o por desconocimiento del medio fluvial.
- Debe fomentar la cooperación entre técnicos y los demás actores públicos y privados implicados en la gestión del sistema.
- Debe permitir abaratar los costos al centrarlos en aquellas intervenciones que ofrezcan mejores resultados.

Para el éxito de un proyecto de restauración fluvial es necesaria la presencia de un compromiso de parte de todos los actores implicados en el diseño, ejecución y seguimiento del proyecto. *“La coordinación de estos esfuerzos debe permitir una correcta definición del programa de seguimiento, y una verdadera aplicación de la experiencia obtenida en los planes de restauración”*. (Magdaleno F. , Principios y técnicas de restauración fluvial., s/f)<sup>393</sup>.

Para realizar un seguimiento efectivo es importante plantearse unos criterios para poder valorar el resultado global del proyecto, y deben estar referidos a los aspectos ecológicos del sistema fluvial y a los aspectos socio-económicos de la región donde está ubicado el río intervenido.

---

<sup>393</sup> Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

*“Aunque es conveniente resaltar que son los criterios relativos al estado ecológico del sistema fluvial los que únicamente van a determinar la efectividad de la restauración desde el punto de vista del río y sus riberas, hay que tener en cuenta que los criterios relativos al bienestar social derivados del proyecto van a ser los que van a determinar, en muchas ocasiones, las posibilidades de mantenimiento de las obras realizadas, y el interés porque se efectúen otros proyectos similares en otras regiones, o se amplíen los ya realizados en el mismo río”. (González & García, 2007)<sup>394</sup>.*

---

<sup>394</sup> González del Tánago, M. y. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente. p. 314.

## **CONCLUSIONES.**

En la actualidad la gran mayoría de nuestros ríos y quebradas urbanas presentan sus espacios fluviales ocupados con usos incompatibles con su funcionamiento, en ese sentido en los países desarrollados existe una tendencia ambientalista y paisajista revirtiendo esa situación y recuperando esos espacios para el río y aprovechando las áreas de inundación con usos acordes al funcionamiento del río tales como actividades recreativas y deportivas, necesarias para las poblaciones ribereñas, integrándolo a la trama urbana dejando de ser el patio trasero de la ciudad. Esta recuperación de las áreas fluviales tiene que pasar por un proceso analítico del sitio para culminar con un proyecto de restauración fluvial donde participa un equipo interdisciplinario con la participación de todos los actores involucrados en el sistema fluvial a intervenir.

Por ser la incertidumbre un elemento frecuentemente presente en el desarrollo de los proyectos de restauración ecológica debido a la multiplicidad de factores que intervienen en sus procesos, será sólo la práctica continua la que nos permitirá conocer hasta donde es factible que funcionen estas recomendaciones para casos específicos. Esta es una disciplina reciente y por los momentos emerge como un área fértil para el desarrollo de puntos de vista más objetivos y para la propuesta de nuevas técnicas, modelos, conceptos y métodos. La sistematización de las experiencias previas y la posterior publicación de sus resultados, proveerán mejores materiales para realizar análisis críticos que permitan evaluar la efectividad y permanencia logradas. No obstante, podemos señalar algunas recomendaciones generales que según nuestro criterio podemos referir luego de este exhaustivo trabajo de investigación. Cabe considerar por otra parte que por ser un tema que se debe considerar desde el nivel macro hasta el nivel micro, en ese sentido igualmente lo referiremos.

Los sistemas fluviales son ecosistemas de gran valor, por ser espacios con la presencia de gran abundancia de agua que constituyen la unión entre dos ámbitos, el acuático y el terrestre, por consiguiente existen en ellos una gran cantidad y diversidad de fauna y flora. Está constituida por un largo

corredor, el único que puede ofrecer una continuidad a las áreas naturales a través de la ciudad, y proporcionar, en muchos casos, los espacios de mayor calidad paisajística del área. Los mejores indicadores para su valoración son su contexto, la vegetación, la calidad y cantidad de agua.

La intervención sobre riberas y márgenes se enfrenta a un problema de disipación de energía de gran envergadura, debido a que el elemento estructural que se debe proyectar para protección de riberas tendrá una resistencia suficiente, que es conveniente que esté ajustada al potencial erosivo del río en ese punto. Por otro lado, los sistemas naturales estables poseen una capacidad portante asociada a la fuerza del río. De allí pues, que al introducir al río una estructura para protección con materiales inertes, los elementos excesivamente duros serán ajenos al paisaje, difícilmente se integrarán y su impacto paisajístico durará muchos años, a menos que se proceda con una intervención con material vegetal vivo o una combinación de ambos, de manera de evitar que se convierta en un foco de degradación de la ribera.

Al intervenir un tramo fluvial urbano debe buscarse recuperarlo para la ciudad, por lo cual es necesario mejorar la calidad de las aguas, controlando los vertidos o desagües de aguas servidas en él, así como también depurarlo y recuperar sus bordes con procesos de estabilización, limpieza, control de usos acorde con el sistema fluvial y un mantenimiento continuo. Otra actividad fundamental es la recuperación de la vegetación riparia, la revegetación con especies autóctonas y la utilización de especies exóticas del tramo intervenido siempre y cuando procedan de sitios adyacentes y se hayan adaptado al medio sin obstruir el desarrollo de las especies autóctonas, es decir, no sean especies invasivas. En cuanto a los usos en los bordes deben ser en lo posible direccionados a lo recreativo y deportivo mediante la creación de parques fluviales reforzando estas actividades con un proceso educativo del ambiente fluvial a los usuarios y centros educativos de la comunidad ribereña.

Los espacios fluviales, por razones ecológicas e hidráulicas, es conveniente que se mantengan como áreas que puedan ser inundadas con cierta periodicidad, y en ellos pueden encontrarse el conjunto de espacios

libres para el esparcimiento urbano. Ahora bien, los espacios naturales menos transformados como las zonas más arboladas y los usos de parque más intenso deben establecerse, en lo posible, entre los espacios edificados y asumir las áreas fluviales, como zonas de transición.

Como técnica de estabilización de las riberas, será recomendable incrementar el uso de la vegetación riparia y la formación de elevaciones contra las inundaciones en sectores que lo amerite, para la mejora de la calidad ambiental. Así mismo, la vegetación de ribera, de acuerdo a sus características, se encuentra en gran medida en el canal de desagüe de gran parte de las avenidas. Por consiguiente, es necesario mantener dicha vegetación, y dejar más espacio libre para mantener la capacidad de desagüe y no permitir la construcción de estructuras fijas en el cauce que lo estrechen, y así evitar problemas con los restos de vegetación arbórea que puedan ser arrastrados por las aguas en los procesos de avenidas.

El cauce debe ser diverso, es decir, se deben mantener zonas de mayor y menor velocidad de circulación del agua y las riberas no deben ser lisas, la rugosidad presentada por la presencia de las piedras es imprescindible para la fauna acuática. Además, un cauce diverso mejora la calidad de las aguas debido a que la presencia de las piedras tiene una mayor capacidad de autodepuración, e igualmente le proporciona un punto focal al paisaje que puede ser aprovechado por los proyectistas para el disfrute de la población.

En el caso de sistemas fluviales localizados en áreas urbanas, su contexto es muy intervenido y con una gran degradación, por consiguiente, es preciso generar una franja de protección o aislamiento que permita crear un espacio de transición entre el entorno natural y el entorno antrópico como lo es la ciudad, de manera que amortigüe la contaminación ambiental que ésta genera. El uso de la vegetación como barrera es lo más propicio para estos casos por las propiedades que ella posee en cuanto a la amortiguación de ruidos, su capacidad filtrante y su facultad generadora de hábitats para especies riparias que restablece los ecosistemas existentes en la restauración ecológica.

La ordenación fluvial en áreas urbanas no solo debe tratar de ordenar el espacio en el que forma parte, debe tener en cuenta a un territorio mucho mayor, es decir, tomar en consideración toda la cuenca vertiente, en el cual podemos distinguir varios tipos de espacios para analizar como la cuenca, llanuras de inundación, corredor ripario y cauce, como ya vimos, cada uno de ellos cumple un papel distinto, y se caracteriza por ser un territorio cambiante a lo largo del tiempo, cuyo proceso de ordenación pasa una racionalidad compleja al interactuar en él los procesos fluviales y las perturbaciones antrópicas, las cuales se incrementan con la cercanía a las ciudades. Es necesario analizar los usos del suelo en las áreas ocupadas en la llanura de inundación y la necesidad para que estos usos estén cerca de los ríos, además de la capacidad que tiene para ser ocupada por el agua durante los procesos de avenidas y la posibilidad que tiene el cauce de tolerar alteraciones en planta del trazado.

En la ordenación fluvial se debe potenciar la consideración físico-biológica y paisajística de los espacios fluviales y coordinar con los distintos Organismos Gubernamentales y con la comunidad la toma de decisiones. Se deberán considerar los niveles territoriales (Metropolitano, Municipal y Estatal) necesarios para ordenar el conjunto de dichos espacios y coordinar las determinaciones de los distintos planes sectoriales definidos por la legislación vigente. Con esta participación ciudadana, también se puede lograr su colaboración en la etapa de ejecución de los trabajos en el sistema fluvial.

En la ordenación de las nuevas áreas urbanas se debe fomentar y fortalecer el mantenimiento de los procesos fluviales naturales. De ser necesario modificar los espacios fluviales se deberán crear otros nuevos con similares características. Así como también, en la misma área urbana se deberá solucionar los posibles cambios en la escorrentía, para evitar que estos sean transferidos aguas abajo y aumentar el caudal con aguas contaminadas.

La morfología de los espacios fluviales es variable, heterogénea, irregular, y son ocupadas temporalmente; además poseen una especial relevancia para el mantenimiento de la naturalidad de río. A diferencia de las estructuras urbanas que son ordenaciones uniformes, geométricas,

permanentes. Sin embargo, estas diferencias también podrían ser utilizadas favorablemente para de la ciudad, al poder adaptarse a los espacios fluviales en su cercanía, en lugar de apropiarse de esos espacios de manera no controlada. Las formas que crean los ríos se deben utilizar como base para la ordenación urbana, manteniendo su morfología y su diversidad ecológica, además no se debe potenciar el efecto barrera con materiales duros, a fin de facilitar el uso ciudadano del espacio fluvial de manera racional y conservacionista, y así facilitar la integración río-ciudad.

La continuidad longitudinal del cauce crea un efecto barrera, efecto que en ocasiones se ha incrementado por la construcción de muros de protección y de otros elementos lineales paralelos y colindantes al cauce, por ejemplo las vías de comunicación, como es el caso de la autopista Francisco Fajardo y el Río Guaire en la ciudad de Caracas. Es esencial para el ordenamiento espacial en lo posible, no incrementar el efecto barrera mediante infraestructuras o vías de comunicación en las márgenes de los ríos, ya que generalmente generan su rigidización, la regularización de su trazado y la eliminación del corredor ripario, además de dividir la ciudad aún más.

Existen casos donde los bordes y los cauces presentan áreas de difícil acceso a la población y no llegan al contacto directo con la lámina de agua a causa de la presencia de cantos rodados, gran exuberancia de la vegetación, o la presencia de humedales. Estos espacios son necesarios para la dinámica del río y pueden ser aprovechados por la población como espacios naturales y de esa manera se elimina la tentación de "urbanizarlos". Los procesos fluviales generan una irregularidad morfológica y topográfica la cual debe mantenerse, esto producirá unos espacios urbanos de forma irregular al conectarlos con la trama urbana, generalmente más regular. De allí pues, que es recomendable optar por crear un espacio de transición con estas áreas necesarias para el sistema fluvial y tratarlas en lo posible con vegetación exuberante como elemento de transición entre el sistema fluvial y la trama urbana.

En la integración de la ciudad con las áreas adyacentes a los espacios fluviales se debe tratar como un solo territorio, la cuenca vertiente completa y no por tramos. Desde el punto de vista administrativo debe ser considerado en

todos los niveles del Planeamiento Urbano, es decir, el metropolitano, el municipal o subregional y el regional o estatal (es). El plan de ordenamiento debe ser un plan integral, que contenga los distintos elementos y abarque los espacios necesarios para su restauración y que se ajuste a los requisitos de las figuras de ordenación establecidas en las distintas leyes y ordenanzas municipales. El ordenamiento debe ser una administración coordinada de este espacio en la que las consideraciones hidráulicas, urbanísticas, geomorfológicas, paisajísticas y ambientales se tengan en cuenta al mismo tiempo, que cuente con técnicos en dichas disciplinas científicas, en la que la concesión de permisos de construcción, uso del suelo, cambio de vegetación y parcelamientos sean analizadas y concedidas o denegadas de manera unitaria y cuya base de trabajo sea el mantenimiento de los espacios fluviales que permita la funcionalidad del sistema fluvial y no las obras. Desde el punto de vista de la población es necesario hacer entender a los propietarios ribereños y la población en general de no percibir esos espacios como terrenos de nadie y se interesen por su mantenimiento físico, biológico y paisajístico de manera que mejore su calidad de vida.

En caso de que la trama urbana de la ciudad se encuentre en los espacios fluviales, en lo posible se debe tratar de mantener la diversidad morfológica natural del cauce y de sus riberas, como alternativa a los ríos encauzados, embaulados y poco diversos en sus riberas como tradicionalmente ha sucedido en nuestros ríos y quebradas urbanos. Estas márgenes deben ser tratadas con técnicas y materiales blandos y como uso ciudadano se debe permitir uno de menor intensidad hacia el borde del cauce. Además, como ya mencionamos, se deben tratar los espacios adyacentes a las riberas como espacios de transición entre los usos urbanos y un espacio natural, como alternativa a la consolidación de las riberas y el uso de parte de los ciudadanos debe ser de baja intensidad donde predomine la contemplación del paisaje fluvial mediante senderos o paseos en parques urbanos. En cuanto a la vegetación se debe conservar la existente dentro del cauce, lo que amerita más espacio para el desagüe hidráulico, además de propiciar la vegetación de ribera.

En las intervenciones propuestas se debe contemplar las implicaciones ambientales y funcionales además de las estéticas del contexto donde se actúa para generar el menor impacto ambiental y visual. Es por ello que en el manejo de los elementos que forman parte del diseño paisajista como la topografía, caminos y senderos, el revestimiento de pisos, uso y aprovechamiento de aguas superficiales, puentes, plazoletas, escaleras y bordes, se deben utilizar en lo posible materiales naturales que se adapten al paisaje y permitan la infiltración del agua en el suelo de manera que lleguen a los acuíferos subterráneos. En este manejo de materiales se debe lograr los mayores beneficios paisajísticos, sociales y económicos con los menores costos y riesgos ecológicos y con el menor uso posible de materiales naturales y sobremanera de materiales artificiales.

En todo proceso de restauración de bordes fluviales la vegetación cumple un papel primordial, por consiguiente la capa vegetal de los suelos es de suma importancia conservarla, lo que implica mantener la topografía del terreno a intervenir lo más natural posible y evitar los movimientos de tierra que implican la remoción del sustrato con mayores nutrientes del suelo. No obstante, de ser necesario efectuar un movimiento de tierra, se debe optimizar el aprovechamiento de la topografía para aprovechar la naturaleza del lugar, generando espacios con interés para el descubrimiento y la exploración sin causar un impacto negativo en el medio. La maquinaria que se utilice para estos trabajos nunca debe estar dentro del cauce, debe efectuarse desde las orillas o preferiblemente sobre los taludes, de manera de no dañar el lecho del río. Posterior a estos trabajos de movimiento de tierra se deben restituir las condiciones de permeabilidad del suelo ripario para permitir la infiltración de las aguas hacia los acuíferos, en otras palabras, se debe eliminar la compactación del suelo producida por el paso de la maquinaria.

Los taludes generan áreas de aislamiento y espacios protegidos de perturbaciones. Su tratamiento en lo posible siempre debe ser con materiales naturales a menos que presente algún problema de inestabilidad para lo cual amerite la utilización de un material inerte, en ese caso la piedra de la región es el material que puede ayudar a integrarse mejor al paisaje, sin embargo es

recomendable el uso de técnicas de ingeniería del paisaje que permite la combinación de las piedras o palos de madera muertos con material vegetal vivo, como lo señalamos anteriormente y de esa manera con el tiempo la revegetación del talud disimulará la visual de la piedra.

Todos los sistemas fluviales son diferentes uno de otros, habida cuenta que en ellos interactúan una gran cantidad de factores que permiten su funcionalidad, por lo cual es difícil plantear con especificidad el tipo de planta a utilizar en cada tramo intervenido, debido a esa multiplicidad de condiciones que imperan en estos sistemas. No obstante, podemos señalar algunos criterios generales que nos van a guiar en la precisa selección de las especies vegetales a utilizar en el tratamiento de bordes fluviales en general y el urbano en particular.

El uso de la vegetación en los tratamientos de bordes fluviales en general, es una buena opción para afrontar los problemas de erosión y estabilidad de los suelos, ya sea utilizándola por sí sola o como complemento a soluciones de ingeniería. es un material vivo, que actúa como un "muro viviente" para evitar la erosión y estabilizar las pendientes, el éxito de alcanzado está relacionado a las características que tienen algunas plantas a la resistencia al cortante de los suelos permeados por raíces y la resistencia de las raíces a la tensión, las cuales son aprovechadas para el reforzamiento de las pendientes del suelo, mediante un sistema radicular extendido y fuerte, que ayuda a reforzar la masa del suelo, especialmente en la capa superficial. Desde el punto de vista hidrológico, la vegetación influye sobre la velocidad y el volumen del flujo del agua hacia las riberas y sobre la superficie del talud mediante los procesos de intercepción, flujo radicular, evaporación de gotas en las hojas, evapotranspiración e infiltración; y desde el punto de vista mecánico, la vegetación incrementa la fortaleza y competencia del suelo en el cual está creciendo y por lo tanto contribuye a su estabilidad.

A lo largo del perfil longitudinal, la línea que describe el curso del río, con su humedad, es la que determina la distribución de vegetación y esa comunidad vegetal es el llamado bosque galería, bosque de ribera o bosque ripario. La vegetación crece en los márgenes del cauce del río formando

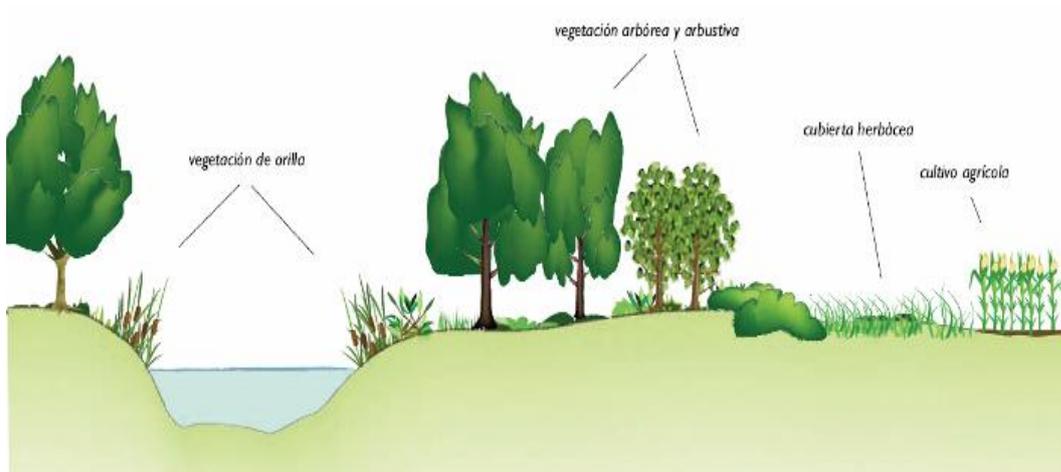
bandas paralelas según la resistencia a los desbordamientos del río y a los requerimientos de humedad. Dada sus características, estos bosques de galería se convierten en corredores ecológicos que albergan gran diversidad de flora y fauna, transformándose en una zona ecológicamente frágil, que debe ser protegida o tratada como tal, y el uso urbano que se va a implantar debe ser controlado.

El manejo es siempre pues una intervención antrópica. En estas áreas protegidas el manejo de la vegetación debe tender a restablecer las coberturas naturales características del sitio, es decir, se debe permitir el desarrollo de la vegetación autóctona. Existe una diferencia fundamental entre las áreas para la recreación y las áreas protegidas, la cual según la categoría de protección varía el tipo de manejo, siempre dirigido a recuperar los niveles de naturalidad en los elementos y procesos ecológicos, a fin de propiciar la conservación. Por lo tanto, al introducir plantas exóticas, éstas deben ser ya naturalizadas en el sector o en áreas adyacentes para poder garantizar su desarrollo de forma rápida y eficaz.

En el manejo de la vegetación de las áreas adyacentes al río debemos aprovechar las funciones de protección al ecosistema que poseen las plantas, siguiendo y respetando el criterio de implantación que maneja la naturaleza. Por consiguiente, la vegetación que crece en el cauce y en las orillas del río debe ser arbustiva y arbórea riparias autóctonas, donde su desarrollo y propagación debe ser impulsada por la misma naturaleza, a través del propio río, el viento y la fauna que utiliza el corredor fluvial. En otras palabras, debemos permitir que prevalezca la flora y su fauna asociada original del sector intervenido. Cabe considerar por otra parte, si se quiere agilizar el proceso de revegetación de esta franja del río se pueden sembrar otros individuos de las mismas especies autóctonas provenientes de otro sector adyacente. La vegetación debe ser con un sistema radicular muy denso como las adventicias y que toleren muy bien la humedad y en algunos casos poseer la tolerancia a largos periodos en el agua.

En los bordes fluviales urbanos, la cercanía de la ciudad genera diferentes tipos de contaminación que llegan al río, por consiguiente debemos utilizar la vegetación como filtro. En ese sentido, habíamos comentado el uso

de bandas protectoras o “*buffer-strips*” para ejercer una función de filtro, evitando la llegada de contaminación difusa a las aguas del río, esto nos obliga a respetar o crear entre las orillas del río y la ciudad dos franjas de vegetación adicional a la ya comentada en las orillas, una arbórea en la parte interna de la banda protectora cuyo sistema radicular debe ser profundo y ramificado con buena tolerancia a la humedad, y su función será la de utilizar las escorrentías superficiales procedentes de la otra franja de vegetación herbácea y gramínea que estará ubicada más cerca de la trama urbana y cuya función será absorber los nitratos solubles que contengan las aguas provenientes de las escorrentías antes de que éstas arriben al cauce.



Bandas protectoras de vegetación.

Fuente:

[http://www.mma.es/secciones/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/dominio\\_hidraulico/conserv\\_restaur/pdf/26\\_Guia\\_Metodologica.pdf](http://www.mma.es/secciones/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/pdf/26_Guia_Metodologica.pdf)

Los usos del suelo en estas áreas deben ser controlados de manera de permitir el disfrute del río y todos sus espacios fluviales por la población urbana, sin perjudicar la funcionalidad de los ecosistemas fluviales. Dentro de esta perspectiva, creemos conveniente recomendar el uso recreacional pasivo en las dos primeras franjas de vegetación adyacentes al río y en la tercera franja más cercana a la ciudad permitir la recreación activa. Ahora bien, en caso de disponer áreas suficientes podríamos ubicar un área de transición entre la ciudad y el sistema fluvial con uso de parque urbano donde podamos

concentrar toda la actividad de recreación activa y mantener las tres franjas anteriores como recreación pasiva.

Para proteger la vegetación del sistema fluvial contra los abusos de la población en el uso de estos espacios, debemos generar una circulación controlada por las áreas que nos da el bosque de galería. En ese sentido, los senderos ejercen una función importante dentro del esquema paisajístico de las áreas exteriores porque te definen la ruta por donde debe recorrerse el área e indica lo que debe percibir el visitante del lugar. Deben ser construidos con materiales que se adapten fácilmente al paisaje y permitan la permeabilidad del terreno, es decir, deben permitir la infiltración del agua de manera que puedan alimentar los niveles freáticos del subsuelo. Estos materiales pueden ser de diferentes tipos, colocadas sin cemento y sin ningún material impermeabilizante. Entre los materiales que podremos utilizar tenemos la piedra, madera, troncos, arena, tierra, cobertores vegetales como la grama y otros. Estos materiales se utilizan solos o en combinación de varios de ellos, es decir, combinando materiales duros con materiales blandos, que son los que permitirán la infiltración del agua proveniente de las escorrentías y las inundaciones. Un ejemplo del sendero puede ser la utilización de piedra suelta con una contrahuella de madera con una baranda de protección en madera, o la utilización en esos caminos peatonales de la tierra combinado con un triturado de ladrillo, lo que no modifica la permeabilidad del suelo.

Las escaleras que serán necesarias construir para vencer los desniveles de poca altura, deben ser tratadas con los mismos materiales que ya habíamos comentado en los senderos, porque deben permitir la permeabilidad del agua hacia los acuíferos. Estos materiales pueden ser la madera, piedra, arena, tierra, troncos y de ser necesaria la utilización de barandas lo más recomendable es la madera con espacios entre los postes de manera de no obstaculizar las visuales y dejar pasar los niveles de agua proveniente de las avenidas.

En el recorrido de los senderos por las áreas del sistema fluvial podemos crear sitios de encuentro, puntos de contemplación o simplemente plazas. Estas áreas por ser lugares de concentraciones y encuentros de usuarios, sus

sistemas constructivos deben poseer un buen drenaje para evitar las acumulaciones de agua, con pavimentos que permitan la permeabilidad y en lo posible deben predominar los materiales naturales sobre los artificiales. Con el uso de materiales en los pisos de las plazas, debemos seguir con el mismo criterio de permitir la infiltración del agua hacia los niveles de agua subterráneos. Por ser áreas mayores que los senderos es recomendable la utilización de cobertores de vegetación como la grama o la combinación de materiales duros y blandos pero nunca utilizar una gran área de material duro.

La utilización de puentes y pasarelas peatonales para salvar distancias cortas en el recorrido por los senderos, deben ser construidas con materiales naturales como madera y piedra por adaptarse mejor al paisaje, a menos que estructuralmente sea necesario el uso de metal y concreto. En casos de salvar distancias largas podremos utilizar el concreto preferiblemente con una estructura muy esbelta de manera que no impacte negativamente el paisaje. En cuanto al material de las barandas, deberíamos utilizar preferiblemente la madera, pero si la seguridad del usuario exige el uso del metal, es recomendable pintarlos con un color que se pierda en el paisaje de manera que no se convierta en un punto visual que domine sobre el paisaje.

En el recorrido por los senderos posiblemente nos encontraremos áreas que impliquen un límite para el usuario, sea por razones de seguridad o por fragilidad del ecosistema. Estos bordes, límites, o linderos deben tratarse con materiales naturales. Si es utilizado para formar una barrera visual, la vegetación es lo más recomendable, ahora bien si resulta ser un talud, igualmente la vegetación juega un papel importantísimo en su revestimiento a menos que presente algún problema de erosión donde el uso de piedras o maderas en combinación con vegetación sería la alternativa a utilizar.

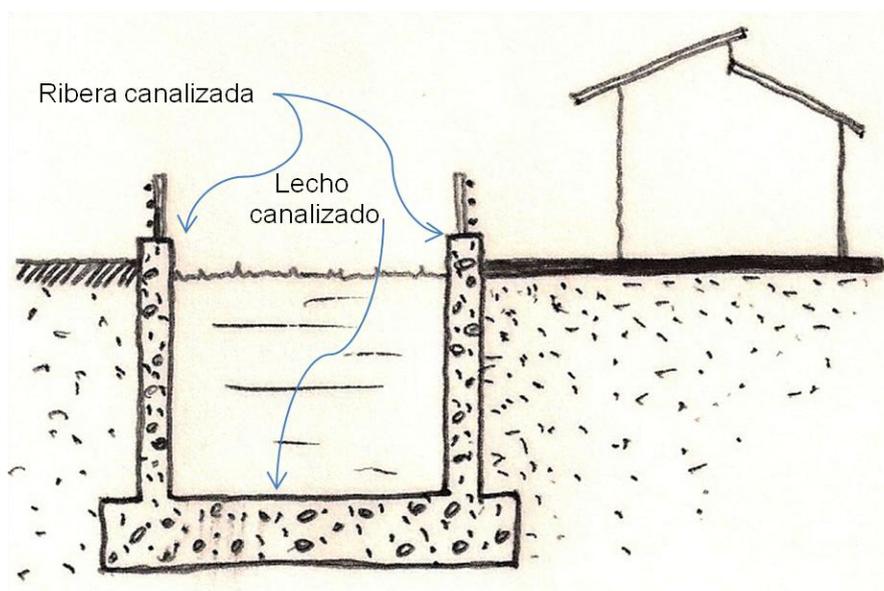
Dentro del área de uso controlado podemos generar rutas para circular en bicicletas y en su diseño se debe aprovechar al máximo los caminos existentes en las proximidades del río y conectar, en lo posible con los caminos de los parques urbanos. El recorrido de la ciclovía debe ser fuera del cauce ordinario del río y en las zonas donde no afecte a la vegetación ligada al medio hídrico existente, y estará conectada con todas las áreas de descanso y

esparcimiento. La superficie de la ciclovía tendrá una base de terreno firme compuesta por tierra compacta de aproximadamente 0,25 m de espesor. Dada la interacción con el entorno natural existente será necesaria la incorporación de estructuras como pasarelas, barandas y badenes en el recorrido para hacer posible la conectividad entre sus diferentes tramos de forma cómoda y segura. En el trazado a construir por los taludes se debe procurar no superar pendientes del 18%.

La circulación vehicular es un elemento necesario en nuestra cotidianidad pero muy perturbador para cualquier ecosistema. Como principal recomendación debemos evitar en lo posible su cercanía al río, salvo la necesidad de cruzar el cauce a través de un puente estructural y en el caso de poder intervenir en su proceso de diseño, lo más recomendable será que las bases estén lo más alejada posible del cauce. En los casos que la estructura del puente se encuentre en condiciones precarias, será conveniente aprovechar su remoción y proponer una estructura nueva que no perturbe los procesos fluviales. Ahora bien, en los casos de estructuras bien establecidas lo recomendable será la plantación con vegetación de sistema radicular denso y de alta tolerancia a la humedad en sus riberas próximas a fin de proteger la estructura de las corrientes laterales del río y ocultar parte de la estructura con el follaje de la vegetación para disimular la estructura en el paisaje fluvial. Si se desee encubrir aún más la estructura tenemos el recurso de la pintura seleccionando colores que nos ayuden a ocultarla.

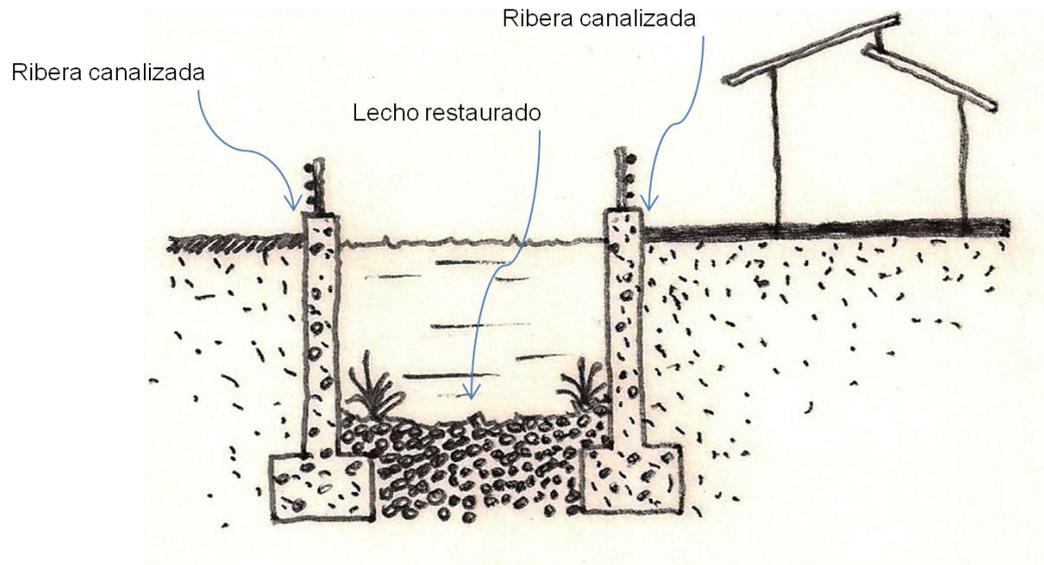
Habíamos mencionado anteriormente lo inapropiado de crear una barrera a lo largo del cauce, porque corta la ciudad en dos e impide su integración con el río, como ocurre en Caracas con la Autopista Francisco Fajardo en su trayecto paralelo al río Guaire. No obstante, si esta misma solución se plantea luego del espacio de transición en lo que llamamos parque urbano como calle o avenida de baja velocidad con la posibilidad de crear estacionamientos y servicios cónsonos con este uso, y de esta manera estamos generando la integración urbana con el parque urbano, el río y sus espacios fluviales.

En algunos tramos urbanos donde los ríos están muy deteriorados y constreñidos, como sucede en la ciudad de Caracas, va ser necesario rescatar para el río algunos de sus espacios colindantes. La primera intervención que debe ejecutarse es la descontaminación del agua, el cual es el objetivo más importante, no solo del tramo a intervenir, debe abarcar también los afluentes de este tramo, eliminando todas las causas que la generan. Es importante señalar que las obras de saneamiento no causen a su vez el deterioro de otros elementos o aspectos del río. Como segunda intervención podemos señalar restablecer el contacto entre el ecosistema fluvial y el terrestre mejorando la vegetación de ribera. Para ello será necesario restaurar la morfología del cauce, de su lecho y la continuidad longitudinal del cauce. Esta intervención ayudará a propiciar la creación de hábitats para el retorno de la fauna asociada a las riberas.



Cauce acanalado

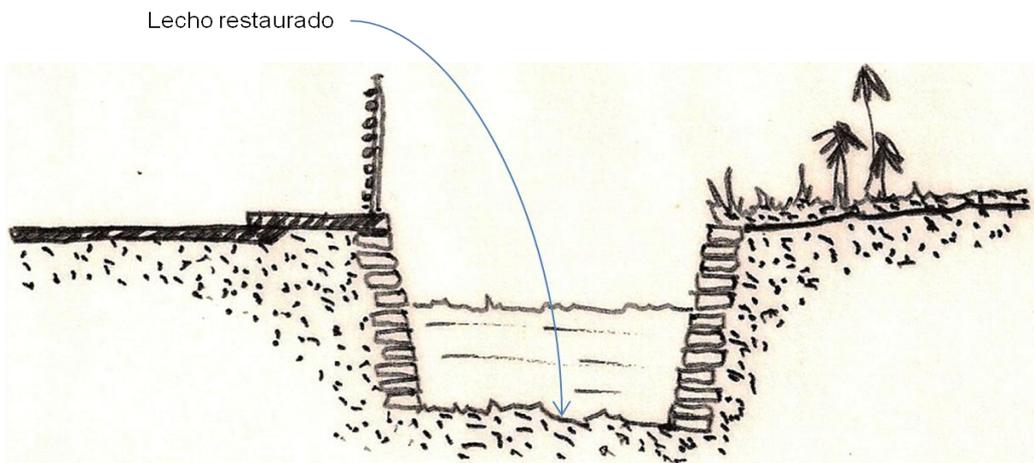
Fuente: elaboración del autor.



Lecho restaurado.

Restauración de lecho del río.

Fuente: elaboración del autor.



Lecho restaurado.

Restauración de lecho del río.

Fuente: elaboración del autor.

La tercera intervención, se refiere a la necesidad de regenerar unas riberas más naturales, en el caso de que exista algo de espacio para ello, es decir, la restauración de las orillas y riberas, eliminando los revestimientos existentes reconstruyéndola con materiales naturales y si es necesario la

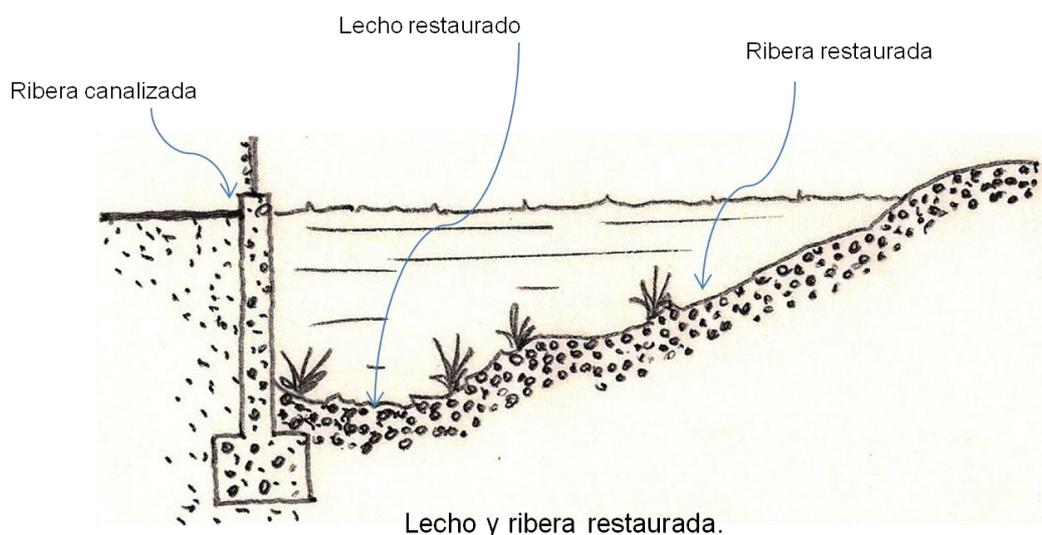
estabilización de un sector usaremos materiales inertes combinados con material vegetal vivo. En caso de existir menos espacio, mantener una ribera artificial y crear otra más natural, es decir, restaurar un borde fluvial con vegetación y alguna protección de ribera mientras el borde opuesto permanece sin restaurar.



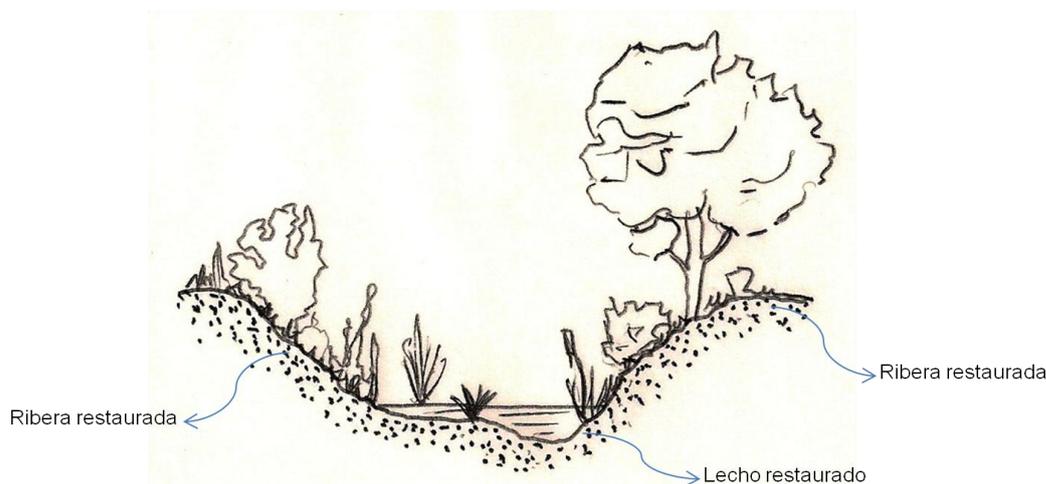
Lecho restaurado.

Restauración de un borde o ribera.

Fuente: elaboración del autor.



Fuente: elaboración del autor.



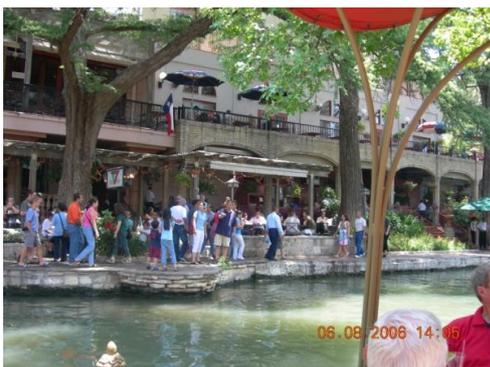
Lecho y riberas restauradas.

Restauración del lecho y los dos bordes o riberas.

Fuente: elaboración del autor.

Como cuarta intervención describiremos un escenario desfavorable, como la ausencia de posibilidad de conseguir más espacio, para ello existe una opción aunque costosa pero válida, la cual es mantener el trazado original del río como cauce natural para aguas bajas, y crear un nuevo cauce de desagüe ocasional para los eventos extremos como las avenidas y con un trazado distinto donde exista más espacio. Las intervenciones en este cauce de aguas bajas consistirán en crear un espacio de mayor calidad urbana y paisajística que el actual, aunque de escasa naturalidad desde el punto de vista de la dinámica fluvial, efectuando tratamientos paisajísticos del cauce, como mantener artificialmente una lámina de agua o de las riberas y crear paseos urbanos a ambos lados del cauce.

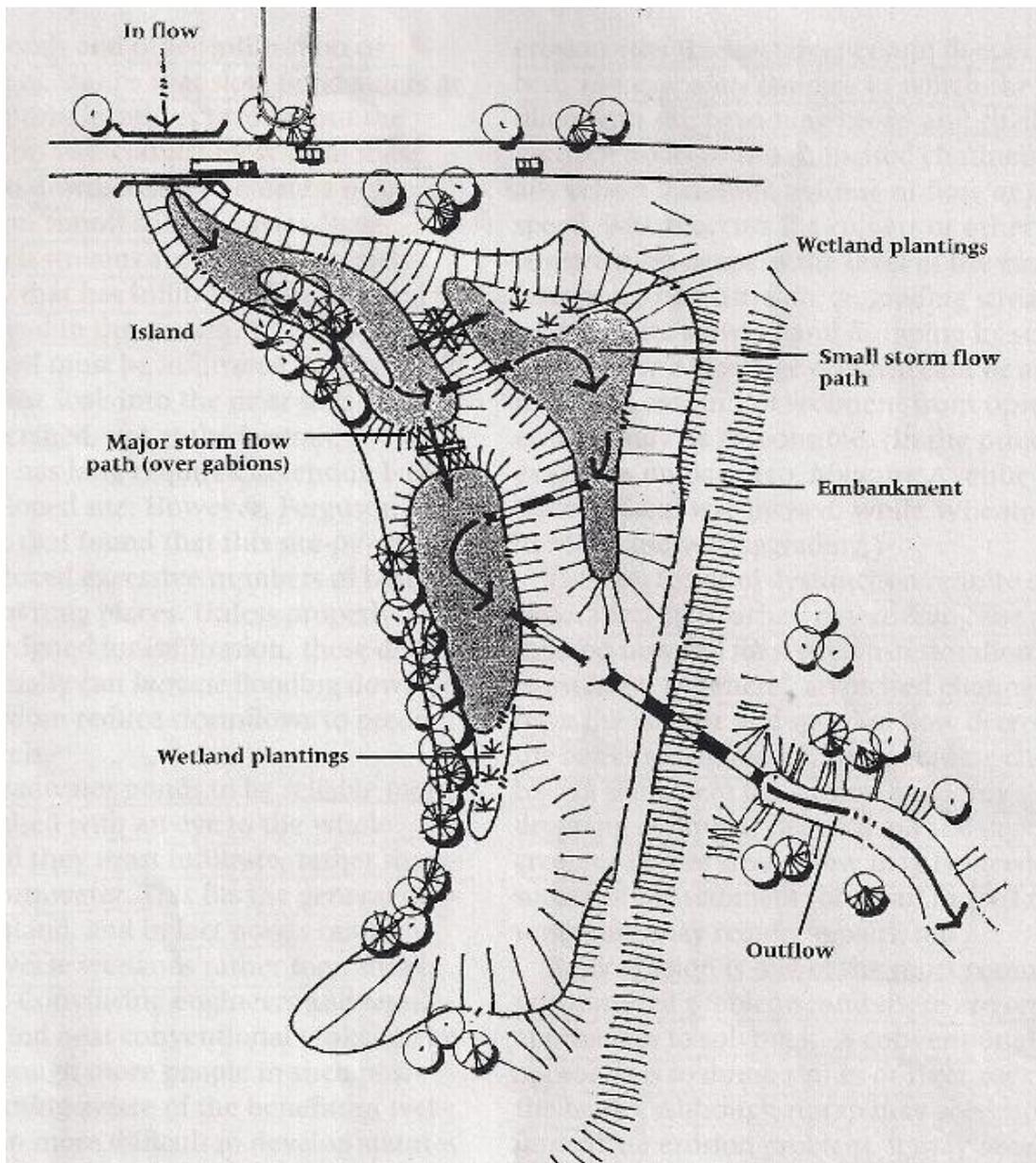
Estos paseos pueden ser en la cota superior a nivel de la calle o a nivel de la cota del agua, aprovechando el control de caudales efectuado con la construcción de un dique para represar las aguas o un canal para desviar los niveles de avenida, o la combinación de ambos. Logrando una fuerte integración de la Ciudad con el río que puede ser muy bien aprovechado desde el punto de vista turístico como sucede en la ciudad de San Antonio, Texas de los Estados Unidos, donde se combinan muy bien los usos comerciales, turísticos y recreativos en el borde fluvial urbano con la aplicación del control de caudales del río San Antonio.



San Antonio Riverfront, San Antonio, Texas

Fuente: Fotografía propia del autor. Agosto 2006.

Otra intervención posible para el control de caudales es almacenar las aguas provenientes de los procesos de avenidas o crecidas mediante la creación de lagunas de almacenamiento, las cuales retienen el agua excedente antes de llegar a la zona urbana. Las áreas alrededor de la laguna deben permanecer como zonas verdes y el tratamiento de la vegetación debe ser con el mismo criterio utilizado en los ríos y quebradas, propiciar la vegetación riparia en el cauce y sus orillas y una franja de vegetación protectora alrededor de ellas, de esa manera también se propicia la creación de hábitats para la fauna.



Lagunas de almacenamiento de niveles de avenidas.

Fuente: Thomson, W. Sorving, K. (2000). *Sustainable landscape construction*. Washington DC. Island Press.

Estas lagunas de almacenamiento pueden ofrecer muchas ventajas sobre los tradicionales ríos y quebradas canalizadas y embauladas, entre ellas podemos citar la preservación de las áreas naturales y una gran oportunidad de recreación para las poblaciones adyacentes. Pueden estar ubicadas lagunas pequeñas, depresiones, humedales construidos, etc. En la etapa de diseño requieren efectuar análisis hidrológicos para detectar la capacidad de transporte y almacenamiento de los niveles de avenidas.

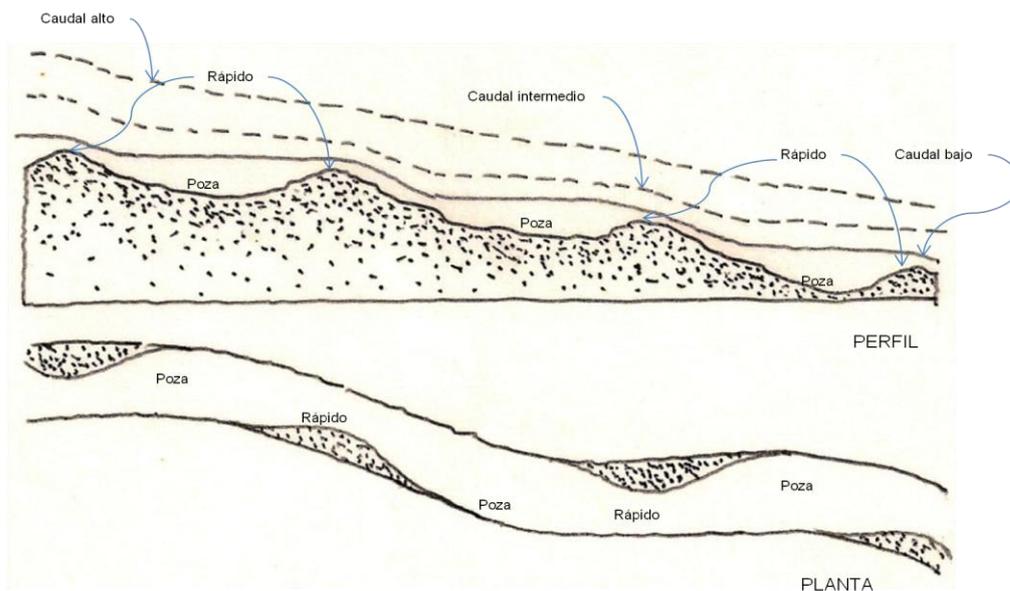
Otra intervención posible en los Sistemas Fluviales Urbanos es proveer la rugosidad en las orillas en los casos de cauces canalizados, mediante piedras, vegetación y elementos vegetales como raíces y troncos. Cuando un cauce no presenta esta aspereza producida por estos elementos no es apta para la creación de hábitats de las especies acuáticas, porque son generadores de coberturas, sombras y depósitos de alimentos. Además al estar presentes estos elementos en el cauce se generan unas piscinas por la erosión de las piedras y crean turbulencias alrededor de ellas piedras y forman los cantos rodados, lo cual lo hace muy atractivo visualmente para el aprovechamiento paisajístico.



Rugosidad de las orillas.

Fuente: <http://www.kangaroosearch.co/search/images?search=r%C3%A1pidos&type=images&startpage=4>

En ese orden de ideas, la colocación de piedras dentro del cauce de ríos y quebradas produce el mismo efecto de turbulencia entre ellas, creando áreas de rápidos y remansos que controlan el proceso erosivo del lecho y las piscinas formadas en los remansos también forman hábitats para algunas especies acuáticas. Esta intervención dentro del cauce también genera un punto de interés visual para ser aprovechado en el diseño del paisaje, el cual puede ser aprovechado por los usuarios de estas áreas al desplazarse por senderos y caminos o en miradores y plazas.



Rápidos y pozas o remansos.

Fuente: Elaboración del autor.

Cualquier restauración de ríos y quebradas debe empezar por mejorar la calidad de las aguas y en ciudades como Caracas que posee un sistema fluvial muy intervenido y altamente degradado, representado en este caso por el río Guaire y sus quebradas que sirven de afluente, el proceso de restauración va resultar muy complejo, debido a que dichos afluentes se encuentran invadidos por ranchos los cuales están contruidos en sus riberas, descargando en sus aguas cualquier cantidad de desechos líquidos y sólidos.

Hemos comentado varias situaciones que serían las ideales en una relación río-ciudad, lamentablemente en la ciudad de Caracas, la mayoría de sus quebradas ubicadas en el valle se encuentran altamente intervenidas y todas estas consideraciones suenan muy difíciles de implementar. Se necesita una conciencia ambiental de la población y de sus autoridades, un presupuesto muy alto para recuperar los espacios fluviales, voluntad política y jurídica porque tenemos las leyes, solo hace falta hacerlas cumplir. No obstante en las quebradas ubicadas en las áreas aledañas como La Guairita en el Municipio Baruta, aún se puede lograr algo de estos planteamientos, hay sectores donde fácilmente se pueden aplicar por ser utilizados como parques y áreas verdes, sin embargo hay sectores como en las cercanías al Cementerio del Este la situación cambia por las intervenciones no controladas en sus

bordes y la proliferación de ranchos, auto-lavados y talleres que impiden la integración y contaminan con aguas servidas la quebrada.

La ciudad de Caracas está ubicada en un valle rodeado de montañas, cuyos drenajes fluyen a través de una gran cantidad de quebradas, que desaguan aguas abajo en los ríos ubicados sobre la cota más baja de dicho valle. Si efectuamos una sumatoria de las longitudes de todos estos corredores fluviales nos representan una gran cantidad de kilómetros de bordes fluviales urbanos que poseemos. Luego de haber finalizado este estudio y al pensar su aplicación en nuestra Gran Caracas nos sorprende que esta ciudad no posea estos espacios protegidos y con usos acordes a su fragilidad y calidad del paisaje. Estos espacios debidamente preservados deberían formar parte de una gran red de corredores ecológicos que se interconectarán con los parques urbanos y la zona protectora de Caracas, mejorando el paisaje urbano, ampliando las áreas recreativas para el ciudadano capitalino, mejorando la calidad de sus aguas, aumentando la biodiversidad, revalorizando el costo del terreno, creando oportunidades socio-económicas a los vecinos de su entorno, fomentando su historia, creando oportunidades de educación ambiental a las escuelas de la ciudad y en fin aumentando la calidad de vida de la población.

Como decía Ian McHarg, y lo referimos en el inicio de este trabajo: *“...la naturaleza no es el enemigo que el hombre debe conquistar, sino que debe ser tratada como aliada y amiga. De ella debemos aprender sus leyes y debemos respetar sus consejos”*. Esto nos hace pensar que todo no está perdido, solo falta nuestra disposición.

Este trabajo nos ha abierto los ojos ante la cotidianidad de ver a nuestros bordes fluviales urbanos perdidos en la red urbana y nos da una esperanza de poder cambiar esta situación. Cada capítulo nos ha suministrado una serie de conocimientos básicos que fácilmente podríamos profundizar y convertirlos en otros trabajos de investigación, a fin de llegar a propuestas más concretas para revertir este escenario y devolverle a la naturaleza lo que inconscientemente le hemos quitado. Esperamos que este pequeño grano de arena sea el inicio para otros colegas en la búsqueda de una alianza de amistad y respeto de nuestras ciudades con la naturaleza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arenas, J. M., & Montes, C. &. (2002). *La Restauración de los ecosistemas en el Corredor Verde del Guadiamar*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Conserjería de Medio ambiente de la Junta de Andalucía.:

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub\\_revistama/revista\\_ma40/ma40\\_7.html](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_revistama/revista_ma40/ma40_7.html)

Arial, F. (1999). *El Proyecto de Investigación. Guía para su elaboración*. Caracas: Oriol Ediciones.

Cañadas, E., Muñoz, G., Arroyo, E., & Valle, F. (s.f.). Metodología para el estudio de la vegetación de ribera en la planificación de las actuaciones en sistemas fluviales. Recuperado el 6 de Enero de 2011, de [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Bkw3UjOc5yEJ:congreso.us.es/ciberico/archivos\\_word/92b.doc+retraso+de+avenidas,+reducci%C3%B3n+de+da%C3%B1os+por+erosi%C3%B3n+de+m%C3%A1rgenes+y+el+dep%C3%B3sito+de+sedimentos+y+part%C3%ADculas+org%C3%A1nicas,+ent](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Bkw3UjOc5yEJ:congreso.us.es/ciberico/archivos_word/92b.doc+retraso+de+avenidas,+reducci%C3%B3n+de+da%C3%B1os+por+erosi%C3%B3n+de+m%C3%A1rgenes+y+el+dep%C3%B3sito+de+sedimentos+y+part%C3%ADculas+org%C3%A1nicas,+ent)

Ceccon, E. (2003). *Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas*. . Recuperado el 6 de Agosto de 2010, de Revista Ciencias N° 72. Octubre-Diciembre 2003. México. : <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no72/CNS07206.pdf>.

Centeno, F. (1995). *Ingeniería biotécnica y bioingeniería. Nuevas tendencias de la geotecnia para las obras de tierra, la estabilización de taludes y el control de la erosión*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Ponencia en XVII Seminario Venezolano de Geotecnia. Del Estado del Arte a la Práctica.: [www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d](http://www.centeno-rodriguez.com/.../Articulo%20Seguimiento%20Instrumental%20L4%20Metro%20d)

Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Bilbao: Fundación BBVA.

Enríquez., A. (s/f). *Especies vegetales exóticas en cauces y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Revista Foresta N° 41. Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales.:

[http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2041/especies\\_vegetales\\_exoticas.pdf](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2041/especies_vegetales_exoticas.pdf) .

Esteva, F. (1969). *Arboles ornamentales y otras plantas del trópico*. Caracas: Armitano.

FAO. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. Capítulo 5. Transporte de sedimentos*. Recuperado el 12 de Junio de 2010, de Boletín de suelos de la FAO. N° 68. Departamento de desarrollo Sostenible. FAO.: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s07.htm#TopOfPage>

FAO-ONU. (1980). *Cuencas fluviales*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de FAO, Doc, 1980 Téc.Pesca, (202):62 p.: <http://www.fao.org/docrep/003/x6853s/X6853S00.htm>

Fernández, J. (s/f.). *La recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del río Zadorra en Vitoria-Gasteiz*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de : <http://www.vitoria-gasteiz.org/cea/documentos/1397es.pdf>

Gabbay, S. (2001). *Rehabilitación de los ríos de Israel*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de Ministerio de Relaciones Exteriores. Revista de Artes y letras de Israel. 111/2001.: [http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/2000\\_2009/2002/7/Rehabilitacion%20de%20los%20rios%20de%20Israel](http://www.mfa.gov.il/MFAES/MFAArchive/2000_2009/2002/7/Rehabilitacion%20de%20los%20rios%20de%20Israel)

Gómez, O. (2004). *Recuperación de espacios degradados*. Madrid: Mundi Prensa.

González del T., M. (Julio de 1994). Impacto de la agricultura en los sistemas fluviales. Técnicas de restauración para la conservación del suelo y del agua. Recuperado el 20 de Febrero de 2011, de Conferencia en el Congreso Internacional de Ingeniería Rural, III Congreso Argentino de Ingeniería Rural, VIDA, AMBIENTE Y DESARROLLO. Buenos Aires.: [http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_ays/a078\\_06.pdf](http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_ays/a078_06.pdf)

González del Tánago, M. (s/f). La restauración de cauces y riberas fluviales. Recuperado el 2010, de [gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf](http://gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf)

González del Tánago, M. ., (1998). *Restauración de ríos y riberas*. Madrid: Mundi Prensa.

González del Tánago, M. (s/f). Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de [http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva\\_Agua\\_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf](http://www.pescaar.com/Paginas%20Sociedad%20Barbastro/Biblioteca/Pdf/Directiva_Agua_M.Ambiente/Restauracion%20CAUCES%20Y%20RIBERAS.pdf).

González, M., & García, D. (2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid: Secretaría Técnica del Ministerio del Medio Ambiente.

Gracia, J. M. (s/f.). *Manual de Ingeniería de ríos. Morfología de ríos. Cap. 11*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de Instituto de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F.: [ias. utalca. cl/isi/publicaciones/unam/morfologia\\_de\\_rios.pdf](http://ias.utalca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia_de_rios.pdf)

Hansen, H. (1997). *Restauración de ríos y arroyos. Experiencias y ejemplos de Dinamarca. Ministerio del Ambiente y de la Energía. Instituto Nacional de Investigaciones del Ambiente*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de [www.dmu.dk/1\\_viden/2.../3.../river\\_restoration\\_es\\_1-2.pdf](http://www.dmu.dk/1_viden/2.../3.../river_restoration_es_1-2.pdf)

Herrera, J., & Marín, G. (2000). *El tratamiento de los cauces*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Nº 45. La Gestión y el agua, Volumen II. Año 2000. [Revista en Línea].: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm) .

Hough, M. (1998). *Naturaleza y Ciudad. Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili.

Izembart, H., & Le boudec, B. (2003). *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Barcelona: Gustavo Gili.

Junta de Andalucía. (2002). *Manual de restauración de humedales mediterráneos*. Recuperado el 8 de septiembre de 2010, de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1\\_consejeria\\_de\\_medio\\_ambiente/dg\\_gestion\\_medio\\_natural/biodiversidad/static\\_files/habitat\\_y\\_paisaje/manual\\_humedales/05.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1_consejeria_de_medio_ambiente/dg_gestion_medio_natural/biodiversidad/static_files/habitat_y_paisaje/manual_humedales/05.pdf)

Khzam, E. (2008). *La percepción ambiental como significado del paisaje: implicaciones teóricas desde la relación del ser humano y el entorno*. Recuperado el 9 de Agosto de 2010, de CEAUP. Revista Electrónica Ambiente Total. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanismos y del Paisaje. Universidad Central de Chile. Año 1. N° 1. Santiago.: [http://ambiente-total.uceval.cl/pdf/at01\\_percepcion\\_ambiental-paisaje.pdf](http://ambiente-total.uceval.cl/pdf/at01_percepcion_ambiental-paisaje.pdf) .

Linsley, R., Kohler, M., & Joseph, P. (1975). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana.

Luna, L. (2007). *Ríos*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología.: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/366/leopold.html>.

Lynch, K. (1960). *La imagen de la ciudad*. Buenos Aires: Infinito.

Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de CEDEX. Sevilla.: [http://www.mma.es/portal/secciones/formacion\\_educacion/grupos\\_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno\\_principiosrestauracion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/grupos_ceneam/voluntariado/pdf/fmagdaleno_principiosrestauracion.pdf)

Martín Vide, J. P. (2008). *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

McHarg, I. (1992). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

Mejías., R. (s/f). *Diseño, restauración y rehabilitación de cauces con materiales naturales*. Recuperado el 25 de enero de 2011, de VI Jornadas del CONAPHI – Chile. PDF.: [www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/B24.pdf](http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIJornadas/B24.pdf)

Miliarium. (2004). *Restauración de riberas*. Recuperado el 24 de Abril de 2010, de <http://www.miliarium.com/Proyectos/RestauracionAmbiental/RestauracionRiberas/Memoria.htm>

Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Restauración de riberas: Manual para la restauración de riberas en la cuenca del río Segura*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Confederación Hidrológica del Segura. San Vicente de Raspeig. Alicante.:

[http://www.mma.es/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/ons/planes\\_s equia\\_isas/pdf/JUCAR\\_cap.pdf](http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/ons/planes_s equia_isas/pdf/JUCAR_cap.pdf).

Organización Meteorológica Mundial. (2006). *Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas. Tiempo-Clima-Agua. APFM. Documento Técnico Nº 3. Serie Políticas de Gestión de Crecidas*. Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de [http://www.apfm.info/pdf/ifm\\_environmental\\_aspects\\_Sp.pdf](http://www.apfm.info/pdf/ifm_environmental_aspects_Sp.pdf).

Ormaetxea, O. (2001). *El paisaje y su percepción*. Recuperado el 9 de Agosto de 2010, de <http://www.euskonews.com/0034zbn/gaia3404es.html>.

Osterkamp, Whaite, & Hooke, J. &. (2006). *Morfología del cauce fluvial y posición*. Recuperado el 12 de Junio de 2010, de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9rTdfMGQrM8J:www.lgt.lt/geoin/files/19\\_Morfologia\\_del\\_cauce\\_fluvial.DOC+El+ambiente+natural+es+mejor+mantenido+permitiendo+a+canales+de+corriente+funcionar+normalmente+por+erosi%C3%B3n,+deposici%C3%B3n+](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9rTdfMGQrM8J:www.lgt.lt/geoin/files/19_Morfologia_del_cauce_fluvial.DOC+El+ambiente+natural+es+mejor+mantenido+permitiendo+a+canales+de+corriente+funcionar+normalmente+por+erosi%C3%B3n,+deposici%C3%B3n+)

Oviedo, J. (s/f). *Geomorfología*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de <http://www.monografias.com/trabajos59/geomorfologia/geomorfologia.shtml>

Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.

Pérez Maldonado, A. (1999). *La variable ambiental urbana: nociones generales y ámbitos de aplicación en Venezuela*. Recuperado el 4 de Julio de 2010, de Revista Geográfica de Venezuela. Vol. 40(2) 1999, 201-210.: <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40num2/articulo40-2-2.pdf>.

Priego-Santander, A., Palacio-Prieto, J., Moreno-Casasola, P., López-Portillo, J., & Geissert, d. (2004). *Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: su relación en el archipiélago de Camaguey, Cuba*. Recuperado el 11 de Agosto de 2010, de . Pág. 138 a 144. Inverciencia. [Revista en línea, Nº 3].: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/661.pdf> .

Prieto, C. J. (2004). *El agua. Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. (2da. Edición)*. Ecoe. Recuperado el 24 de Abril de 2010, de Google Books: : <http://books.google.es/books?id=9c-Bjue->

cBsC&printsec=frontcover&dq=El+agua.+Sus+formas,+efectos,+abastecimientos,+usos,+da%C3%B1os,+control+y+conservaci%C3%B3n&source=bl&ots=mh9pbnBonY&sig=g2zEECU3bY5TWbIBqhi1fvinVBM&hl=es&ei=fzPUS\_2bLJGS8QSRncTPDw&s

RAE. (2001). *Real Academia Española*. Recuperado el 1 de Mayo de 2010, de <http://www.rae.es/rae.html>

Redondo, F., & Vara, M. (1999). *Encauzamientos en zonas urbanas*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2010, de Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. N° 45. Río y Ciudad, Volumen I. Año 1999.: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46\\_2.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/revistas/op/46/op46_2.htm).

Renes, V. P. (2005). *Control de Calidad en la obra de restauración paisajística*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de [www.aepjp.es/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id...](http://www.aepjp.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id...)

Rojas, A. J. (2006). *Del ocio al turismo de naturaleza*. Caracas.: Trabajo no editado de la Cátedra Antropología del Ocio. IV Maestría de Arquitectura Paisajista. FAU-UCV.

Sabino, C. (2006). *Como hacer una Tesis y elaborar todo tipo de escritos*. Caracas: Panapo.

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. Caracas.: Panapo.

Salvatierra, M., & Nieto, A. (2001). *Paisajes Fluviales. Protección y Restauración*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Conferencia en el Congreso Internacional de Paisaje GEA XXI, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.: <http://www.evren.es/pdf/paisajes.pdf>

Sanchez, O., Peters, E., Marquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., & Valdez, M. &. (2005). *Temas sobre restauración ecológica*. Recuperado el 6 de septiembre de 2010, de Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México D.F. Libro en línea.: <http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatucho/PDF/613Capitulos%20en%20Libros/6131Nacionales/6131-32.pdf>.

Sangali, P. &. (2008). *Bioingeniería o ingeniería biológica. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. Bilbao: AEIP.

Sangali, P. (2010). *Bioingeniería en el ámbito fluvial. Curso de restauración ambiental de áreas degradadas*. Burgos. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de : [http://www.forestales.net/archivos/jornadas/Bioingenier\\_ambito-fluvial.pdf](http://www.forestales.net/archivos/jornadas/Bioingenier_ambito-fluvial.pdf)

Sangalli, P. (s/f). *¿Qué es la Ingeniería Biológica o Bioingeniería?*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2010, de Revista B & P N° 130. Arquitectura del Paisaje. Construcción y Medio Ambiente. : [http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12\\_19.pdf](http://www.horticom.com/revistasonline/qej/bp130/12_19.pdf)

Schmidt, G. (2002). *Manual práctico para la aplicación de técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Recuperado el 12 de Enero de 2010, de <http://www.portalforestal.com/informacion/informes-y-entrevistas/77-la-restauracion-de-rios-y-riberas-principios-basicos-alternativas-y-tecnicas.html>

Serna, J. (2005). *Economía del ocio. Perspectivas y Prospectivas*. Caracas: SENDES-UCV.

Society for Ecological Restoration International. (2008). *La restauración ecológica como herramienta para revertir la fragmentación de los ecosistemas*. Recuperado el 10 de Octubre de 2010

Society for Ecological Restoration International. (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. Recuperado el 5 de septiembre de 2010, de <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>

Suarez Villar, L. M. (1993). *Presas de corrección de torrentes y retención de sedimentos*. Caracas: MARNR.

Tánago, M. G. (2004). *La Restauración de cauces y riberas fluviales*. Recuperado el 28 de Abril de 2010, de <http://www.gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf>

Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Vareschi, V. (1992). *Ecología de la vegetación tropical*. . Stuttgart: Eugen Ulmer. Edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales.

Velásquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas.: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. .

Zambrano, L. (2003). *La Restauración de ríos y lagos*. Recuperado el 1 de Mayo de 2010, de [redalyc.uaemex.mx/redalyc/.../ArtPdfRed.jsp?...](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/.../ArtPdfRed.jsp?...)

## BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS.

APA Report addresses Waterfront Redevelopment,. (2004). *River Restoration*. Recuperado el 15 de Marzo de 2010, de American Planning Association.: <http://www.planning.org/newsreleases/2004/ftp070704.htm>.

Archivo digital de la Legislación en el Perú, PDF. (s/f). *Recopilación de las Leyes de Indias*. Recuperado el 12 de Abril de 2010, de <http://www.congreso.gob.pe/ntley/LeyIndiaP.htm>

Arias, F. (1999). *El Proyecto de investigación. Guía para su elaboración*. (3ra. Ed.). . Caracas: Oriol Ediciones.

Benavides, I. (1998). *La calidad de vida como herramienta del diseño urbano*. Recuperado el 15 de Marzo de 2010, de IV Seminario Latinoamericano de Calidad de vida Urbana. Buenos Aires.: [http://www.perfilciutat.net/fixers/IVSL\\_A5.pdf](http://www.perfilciutat.net/fixers/IVSL_A5.pdf)

Clewell, A., & Aronson, J. &. (2004). *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*. . Recuperado el 6 de SEPTIEMBRE de 2010, de Society for Ecological Restoration (SER). [Documento en Línea].: <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp>

Coastal Resources Online. (s/f). *Land Use and Development*. Recuperado el 24 de Octubre de 2010, de [http://www.nyswaterfronts.com/waterfront\\_developed\\_landuse.asp](http://www.nyswaterfronts.com/waterfront_developed_landuse.asp) .

Cotler, H., & Bocco, G. y. (2007). *El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica*. Instituto Nacional de Ecología Semarnat. . Recuperado el 6 de SEPTIEMBRE de 2010, de [Documento en Línea]. : <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/467/cotler.html>.

Curiel, E. (2000). *Elementos para el diseño de edificaciones en paisajes de riberas*. Caracas.: Ediciones de la Biblioteca de Arquitectura. UCV. FAU. .

Davis Stanley & Wiest, R. (1971). *Hidrología*. Barcelona.: Editorial Ariel.

De Ureña, J. M. (1999). *Ordenación de las áreas fluviales en las ciudades: un enfoque metodológico*. . Recuperado el 5 de Marzo de 2010, de

[Revista en Línea]. OP Revista del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos. Nº 46, Volumen 1. España. .

*Depuración de aguas mediante filtros verdes. [Documento en Línea].* . (2010). Recuperado el 12 de Enero de 2011, de [http://www.energrecol.com/ficheros\\_pdf/Biomasa.PDF](http://www.energrecol.com/ficheros_pdf/Biomasa.PDF).

Dirección General de Parques Nacionales Agencia de Parques de Canadá. (2008). Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de Quebec. [Documento en Línea].: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fwt-AIFdJp4J:www.pc.gc.ca/eng/docs/pc/guide/resteco/~/\\_/media/docs/pc/guide/resteco/guide\\_esp.ashx+definicion+restauracion+rehabilitacion+naturalizacion+recuperacion+ecologica+fluvial&cd=27&hl=es&ct=clnk&](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fwt-AIFdJp4J:www.pc.gc.ca/eng/docs/pc/guide/resteco/~/_/media/docs/pc/guide/resteco/guide_esp.ashx+definicion+restauracion+rehabilitacion+naturalizacion+recuperacion+ecologica+fluvial&cd=27&hl=es&ct=clnk&)

Ewel, J., Madriz, A., & Tosi, J. (1976). *Zonas de vida de Venezuela*. Caracas.: Sucre.

Flink, C. (1993). *Greenways. A guide to planing, design & development.* . Washington DC. : Island Press.

Frolova, M. (2008). *Estudio paisajístico de hidrosistemas fluviales (la cuenca del río Genil)*. Recuperado el 2 de Agosto de 2010, de Revista de Estudios Regionales Nº 83. pp. 21-47. Instituto de Desarrollo Regional Universidad de Granada. Málaga. [Revista en Línea]. : <http://redalyc.uaemex.mx/pdf>

Fundació de l'enginyeria agrícola catalana (FEAC). (2010). *Comisión de las normas tecnológicas de jardinería y Paisajismo (ntj). Restauración del paisaje obras de bioingeniería: técnicas de recubrimiento y de estabilización aplicables en ámbitos fluviales*. Recuperado el 16 de septiembre de 2010, de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oThQQ0X4rOAJ:www.ntj-feac.org/Imagenes/4/doc/e12S5\\_indice.doc+obras+fluviales+bioingenieria&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=ve](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oThQQ0X4rOAJ:www.ntj-feac.org/Imagenes/4/doc/e12S5_indice.doc+obras+fluviales+bioingenieria&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=ve).

Galí-Izard, T. (2005). *Los mismos paisajes.* . Barcelona.: Gustavo Gili.

García, Morato, & Bayona. (s/f). *Depuración con sistemas naturales: humedales construidos*. Obtenido de [www.confreso.us.es/ciberico/archivos\\_word/99b.doc](http://www.confreso.us.es/ciberico/archivos_word/99b.doc) .

González del Tánago, M. (s/f). *La restauración de cauces y riberas fluviales*. Recuperado el 2010, de [gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf](http://gnoosfera.org/.../Restauracion%20cauces%20Revista%20Metode.pdf)

González del Tánago, M. (s/f). *Las riberas, elementos clave del Paisaje y en la Gestión del agua*. Recuperado el 24 de Julio de 2010, de Departamento De Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Documento en Línea].: [http://grupo.us.es/ciberico/archivos\\_acrobat/zaraponengtanago.pdf](http://grupo.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf).

González del Tánago, M. (s/f). *Las riberas, elementos claves del paisaje y en la Gestión del agua*. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. [Documento en Línea]. : [http://grupo.us.es/ciberico/archivos\\_acrobat/zaraponengtanago.pdf](http://grupo.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf) .

González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (2006-2007). *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Recuperado el 7 de Marzo de 2010, de Centro de publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.: [http://www.mma.es/secciones/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/dominio\\_hidraulico/conserv\\_restaur/pdf/26\\_Guia\\_Metodologica.pdf](http://www.mma.es/secciones/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/pdf/26_Guia_Metodologica.pdf)

Gracia, J., & Maza, J. (s/f). *Manual de Ingeniería de Ríos. Morfología de Ríos*. Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de Cap. 11. Instituto de Ingeniería, Facultad de ingeniería, UNAM. México, D. F. PDF. [Documento en Línea].: [eias.italca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia\\_de\\_rios.pdf](http://eias.italca.cl/isi/publicaciones/unam/morfologia_de_rios.pdf)

*Guía visual interactiva de la vegetación de ribera. Repowering Solutions*. (2010). Recuperado el 12 de Enero de 2011, de [Documento en Línea]. : <http://vegetacionderibera.cedex.es/intro.php> .

Heinz, P. (2007). *Experiencias de rehabilitación y restauración de tramos urbanos (Review of the Development of Urban Rivers in Germany)*. *Restauración de Ríos*. Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de II Seminario

Internacional. Madrid.:  
[http://www.mma.es/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/dominio\\_hidraulico/conserv\\_restaur/pdf/23\\_Patt\\_Madrid\\_2007.pdf](http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/pdf/23_Patt_Madrid_2007.pdf).

*La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe.* (s/f). Recuperado el 6 de Enero de 2011, de <http://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-bioingenieria.pdf>

Magdaleno, F. (s/f). *Principios y técnicas de restauración fluvial.* . Recuperado el 7 de Marzo de 2011, de México. CEDEX.: [www.cedex.es/castellano/actividades/datos/.../parte2.pdf](http://www.cedex.es/castellano/actividades/datos/.../parte2.pdf) .

Magdaleno, F., & Varela, J. (s/f). *Proyecto piloto de restauración y recuperación ambiental del río Zujar (Bajadoz).* Madrid. Recuperado el 2 de Noviembre de 2010, de CEDEX. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. PDF.: [www.ciccp.es/ImgWeb/.../Escritorio/PROGRAMA%20DEFINITIVO.pdf](http://www.ciccp.es/ImgWeb/.../Escritorio/PROGRAMA%20DEFINITIVO.pdf)

Mata, A., & Quevedo, F. (2005). *Diccionario Didáctico de Ecología.* Recuperado el 15 de Mayo de 2010, de Ed. Universidad de Costa Rica. 2da. Ed. San José. [Libro en Línea].: [http://books.google.es/books?id=a2kW3pjzc-wC&printsec=frontcover&dq=diccionario+ecologia&source=bl&ots=YQGWff8eCK&sig=m95IGkHiFbOI1TPM4\\_hmmWrnl7l&hl=es&ei=xRHvS6bzFsOqlAeM4\\_20CA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ6AEwATgK#](http://books.google.es/books?id=a2kW3pjzc-wC&printsec=frontcover&dq=diccionario+ecologia&source=bl&ots=YQGWff8eCK&sig=m95IGkHiFbOI1TPM4_hmmWrnl7l&hl=es&ei=xRHvS6bzFsOqlAeM4_20CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ6AEwATgK#) .

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación.* Recuperado el 12 de Enero de 2011, de [http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/inventario\\_tecnologias\\_lucha\\_contra\\_desertificacion/pdf/22\\_Empleodematerialesconstructivoscombinadosconvegetacion.pdf](http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/inventario_tecnologias_lucha_contra_desertificacion/pdf/22_Empleodematerialesconstructivoscombinadosconvegetacion.pdf).

Montes, C., Rendón, M., & Varela, I. y. (2007). *Manual de restauración de humedales mediterráneos.* Conserjería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. [Documento en Línea]. Recuperado el 6 de Septiembre de 2010, de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1\\_consejeria\\_de\\_medio\\_a](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1_consejeria_de_medio_a)

ambiente/dg\_gestion\_medio\_natural/biodiversidad/static\_files/habitat\_y\_paisaje/manual\_humedales/01.pdf

Moscoso, F. (2003). *Principios y fundamentos de Bioingeniería de suelos en taludes de corte*. Universidad de Santiago. PDF. . Recuperado el 6 de Enero de 2011, de [www.digeo.cl/doc/Moscoso\\_Guerrero\\_Francisco.pdf](http://www.digeo.cl/doc/Moscoso_Guerrero_Francisco.pdf)

Ordeig, j. (2007). *Diseño Urbano accesibilidad y sostenibilidad*. Barcelona. : Ediciones Monsa. .

Otto, B., McCormick, K., & Leccese, M. (2004). *Ecological riverfront design*. Washington DC.: APA.

Paredes, V. (2005). *Control de calidad en la obra de restauración paisajística*. Recuperado el 15 de Enero de 2011, de [www.aepjp.es/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id...](http://www.aepjp.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id...)

Pérez, A. (2009). *Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación*. (3ra. Ed.). . Caracas: FEDUPEL.

Pérez, A. (1999). *La variable ambiental urbana: nociones generales y ámbitos de aplicación en Venezuela*. . Recuperado el 4 de Julio de 2010, de Revista Geografía de Venezuela. Vol 40(2), 201-210. Documento en Línea].: <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistageografica/vol40n>

Pérez-Trejo. (1993). *Instituto Nacional de Ecología. El Paisaje*. [Documento en Línea] . Obtenido de 1993: 96: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/488/elpaisaje.html>

Prieto, C. J. (2004). *El agua. Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. . Recuperado el 24 de Abril de 2010, de (2da. Edición). Ecoe. Google Books. : <http://books.google.es/books?id=9c-Bjue-cBsC&printsec=frontcover&dq=El+agua.+Sus+formas,+efectos,+abastecimientos,+uso>

Reed, P. (2005). *Groundswell*. . New York. : Department of Publications, The Museum of Modern Art.

*Restauración del Paisaje. Obras de Bioingeniería.* (1998). Recuperado el 10 de Enero de 2011, de Técnicas de estabilización de taludes. Normas tecnológicas de jardinería y paisajismo. Colegio de Ingenieros Técnicos Agrícolas y Peritos Agrícolas de Cataluña. Barcelona.

Roset, D., & Saurí, d. &. (S/F). *Las obras hidráulicas en los ecosistemas fluviales de la costa brava: preferencias locales y limitaciones de un modelo convencional de adaptación al riesgo de inundación.* [Documento en Línea]. . Recuperado el 28 de aGOSTO de 2010

Roset, D., Saurí, D., & Ribbas., A. (s/f). *Las obras hidráulicas en los ecosistemas fluviales de la costa brava: preferencias locales y limitaciones de un modelo convencional de adaptación al riesgo de inundación.* Recuperado el 28 de Agosto de 2010, de [Documento en Línea].: <http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/01478518922325095209079/catalogo22/Roset.pdf>.

Sandoval, C. (2005). *Pliego de prescripciones técnicas para la elaboración del proyecto de "análisis, diagnóstico y propuesta de actuaciones sobre el paisaje de la comarca del campo de Murcia y Cartagena y mar menor de la región de Murcia"*. Recuperado el 11 de AGOSTO de 2010, de Dirección General de Ordenación del Territorio y Costas. Conserjería de Industria y Medio Ambiente. [Documento en Línea].: <http://www.carm.es/chac/chac/pliegos/93200530t.doc>

Sandoval, e. (2006). *Ecoturismo. operación técnica y Gestión ambiental.* México D.F.: Trillas.

Sangali, P., & Lizarralde, A. (s/f). *Estabilización de un talud mediante técnicas de bioingeniería en el espacio natural de Leizarán.* Recuperado el 23 de Enero de 2011, de Revista Cuaderno de Arquitectura. [Revista en Línea]. N° 130.: [www.horticom.com/pd/article.php?sid=61269](http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=61269)

Sarmiento, F. (2001). *Diccionario de ecología.* [Documento en Línea]. . Recuperado el 6 de MARZO de 2011, de <http://www.ensayistas.org/critica/ecologia/diccionario/b.htm>.

Schmidt, g. (1999). *La restauración de ríos y riberas: principios básicos, alternativas y técnicas*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de [Documento en Línea]. Ponencia presentada en las "JORNADAS POR UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA Organizado por Colla Ecologista "La Carrasca": <http://www.xarxaneta.org/~carrasca/guido.htm>

Shields, F., Cooper, C., & Knight, S. &. (2003). *Stream corridor restoration research: a long and winding road*. USDA. Recuperado el 16 de Septiembre de 2010, de Agriculture Research Service, National Sedimentation Laboratory. Oxford.: <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/10112/1/IND44014142.pdf>.

Suarez, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales. Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamientos. Bucaramanga*. . [Documento en Línea]. Recuperado el 12 de Enero de 2011, de [http://www.erosion.com.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=81](http://www.erosion.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=81).

Thomson, W. S. (2000). *Sustainable landscape construction*. . Washington DC.: Island Press.

Thomson, W. S. (2000). *Sustainable landscape construction*. . Washington DC. : Island Press.

Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. (2008). *Ecología de un río de montaña de los andes colombianos. (Río Tota, Boyacá)*. . Recuperado el 5 de Junio de 2010, de Editor John Charles Donato Rondón. Bogotá. [Libro en Línea].: <http://books.google.co.ve/books?id=WwTUrgiC4TIC&pg=PA227&dq=ecosistemas+fluviales+caracteristicas>

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. . (2006). *Manual de Trabajos de Grado, de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. (4ta. Ed.)*. Caracas: FEDUPEL.

Ureña, J. M. (1999). *Ordenación de las áreas fluviales en las ciudades: un enfoque metodológico*. . Recuperado el 4 de Julio de 2010, de Río y Ciudad. Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. N° 46.

Volumen I. [Documento en Línea].:  
<http://hispagua.cedex.es/documentacion/revist>

Vera, I. (2000). *Análisis de aforo de la estación hidrométrica Obrajillo. Período 2000-2001. Capítulo 3. Definiciones y sistemas de medición.* Recuperado el 2 de Mayo de 2010, de [Documento en Línea].:  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/vera\\_h\\_l/cap3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/vera_h_l/cap3.pdf)

Wellington waterfront. (2004-2007). *Kumumoto public open space.* Obtenido de  
[http://www.wellingtonwaterfront.co.nz/development/Kumototo/public\\_open\\_space/](http://www.wellingtonwaterfront.co.nz/development/Kumototo/public_open_space/).

**APENDCICE 1.**



## **GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

### **ABIÓTICO.**

Elemento o sustancia constituyente del sustrato o medio físico, formado por compuestos inorgánicos y orgánicos básicos, junto con minerales y aleaciones que se encuentran formando la tierra, el agua o el aire.

### **ACUÁTICO.**

Organismo cuyo hábitat es el agua; que crece y vive en, sobre o cerca del cuerpo de agua.

### **ACUÍFERO.**

Cualquier material subsuperficial que puede mantener una cantidad significativa de agua subterránea y es capaz de transmitirla rápidamente.

### **AERÓFITA.**

Planta que no requiere del suelo para prosperar ya que posee raíces aéreas que pueden captar la humedad del aire y los nutrientes que el viento aporta para sobrevivir. (*Sinónimo: epifita*).

### **AFLUENTE.**

Un tributario en el sistema de drenaje. Un riachuelo que llega trayendo insumo de caudal (a diferencia del efluente que lo disminuye).

### **ALOCTONA.**

Especie ajena al sitio que ha llegado, procedente de otro sitio de origen, como resultado de una dispersión alocórica natural o inducida por el hombre (*Sinónimo: especie introducida*).

### **ALUVIAL.**

Depósito sedimentario limoso transportado por el agua ladera abajo.

### **ALUVIAL LLANURA.**

Depósito en forma de abanico, localizado en las áreas de flujo de los ríos del flanco cordillerano. Es formado por la sedimentación de los aluviones

descargados en correntadas en épocas lluviosas, que paulatinamente pierden intensidad a medida que la pendiente se nivela en el pie de monte.

### **AMBIENTAL.**

Referido al medio ambiente y generalmente relativo a la característica interdependencia de un factor ecológico de los ecosistemas urbano-industriales.

### **AMBIENTE.**

Conjunto de procesos y funciones con los que se desarrolla y opera un ecosistema; forma el entorno en el cual se presentan las cualidades específicas por la interacción de los factores limitativos y la biota.

### **ANAEROBIO.**

Organismo que no requiere de Oxígeno atmosférico para sobrevivir.

### **ANAEROFITA.**

Planta que no necesita de oxígeno libre para su respiración.

### **APROVECHAMIENTO.**

Proceso que lleva a la obtención de altos rendimientos en la productividad de aquellos estados poco productivos de un sistema.

### **AUTÓCTONA.**

Especie dispersable que se originó en el mismo sitio donde se encuentra en la actualidad. Especie propia y originaria del lugar que ahora habita (*Sinónimo*: nativa).

### **AZUDES.**

Los azudes son unas pequeñas presas que se construyen en ríos de poca profundidad y su utilización ha sido para la retención del agua y su desvío para regadío. En la actualidad se construyen con troncos y piedras para crear una diversificación de los hábitats de los ríos y la reducción de la erosión del cauce en profundidad.

**BIODIVERSIDAD.**

La totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área en el planeta.

Es el contenido biológico total de organismos que habitan un determinado paisaje, incluyendo su abundancia, su frecuencia, su rareza y su situación de conservación. (*Sinónimo*: diversidad biológica).

**BIOMA.**

Término acuñado por DeCandolle (1852) que se refiere a una extensa área ocupada por un conjunto de comunidades fácilmente diferenciables por su fisionomía, que nace de las complejas interacciones del clima, otros factores del medio físico y factores bióticos. El aspecto es uniforme ya que el estado estable dominante en ese lugar a ese momento le confiere características de “clímax” al ecosistema. (*e.g.*: la vegetación predominante en un ecosistema de pradera es la hierba, aunque esté representada por muchos tipos diferentes. En el **B.** de bosque tropical, el tipo de vegetación predominante es la arbórea pese a que incluye además comunidades asociadas a los lagos, ríos, pantanos, sotobosque y vegetación arbustiva).

**BIOMASA.**

Término acuñado por Transeau (1926) referido a la unidad de medida de la masa viva del ecosistema por unidad de tiempo determinado; se presenta en  $g/m^2$  e indica la constante de peso seco (sin agua) de los compuestos orgánicos presentes en el ecosistema.

Se lo define también como el peso seco total de un organismo por unidad de superficie y por unidad de tiempo.

**BIOTA.**

El conjunto de animales y plantas de una región. La flora y la fauna del paisaje en su totalidad.

En realidad, explícitamente el término se refiere además a los hongos, las bacterias y los protistas que habitan un bioma.

**BIOTECNOLOGÍA.**

Aprovechamiento técnico de algunas propiedades de plantas y animales (e.g.: la fermentación, obtención de antibióticos, insulina, control de pestes y aprovechamiento de desechos).

Cualquier actividad artificial que permita al hombre aprovechar más efectivamente para su propio desarrollo y confort, los organismos o sus propiedades en los ecosistemas naturales o en el laboratorio.

**BIÓTICO.**

Relativo a los seres vivos.

**BIOTOPO.**

Espacio ocupado por una biocenosis; dentro de su ámbito pueden identificarse varios tipos diferentes de hábitats, los que tienen, por tanto, una connotación espacial más restringida.

**BORDE.**

Línea que separa un plano del otro, sirviendo al mismo tiempo de límite divisorio de los procesos involucrados en cada lado.

**BOSQUE DE GALERÍA.**

Formación boscosa natural que se encuentra a lo largo de los ríos, siguiendo el patrón de drenaje de las vertientes hidrográficas y los ríos de la llanura. Son paisajes de gran conectividad con mezcla de elementos corriente abajo y son los amortiguadores del ecotono tierra-agua.

**CAPA FREÁTICA.**

Nivel de agua del subsuelo que se ubica frecuentemente en el horizonte B y condiciona la humedad y fertilidad del suelo, por la presencia del acuífero.

**CAUCE.**

Término que designa la dirección de una corriente de agua, restringido a los ríos y otros cuerpos de agua fluviales. En las llanuras tropicales, debido a la dinámica de las crecidas y el cambio en la posición de los meandros y su

posterior abandono, es fácil encontrar **C.** abandonados recubiertos por vegetación, formando bosques de galerías fluviales.

### **CAUDAL.**

Cantidad de un fluido (e.g.: agua) que pasa por un punto determinado en una unidad de tiempo; puede considerarse también como la cantidad de agua que sale de una fuente o vertedero.

### **COHESIÓN.**

Unión íntima de las moléculas de un cuerpo. Al fenómeno dinámico de integración poblacional se lo relaciona directamente con la presión de cohesión existente en la población.

### **CORREDOR BIOLÓGICO.**

Una ruta angosta que permite el flujo (o movimiento) de los individuos o taxas enteras de una región hacia otra, diferenciada de la matriz que se ubica hacia ambos lados (*sensu* Adams & Dove).

En Ecología de Paisajes es una estructura de conectividad que relaciona recíprocamente dos “islas” en medio de la “matriz”. Son estructuras importantes para facilitar la conectancia y la conectividad de los retazos, al facilitar la dispersión de animales y la migración de diásporas, prevenir la erosión del suelo, y faculta el control de plagas (*sensu* Barrett & Bohlen).

Los corredores de conservación en el paisaje cumplen funciones vitales para la reconstrucción del ecosistema y su mantenimiento (*sensu* Saunders & Hobbs).

### **CUBIERTA VEGETAL.**

Conjunto de plantas localizadas en un área geográfica definida que forman una capa protectora de la superficie del suelo; puede ser total, parcial, rala, dispersa, agregada, etc.

### **CUENCA.**

Atributo geográfico congruente en donde la geomorfología de laderas vecinas crean un cauce común de descarga de la precipitación.

**CUENCA VERTIENTE.**

Sistema formado por la unión de varios cursos de agua, de vertientes, riachuelos y ríos, que desembocan en un río mayor, en un lago o en el mar.

**DEGRADACIÓN.**

Proceso de reducción o rompimiento de una estructura en piezas más simples. En Ecología de Paisajes describe la reducción de la complejidad en los ecosistemas debido a alteraciones que limitan la función y alteran la forma original.

**DEGRADACIÓN AMBIENTAL.**

Cambio paulatino en la calidad de un sistema con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad o de los procesos rectores en ese momento (e.g.: la colonia de aves marinas llega a ser tan hacinada que no permite crecimiento vegetal alguno, o la producción industrial con emisiones descontroladas de contaminantes hacia la atmósfera en las ciudades). Tales cambios implican una reducción en la efectividad del proceso y/o en la complejidad de la comunidad.

**DENSIDAD.**

Parámetro que implica el número de elementos por unidad de superficie o volumen en un momento dado (*sensu* Pielou) y la concentración específica de los procesos que tales elementos generan.

**DIVERSIDAD.**

Propiedad ecológica que se presenta gracias a la existencia de elementos diferentes (e.g.: distintas especies, diferentes regiones, varios tipos de hábitat, diversos ambientes) en el tiempo y en el espacio.

**DOMINIO PÚBLICO.**

Según el Código Civil de la Legislación Venezolana, son los bienes que pertenecen a toda la nación. Ej. Plazas, muelles, puentes, ríos, quebradas, lagunas, estanques, manantiales, aljibes y toda agua corriente, etc. Los bienes del dominio públicos son inalienables. Es imposible constituir gravámenes o cargas como las servidumbres u otros derechos reales en cosas ajenas sobre

bienes del dominio público. Son imprescriptibles y no pueden ser usucapidos por terceros. Deben ser utilizados conforme a su afectación y por ello son susceptibles de ser arrendados. Su uso pertenece a todos los habitantes del país y están fuera del comercio humano.

### **ECOSISTEMA.**

Término acuñado por Tansley (1935), quien lo usó refiriéndose a “todo el sistema (en el sentido físico) incluyendo no solamente el complejo de organismos, sino también el complejo total de los factores físicos que forman lo que llamamos el medio del bioma... A pesar que los organismos podrían ser nuestro interés principal, no los podemos desligar de su ambiente espacial, con los que forman un solo sistema físico”.

Es el conjunto de elementos abióticos y seres vivos que ocupan un lugar y un tiempo determinado (*sensu* Sarmiento, 1986). A pesar de que se trata de un término muy amplio y general, sin escala, es el más popular entre los ecólogos de la sociedad ecológica británica (*sensu* Cherrett) y se considera como el constructo intelectual más adecuado como unidad y objeto de estudio de la Ecología.

### **ECOTÓNO.**

Una zona de transición entre sistemas ecológicos adyacentes, que tienen un conjunto de características únicas, definidas por las escalas de tiempo y espacio y por la fuerza de la interacción (*sensu* Holland).

Contiene generalmente más especies que en los ecosistemas aledaños debido a que, a más de las especies presentes a ambos lados, las especies típicas son usualmente restringidas al **E**. Esta tendencia (*sensu* Odum) de diversidad y densidad incrementadas en la juntura de dos comunidades es conocida como el “efecto de borde” y es explicada por la hibridación de los genomas adyacentes involucrados.

### **EFLUENTE.**

Elemento eferente fluido, como los desagües de plantas nucleares y térmicas que despiden agua caliente proveniente del circuito refrigerante de la planta industrial.

## **ESCORRENTÍA.**

Proceso de recolección de agua procedente del escurrimiento que se produce luego de una fuerte lluvia sobre las hojas, que baja suavemente por las ramas, el tronco y las raíces de las plantas, por la superficie del suelo y por las cavidades de la porosidad del suelo.

## **ESPECIES AUTÓCTONAS.**

Son aquellas especies pertenecientes a la zona donde han evolucionado biológicamente de forma natural y que son consideradas propias o nativas de una determinada región geográfica. También se denominan especies nativas.

## **ESPECIES EXÓTICAS.**

Son aquellas especies que se encuentran fuera de su área de desarrollo natural y que han sido incorporadas por el hombre a lugares que no podrían colonizar por sus propios medios.

Aquella que no es nativa del sitio que se la encuentra en la actualidad y que ha llegado allí introducida de forma artificial como repuesta a un esfuerzo de introducción especial.

Son aquellas especies exóticas que llegan a un nuevo territorio y se propagan por él a una gran velocidad, alterando la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y causando daños ecológicos, económicos y sanitarios.

## **ESPECIES NATURALIZADAS.**

Son aquellas especies exóticas que crecen y se propagan de forma espontánea sin la necesidad de la intervención humana.

Aquella que luego de ser introducida a un sitio diferente de su rango de distribución original se establece en el nuevo sitio y se reproduce adecuadamente, llegando a veces a competir con las especies indígenas (e.g.: la introducción de *Eucalyptus* ha sido tan exitosa en los países andinos que su paisaje natural ha cambiado por los rodales de este árbol que se ha naturalizado en la región tropandina).

**ESQUEJE.**

Una estaca preparada para injertar o el brote desprendido de una planta que contiene las yemas axilares capaces de propagación.

**ESTERO.**

Nombre local que designa a un pequeño riachuelo, generalmente efímero.

**ESTIAJE.**

El nivel más bajo del río en el verano o el caudal mínimo del río por causa de la sequía.

**ESTRATO.**

Cada uno de las jerarquías, casilleros o capas que se han identificado en la estratificación o zonación.

**EUTROFICACIÓN.**

Enriquecimiento de los nutrientes de un cuerpo de agua que resulta en un incremento excesivo de organismos y la consecuente reducción de oxígeno del agua.

**FLUVIAL.**

Relativo a los cuerpos de agua dulce en movimiento, específicamente los ecosistemas lóticos (*e.g.*: ríos, arroyos, esteros).

**FRACTAL, TEORÍA.**

Establece la base geométrica de los arreglos espaciales en la naturaleza, definiendo un terreno intermedio entre la rígida visión de geometría Euclidiana y el caos geométrico de las matemáticas. Aplicada a Ecología de Paisajes, explica la organización de las estructuras orgánicas de los individuos y el arreglo de los ecosistemas en el paisaje.

**FRACTAL, DIMENSIÓN.**

El índice de paisaje que provee una medida de la complejidad de los patrones espaciales y que permite comparar paisajes simulados y reales, comparar la geometría de diferentes patrones (*i.e.*: pseudospiral, excentricidad,

dicotomía, etc.) y juzgar los beneficios obtenidos al cambiar diferentes escalas en el modelo o conjunto de datos geoecológicos.

Se ha dicho que la **D. F.** puede reflejar también la escala de los factores que causan la pauta reiterativa del paisaje.

### **FREÁTICA, CAPA.**

Referido a la capa de agua subterránea.

### **FREZADEROS.**

Los frezaderos son zonas de reproducción de peces, su carencia puede suponer la imposibilidad del desarrollo de una población faunística equilibrada.

### **GRAVA.**

Término geológico aplicado al guijo o conjunto de piedrecitas redondeadas o guijarros, fruto de una continua clasificación o “sorteo” hidráulico. Es la piedra machacada usada para la pavimentación de caminos.

### **HÁBITAT.**

Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (e.g.: una playa, la corteza de un árbol, un río, la sangre de un mamífero, etc.).

### **HERBÁCEAS.**

Plantas no lignificadas, de estructura no leñosa.

### **HETEROGENEIDAD.**

Propiedad de diversificación de la estructura del paisaje basado en un gradiente diferencial o en separaciones ecotonaes abruptas y discretas.

Los sistemas abiertos de paisajes heterogéneos se basan en insumos pasados y presentes de energía solar, generalmente modificados por la acción humana en el ambiente. La modificación hecha sobre la matriz original se diversifica en forma de gradiente (o serie de gradientes) o como un mosaico en el que cada unidad (*tesera*) se diferencia por los discretos límites que las identifican. Estos límites frenan la dispersión de agentes negativos, como

plagas y parásitos, que no se transmiten con facilidad debido a la ausencia de *contagio* por contacto. Por esta razón, los retazos que contienen similares características se ubican siempre a distancia entre sí y se encuentran ocupados por *metapoblaciones*.

### **HIDRÓFILO.**

Organismo que gusta del agua; se dice, sobre todo, de plantas que viven en el agua o en sus proximidades.

### **HIDROLOGÍA.**

Parte de la Geografía Física que trata de las aguas (y del hielo) salobre y bajo la superficie del planeta; consta de Oceanografía-mares; Potamología-ríos y torrentes; la Limnología-lagos y estanques; Hidrogeología-manantiales y aguas subterráneas; Glaciología-los glaciares.

### **HIERBA.**

Grupo de plantas lignificadas que se agrupan en estratos rastreros y herbáceos, llegando raramente al estrato arbustivo; se presentan en unidades fisionómicas definidas (baldíos, potreros, etc.) Las partes superficiales no son permanentes.

### **HIPORREICA, ZONA.**

Lecho de los ríos de montaña con sedimentos mal sorteados y acumulaciones esporádicas de arenas de grano grueso y cantos rodados. Es la zona donde vive el hiporreos.

### **HOLÓFITA.**

Planta que extrae su alimento del medio mineral, debido principalmente a la clorofila que permite descomponer el ácido carbónico del aire.

### **HORIZONTES DEL SUELO.**

Distintos niveles o estratos que se presentan en el perfil del suelo. El horizonte "A" formado por suelo vegetal, es el más superficial. El horizonte "B," formado por sales lixiviadas por infiltración, corresponde al subsuelo. Debajo existe una capa impermeabilizada que contiene el agua subterránea y es la

capa freática. Por último, en el horizonte "C," el más profundo, existe ya la roca madre. Forman parte de los estratos verticales de la pedosfera.

#### **HUMEDAD.**

Contenido de vapor de agua atmosférico.

#### **HUMEDAL.**

Asociación geobotánica característica de las zonas permanentemente inundadas o inundables durante largos períodos de tiempo, en la que las especies hidrofíticas o hidro-halofíticas pueden sobrevivir y prosperar.

Se reconocen varios tipos, a saber: pantano (*cuagmire*), cenegal (*mire*), carrizal o juncal (*bog*), tremedales, orillas palustres y lacustres, fangales, etc. (*Sinónimo*: tierras húmedas).

#### **INFILTRACIÓN.**

Proceso de introducción de un líquido entre los poros de un sólido. En geología, se dice de la penetración del agua en el suelo para originar los manantiales.

#### **INUNDACIÓN.**

Proceso por el cual las tierras continentales o de superficie se recubren de agua de forma temporal o permanente; puede deberse a precipitaciones, maremotos, desbordamientos, crecientes, etc.

#### **INUNDACIÓN CONTROLADA.**

El agua circula a través de canaletas de riego, o sobre el suelo en forma de manto, sobre el terreno de cultivo y es controlada por la ubicación de las aberturas y por la separación de los caudales.

#### **LIMO.**

Suelo que tiene arcillas y partículas gruesas, en proporción tal que forma una mezcla permeable y friable.

## **LÓTICO.**

Una de las dos clasificaciones del hábitat en el medio de agua dulce. Hábitat de agua quieta (léntico) lago, estanque, pantano, charco. Hábitat de agua corriente (lótico) manantial, arroyo o río.

## **MACRÓFITOS.**

Plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las cuales se encuentran las plantas vasculares, briófitos, macroalgas y cianobacterias. Fuente: [http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual\\_macrofitos.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_macrofitos.pdf)

## **MALEZA.**

Clasificación de formas de vida vegetal para plantas herbáceas (malas hierbas) que se encuentra asociada a los terrenos baldíos y sembríos descuidados, constituyendo un serio problema para el agricultor, quien utiliza medios de eliminación de malezas.

## **MANEJO.**

Capacidad de estudiar, planificar y ejecutar planes y programas referentes a la buena utilización de los recursos en un área protegida.

## **MEANDRO.**

Grandes curvaturas que se presentan a lo largo de un río de llanura, tanto en las planicies bajas de los trópicos, cuanto en las elevadas mesetas alto andinas.

## **PENDIENTE.**

Inclinación, o gradiente de altura de un plano o una ladera; generalmente se expresa en porcentaje considerando la vertical como una pendiente 100%, la inclinación de 45° posee una pendiente del 50%.

## **PERCOLACIÓN.**

Movimiento hacia abajo del agua a través de las capas porosas del suelo, lo que ayuda a la sedimentación. La *lixiviación* es parte de la **P.** en zonas de minerales solubles.

**PERIODICIDAD.**

Propiedad que tienen los fenómenos cíclicos mediante la cual los mecanismos y procesos se repiten cada cierta unidad de tiempo. La **P.** biológica es estudiada por la fenología.

**PERÍODO.**

Tiempo transcurrido desde un evento especial hasta otro que lo finaliza. Los ritmos biológicos o el funcionamiento de los ecosistemas cerrados o cíclicos poseen períodos o fases de ejecución.

**PERMEABILIDAD.**

Propiedad por la cual los fluidos logran atravesar membranas; este paso puede ser selectivo, con requerimiento de energía o sin él.

**PERTURBACIÓN.**

Actividad o factor que modifica la vegetación virgen o el estado original de un ecosistema; la alteración puede ser positiva o negativa. (e.g.: las quemadas, la deforestación, pastoreo, etc.).

La **P.** es un *disturbio* de menor grado, sin repercusiones importantes como las que generan las *catástrofes*, que son disturbios de gran intensidad.

**POBLACIÓN.**

Unidad demográfica que resulta de la agrupación de individuos de la misma especie en agregados (*demes*) que responden a funciones sociales de reproducción, defensa, alimentación, refugio y defensa.

**POROSIDAD.**

Condición, calidad o estado que es poroso; referido al suelo, es la relación que se presenta el volumen de los intersticios y poros capilares de un suelo y el volumen total del suelo; está relacionado a la textura y el drenaje.

**PROPAGACIÓN.**

Proceso por el que se reproduce o multiplica con éxito una especie vegetal.

**PÓLICIA.**

Una franja amplia, de 100 metros de anchura a lado y lado del cauce, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en las que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollan y con ciertas restricciones, principalmente hidráulicas. Fuente:

<http://hispagua.cedex.es/documentacion/documentos/linde/capitulo2.pdf>

**QUEBRADA.**

Lecho estrecho y áspero que constituye la vía de drenaje ocasional en las vertientes subáridas; en general se aplica a las pequeñas depresiones formadas por efecto del drenaje en zonas de valles hídricos. Cuando la erosión de la quebrada ha sido mayor, generalmente se la designa como garganta y cañón.

**RALEAR.**

Técnica de silvicultura mediante la cual se eliminan las plántulas de árboles pequeños, que inhiben el desarrollo del ejemplar seleccionado; el raleo o “aclareo” permite disponer de espacio para el mejor desarrollo del árbol maderable.

**RALENTIZAR**

Hacer lenta una actividad o proceso, o disminuir su velocidad. Fuente:

<http://es.thefreedictionary.com/ralentizar>

**REMANSO.**

*BACKWATER.* Área de aguas quietas de un río; posee características lénticas siendo un ecosistema lótico. (*Sinónimo:* vado).

**RESILIENCIA.**

Amplitud de tolerancias ambientales en un ecosistema, que le permite asimilar perturbaciones sin deteriorarse definitivamente. Sarmiento, F. (2001).

**RIADA.**

Crecida del río, avalancha de agua o aluvión que se presenta intempestivamente.

**RIBERA.**

Límite natural entre un sistema dulceacuícola con los ecosistemas terrestres. En los ríos se pueden distinguir zonas de ribera como bancos de arena, terrazas fluviales, líneas de aguajes, áreas palustres o ciénegas y orilla firme.

**RIBEREÑO.**

Organismo que frecuenta, crece o vive en las márgenes de los ríos.

**RIVERA.**

Es la zona de orilla que contacta desde la tierra al río. A diferencia de la ribera (que es la zona que contacta desde el río hacia la tierra) la orilla firme posee una ecología distinta. En el lenguaje técnico la diferenciación es importante.

**RIPARIOS.**

Que frecuenta, crece o vive en las márgenes de los ríos.

**SATURACIÓN.**

Punto en el cual el ecosistema ha recibido la máxima capacidad de carga, siendo por tanto, un nivel crítico de rendimiento funcional. Existe un límite de sobresaturación en el que los procesos continúan, pero generalmente se desvían de su norma y el ecosistema se perturba.

**SUSTRATO.**

Material en que un organismo se fija, como el suelo para las plantas, las rocas para los líquenes, la corteza para las epífitas, etc.

**TALUD.**

Contrafuerte ubicado en un plano inclinado, que proporciona fijeza y estabilidad a la estructura superior.

**TERRAPLEN.**

Tipo de talud artificial de tierra afirmada.

**TESELAS.**

Mosaico o complejo de pequeñas manchas de vegetación que forman el paisaje, consideradas estas como partes o piezas elementales del paisaje. Su nombre proviene del latín, y hace referencia a las piezas que empleaban los romanos para formar los pavimentos del mosaico.

**TORRENTE.**

Riada o creciente, de corriente impetuosa. Por lo general presente en zonas de montaña o zonas de marcada inclinación y rugosidad en el lecho.

**TROFIZACIÓN.**

Alimentación por parte del aporte de nutrientes alimenticios concentrados; la trofización nitrítica, por ejemplo, sucede al aumentar derivados de nitrógeno en el agua. La eutrofización consiste en una sobre-trofización.

**VEGA.**

Suelo derivado de depósitos aluviales recientes y que se encuentran influidos por la capa de agua freática alta de la zona.

**VERTIENTE.**

Extensión de terrenos avenados por una vía de drenaje común, generalmente corresponden a laderas convergentes desde la línea de cresta hacia el río. La vertiente hidrográfica es típica de las estribaciones y laderas andinas con nubo-selva y bosque montano.

.





## PARÁMETROS NORMATIVOS Y LEGALES.

Los problemas ambientales existen desde épocas muy remotas, iniciándose desde la interacción del ser humano, con sus comunidades, durante sus actividades por la producción de bienes necesarios para la satisfacción de sus necesidades básicas, con la extracción de los recursos naturales para su transformación y consumo. Más tarde, con el aumento de la población y por supuesto el incremento de la demanda de los recursos naturales, estimuló su explotación aumentando tanto la producción de desechos, como la utilización de zonas frágiles para estas actividades, de esta manera empieza a producirse la degradación del ambiente y la sobreexplotación de los recursos naturales. Pero es a mitad del siglo XX cuando se inicia en el mundo una toma de conciencia de la gravedad del deterioro ambiental, según De los Ríos, Isabel (2005).

Dentro de este orden de ideas, en Venezuela específicamente, existe variedad de instrumentos legales que contienen normas que rigen la materia ambiental, tanto a nivel internacional como nacional. En este sentido, se puede observar que a nivel internacional, Venezuela ha suscrito diferentes Convenios Internacionales tanto en el ámbito multilateral como en el ámbito bilateral, a través de los cuales ha asumido postulados, deberes y obligaciones en el área que nos ocupa, entre los cuales destacan:

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Fecha y Lugar de Firma</b>	<b>Gaceta Oficial</b>
<b>Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América</b>	Establecer un sistema de protección en los países de América para la flora, fauna y medio ambiente de sus entornos	Washington 12-10-1940	13-11-1941 N° 20.643
<b>Convenio sobre el Comercio Internacional de</b>	<input type="checkbox"/> Proteger ciertas especies de animales y vegetales	Washington 03-03-1973	29-06-1977 N° 2.053 Ext.

<b>Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres (CITES)</b>	que se encuentran en Peligro de Extinción <input type="checkbox"/> Acordar medidas para proteger las especies mediante el control del comercio internacional		
<b>Tratado de Cooperación Amazónica</b>	Promover el desarrollo armónico de la Amazonía permitiendo una distribución equitativa de los beneficios entre las partes contratantes elevando el nivel de vida de sus pueblos e incorporando sus territorios amazónicos a sus economías nacionales	Brasilia 03-06-1978	28-05-1980 N° 31.993
<b>Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe</b>	Proteger y ordenar el medio marino y las zonas costeras de la Región del Gran Caribe	Cartagena de Indias 24-03-83	25-07-86 N° 33.498
<b>Protocolo relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran</b>	Promover la cooperación regional para la adopción de medidas, tanto preventivas como correctivas que sean	Cartagena de Indias 24-03-83	31-07-86 N° 33.523

<b>Caribe</b>	necesarias para proteger el medio marino y costero de la Región del Gran Caribe de los incidentes de derrames de hidrocarburos.		
<b>Protocolo relativo a las Áreas Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas (SPAW)</b>	Proteger y preservar en la zona de aplicación del Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe, los ecosistemas raros o vulnerables, así como el hábitat de las especies amenazadas o en peligro de extinción	Kingston, Jamaica 31-01-1990	18-12-6 N° 36.110
<b>Protocolo relativo a la Contaminación procedente de Fuentes y Actividades Terrestres del Convenio de Cartagena</b>	Adoptar medidas adecuadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación en la Región del Gran Caribe procedente de fuentes y actividades terrestres		
<b>Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional como Hábitat de Aves</b>	Detener la ocupación y desaparición progresiva de las marismas debido al valor económico, cultural, científico y	RAMSAR 02-02-1971 Protocolo Modif.	16-09-1988 N° 34.053

<b>Acuáticas</b> <b>(Convención</b> <b>RAMSAR)</b>	de recreo	París  03-12-1982	
<b>Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono</b>	Proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos que puedan resultar de la modificación de la capa de ozono.	Viena  22-03-1985	19-07-1988  N° 34.010
<b>Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono</b>	Proteger la capa de ozono adoptando medidas preventivas para controlar las emisiones mundiales de las sustancias que la agotan	Montreal  16-09-1987  Ajustes Londres  26-09-1990  07-03-1991	11-01-1989  N° 34.134
<b>Enmienda de Londres del Protocolo de Montreal</b>	Establece el calendario de eliminación y crea el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal para cooperar con los países en desarrollo en la reconversión industrial y tecnológica	Londres  29-06-1990	21-05-1993  N° 4.580 Ext.
<b>Enmienda de Copenhague del Protocolo de Montreal</b>	Establece la ampliación de la lista de sustancias controladas y un nuevo calendario de eliminación para los países desarrollados y en vías de	Copenhague  25-11-1992	04-11-1997  N° 5.180 Ext.

	desarrollo		
<b>Enmienda de Montreal del Protocolo de Montreal</b>	Establece la obligación de crear un sistema de licencias dirigido a reducir el tráfico ilegal de las sustancias que permita controlar el ingreso y egreso; así como el origen y destino de las mismas	Montreal 17-09-1997	12-06-2001 N° 32.217
<b>Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO</b>	Establecer un sistema eficaz de protección colectiva del patrimonio cultural y natural de valor excepcional organizado de una manera permanente y según sentido científico moderno	París 23-11-1972	06-07-1990 N° 4.191 Ext.
<b>Convenio sobre la Diversidad Biológica</b>	Conservar y preservar el máximo posible de diversidad biológica en beneficio de las generaciones presentes y futuras	Río de Janeiro 12-06-1992	12-09-1994 N° 4.780 Ext.
<b>Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad</b>	Regular el movimiento transfronterizo de los organismos vivos modificados que puedan tener efectos perjudiciales en el	Nairobi 24-05-2000	02-01-02 N° 37.355

	medio ambiente y la salud humana		
<b>Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</b>	Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida la interferencia antropogénica peligrosa con el clima	Río de Janeiro 13-06-1992	27-12-1994 N° 4.825 Ext.
<b>Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</b>	Comprometer a los Estados a implementar medidas tendentes a limitar y reducir las emisiones de Dióxido de Carbono y de gases de efecto invernadero a un nivel inferior al 5% del total de emisiones de esos gases para 1990, para el período comprendido entre el 2008-2012		07-12-2004 N° 38.081
<b>Convenio Internacional de las Maderas Tropicales</b>	Construir un marco eficaz de cooperación y consulta entre los países productores y consumidores de maderas tropicales; así como estimular la investigación y alentar el desarrollo de políticas de	Ginebra 18-11-1983  Nueva York 26-01-1994	01-02-1994 N° 4.686 Ext.  05-12-1997 N° 5.187 Ext.

	protección sostenible y conservación de los bosques tropicales y sus recursos genéticos.		
<b>Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación</b>	Regular el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos reduciendo al mínimo su generación, asegurando su manejo ambientalmente racional y promoviendo la cooperación internacional en ese campo	Basilea 23-03-1989	16-02-1998 N° 36.396
<b>Protocolo sobre Responsabilidad e Indemnización por Daños Resultados de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos</b>	Establecer un régimen global de responsabilidad e indemnización pronta y adecuada por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos y su eliminación, incluido el tráfico ilícito de esos desechos		
<b>Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación</b>	Establecer un mecanismo eficaz de colaboración internacional para evitar el aumento	París Oct. 1994	23-06-1998 N° 5.239 Ext.

	gradual de la desertificación existente en los países que afrontan grandes sequías		
<b>Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas</b>	Promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de los hábitats de los cuales dependen, basándose en los datos científicos más fidedignos disponibles y considerando las características ambientales, socioeconómicas y culturales de las Partes	Caracas 01-12-1997	05-08-1998 N° 5.247 Ext.
<b>Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes</b>	Proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes, de conformidad con el principio de precaución consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río	Estocolmo 23-05-2001	03-01-2005 N° 38.098 (Véase N° 5.754 Ext. Misma fecha)
<b>Convenio sobre el Procedimiento de Consentimiento</b>	Promover la responsabilidad compartida y los		22-12-2004 N° 38.092

<p><b>Fundamentado</b>  <b>Previo aplicable a</b>  <b>ciertos Plaguicidas</b>  <b>y Productos</b>  <b>Químicos</b>  <b>Peligrosos objeto</b>  <b>de Comercio</b>  <b>Internacional</b></p> <p><b>(Convenio de</b>  <b>Rotterdam)</b></p>	<p>esfuerzos conjuntos de las Partes Contratantes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las Partes.</p>		
<p><b>Tratado</b>  <b>Internacional sobre</b>  <b>los Recursos</b>  <b>Fitogenéticos para</b>  <b>la Alimentación y la</b>  <b>Agricultura</b></p>	<p>Conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el</p>		<p>23-12-2004  38.093</p>

	<p>Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria.</p>		
--	--	--	--

Fuente: [http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com\\_content&task=view&id=64&Itemid=74](http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=74)

Durante la “Convención para la protección de la flora, de la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América” ocurrida en Washington en octubre de 1940 Venezuela suscribió un documento acordado entre los países asistentes y luego lo ratificó el 13 de Noviembre de 1941 según la Gaceta Oficial N° 20.643, según (Gómez, s/f)

*“...dicho acuerdo brindó a las Partes Contratantes un marco jurídico internacional para el desarrollo de políticas y leyes nacionales, orientadas a proteger y conservar el medio ambiente natural, las especies y géneros de su fauna y flora, incluyendo las aves migratorias; así como los paisajes y formaciones geológicas de interés estético y/o valor histórico y científico o lugares donde existan condiciones primitivas. La importancia de este convenio radica en que sirvió de base para que los países miembros legislaran sobre la materia y desarrollaran políticas y estructuras administrativas orientadas hacia la protección y conservación de áreas naturales de particular importancia por los recursos naturales que albergan y por su belleza escénica...”. (Gómez, s/f)<sup>395</sup>*

Como consecuencia la firma de este convenio dio inicio al sistema de áreas protegidas que existe en el país actualmente.

Según (De Los Ríos I. , 2005)<sup>396</sup> la política ambiental se inicia en la década del 70 con la Declaración de Estocolmo, ya que lo impulsa en su

<sup>395</sup>Gómez, F. (s/f). *Regulación Internacional de los Humedales. Especial referencia a la Laguna de Unare, Anzoátegui, Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de [www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc](http://www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc)

<sup>396</sup> De Los Ríos, I. (2005). *Principios de derecho ambiental*. . Caracas: Isabel De Los Ríos. p.1.

Principio 22<sup>397</sup> y luego se revalida 20 años más tarde en la Declaración de Río donde se ratifica la Declaración de Estocolmo en su Principio número 13 y se le consagra en el Principio número 27<sup>398</sup>. Luego en el año 2002 en Johannesburgo en el marco de la Agenda 21 en su capítulo 38 se señala el derecho ambiental como uno de los campos prioritarios en el que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente debe concentrarse.

Al considerar las opiniones de analistas como De los Ríos Isabel (2005) y analizar la participación de Venezuela en los foros internacionales en materia ambiental, se puede observar que la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, realizada del 05 al 15 de junio de 1972 en Estocolmo-Suecia, marcó un hito en la preocupación de los gobiernos sobre la responsabilidad que tenía la conducta humana en el medio ambiente y es así como se adopta una Declaración Final donde se destaca la responsabilidad de preservar éste para las generaciones presentes y futuras.

En el año 1977 se crea en Venezuela el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.), hoy en día llamado Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, y desde su instauración fue el ente oficial encargado de manejar las normas sobre este tema. El M.A.R.N.R. fue el primer organismo en su tipo en América Latina. Parte del sistema nacional de parques que hoy tenemos y algunas de las organizaciones no gubernamentales también surgieron en esa época y, contrariamente a lo que se piensa, Venezuela posee uno de las mejores reservas de capital humano preparado para las tareas ambientales de toda América Latina. (Huber, 1997)<sup>399</sup>.

La sensibilidad de la población ante la problemática ambiental está creciendo; existen algunos esfuerzos educativos interesantes y los medios de comunicación masiva se ocupan cada vez más del tema. Aun cuando la

---

<sup>397</sup> "Los Estados deben cooperar para continuar desarrollando el derecho internacional en lo que se refiere a la responsabilidad y a la indemnización a las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales que las actividades realizadas dentro de la jurisdicción o bajo el control de tales Estados causen en zonas situadas fuera de sus jurisdicción".

<sup>398</sup> "Los Estados y las personas deben cooperar de buena fe y con espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el ulterior desarrollo del derecho internacional en la esfera del desarrollo sustentable".

<sup>399</sup> Huber, R. (1997). *Política Ambiental en Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de Revista Reporte Legal. [Revista en Línea]. N° Febrero 2007.: <http://www.analitica.com/archivo/vam1997.09/c&t04.htm>

repercusión no es tan grande como en los países industrializados, definitivamente se está prestando más atención a la materia ambiental.

Actualmente, Venezuela posee una legislación ambiental moderna y ambiciosa, desde su inicio la actuación del país ha destacado como una de las más avanzadas en la materia y nos presenta ante el mundo como un país preocupado y consciente de su patrimonio ambiental.

*“El marco legal ambiental en Venezuela es considerado muy avanzado en términos de sus normas ambientales y de su alcance. Sin embargo, varios autores señalan el hecho que otorga un excesivo poder discrecional y asigna responsabilidades que se superponen entre diversas entidades”.* (Huber, 1997)<sup>400</sup>

Las leyes venezolanas están estructuradas en diferentes niveles. Todas las actividades comerciales que estén relacionadas directa o indirectamente con el ambiente, tienen la obligación de cumplir con la legislación de protección ambiental. Según el Escritorio Jurídico BPMA&W, *“toda regulación constitucional, estatutaria y regulatoria, concerniente al ambiente es aplicable a esta área, al igual que otros textos legales, como son Tratados Internacionales y cualquier cláusula contractual sobre ambiente”*, (BPMA&W, 1998)<sup>401</sup>, éste escritorio jurídico clasifica las leyes ambientales en el país de la siguiente manera:

1. *Constitución Nacional.*

*La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, aprobada en 1999, establece en el artículo 106 que, el estado debe proteger y conservar los recursos naturales de su territorio, y que su explotación será primordialmente para el beneficio colectivo de todos los venezolanos.*

2. *Tratados internacionales.*

---

<sup>400</sup> Huber, R. (1997). *Política Ambiental en Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de Revista Reporte Legal. [Revista en Línea]. N° Febrero 2007.: <http://www.analitica.com/archivo/vam1997.09/c&t04.htm>

<sup>401</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

*Cualquier tratado internacional ratificado por Venezuela se considera ley nacional. Esto significa que cuando no exista ninguna ley nacional que establezca regulaciones sobre algún caso ambiental en particular, y algún tratado internacional si lo haga, en cuanto el tratado no vaya en contra de la Constitución Nacional, esas reglas son las que hay que seguir.*

### *3. Leyes Orgánicas (Asamblea Nacional).*

*“Estas leyes dan la idea general y regulaciones sobre algún tema en específico. Establecen el marco básico sobre un tema en particular, pero son usualmente complementadas por regulaciones específicas. Cuando no existan regulaciones específicas referentes a alguna materia, las normas establecidas en las leyes orgánicas rigen. (DEFINICION: La Constitución Nacional contempla una categoría especial de leyes: Las Leyes Orgánicas. Una ley es "orgánica" cuando la Constitución así la define, o cuando la mayoría absoluta de las cámaras legislativas deciden que éstas pertenecen a ésta categoría. Las Leyes Orgánicas tienen el propósito de regular temas específicos: Distrito Federal y sus Territorios Federales, municipalidades, ministerios, el poder judicial, la Corte Suprema de Justicia, el Ministerio Público, Institutos Independientes, Renta Nacional y créditos. La supremacía de las leyes orgánicas sólo existe sobre leyes que regulan los mismos temas. El efecto supremo de estas leyes es para crear excepciones a dos principios: primero, la aplicación de la ley específica sobre la general; y segundo, que la ley posterior priva sobre la anterior.)” (BPMA&W, 1998)<sup>402</sup>.*

### *4. Leyes y Códigos (Asamblea Nacional).*

*Definición Tradicional: ley es una norma abstracta, de aplicación general y no establece casos particulares. Las actuaciones de las cámaras legislativas son definidas como leyes. Las leyes que reúnen*

---

<sup>402</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de Abril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

normas regulando los mismos temas, en una manera sistemática son llamados códigos (art. 162 C. N.).

5. *Decretos (Actos del Ejecutivo Nacional).*

*El Presidente de la República en Consejo de Ministros. Los decretos son actos del Poder Ejecutivo, estableciendo normas que regulan temas contenidos en leyes formales. En otras palabras, son decisiones con fuerza de ley, adoptadas por el Ejecutivo Nacional.*

6. *Resoluciones Ministeriales (uno o más ministros).*

*Estas son decisiones escritas y unilaterales emanadas de las autoridades administrativas, las cuales crean normas de aplicación general pero de nivel inferior a las leyes.*

7. *Leyes Estadales (Gobernador de Estado y Legisladores).*

*Los estados pueden ejercer su derecho a legislar, aunque su competencia sea muy limitada. No obstante, las leyes estadales, dentro de su rango de competencia, prevalecen sobre la ley nacional o resoluciones, siempre y cuando la Constitución Nacional no diga lo contrario. (BPMA&W, 1998)<sup>403</sup>.*

Seguidamente describiremos algunas de las leyes ambientales más importantes que rigen en Venezuela:

## **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.**

Publicada en Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.453 de la República Bolivariana de Venezuela. En Caracas, el viernes 24 de marzo de 2000. Es el texto fundamental de la República, donde existen un conjunto de normas que tiene como objetivo regir la organización, el funcionamiento, los fines, propósitos y razones del país. Constituye la base de toda la organización política del país, por lo que está por encima de todas las otras leyes, las cuales no podrán contener disposiciones contrarias a ella.

---

<sup>403</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de Abril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

Los constituyentes incluyeron considerables modificaciones en la materia ambiental, a tal punto que, dedica más de treinta artículos a este tema además del preámbulo donde se lee lo siguiente:

*“...con el fin supremo de refundar la República para establecer una sociedad democrática, participativa y protagónica... en un Estado... que promueva...el equilibrio ecológico y los bienes jurídicos ambientales como patrimonio común e irrenunciable de la humanidad”.* (Constitución de la República de Venezuela, 1999)<sup>404</sup>

En un documento presentado en el Instituto de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, la profesora especializada en Derecho Ambiental Dra. Isabel de los Ríos, comentó nuestra Carta Magna de la siguiente manera:

*“...El ambiente aparece como eje transversal a lo largo de todo el texto, y, en segundo término, en lugar de privilegio: como fundamento de la seguridad del Estado, elevándolo a la categoría de bien jurídico protegido, digno de tutela penal y con valor per se; consagrándolo como un derecho fundamental, equivalente a la vida e incluso por encima del derecho a la propiedad, a la salud y a la educación; considerándolo como fin del Estado, como fundamento de la seguridad de la Nación y como fundamento del régimen socioeconómico de la República; adoptando la planificación como herramienta fundamental de la gestión ambiental; adoptando el modelo económico del desarrollo sustentable, lo que se traduce en un desarrollo ambientalmente aceptable; incluyendo a los recursos naturales como parte integrante de la soberanía; declarando todas las aguas del dominio público del Estado; incorporando como obligación del Estado y de los particulares la protección del ambiente; incluyendo el ambiente como una de las limitaciones para ejercer actividades lucrativas; consagrando el derecho al ambiente como un derecho transgeneracional; reconociendo los conocimientos y culturas tradicionales de los pueblos indígenas; haciendo obligatoria la educación*

---

<sup>404</sup> Constitución de la República de Venezuela. (1999). 662. *Extraordinario*. Caracas: Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Imprenta Nacional.

*ambiental en todos los niveles de la educación; admitiéndolo como una de las bases para favorecer la integración latinoamericana y caribeña e, incluso, declarándolo como circunstancia suficiente para dictar estado de excepción...”. (De Los Ríos, 2005).*

El Dr. Francisco Astudillo Gómez, en su trabajo “Regulación Internacional de los Humedales. Especial Referencia a la Laguna de Unare, Anzoátegui, Venezuela” comenta sobre la nueva Carta Magna:

*“...la Constitución recogió en forma extensa la materia ambiental, para ser un texto de esta naturaleza. En este sentido, el Capítulo IX, del Título III de nuestra carta magna, prevé por vez primera en la historia patria, los Derechos Ambientales del hombre como principio, adoptando los postulados internacionales desarrollados durante los últimos años”. (Gómez, s/f)<sup>405</sup>.*

Es relevante también el capítulo IX, denominado De los derechos ambientales, del título correspondiente a los Deberes, Derechos Humanos y Garantías, donde se plantea “...la consagración del derecho al medio ambiente sano como un derecho fundamental...”. (De Los Ríos I. , 2005)<sup>406</sup>

En ese mismo capítulo el artículo 128 se le da importancia a las relaciones entre los seres vivos y su entorno más los procesos naturales de dichas relaciones y se reconoce la planificación como herramienta fundamental de la gestión ambiental con rango constitucional, pero la obligación del Estado de informar y consultar a la población, responsabilidad que también le puede ser requerida. De los Ríos, Isabel (2005), en dicho artículo se lee:

*“El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y*

<sup>405</sup> Gómez, F. (s/f). *Regulación Internacional de los Humedales. Especial referencia a la Laguna de Unare, Anzoátegui, Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de [www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc](http://www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc)

<sup>406</sup> De Los Ríos, I. (2005). *Principios de derecho ambiental*. . Caracas: Isabel De Los Ríos. p.128.

*participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento". (De Los Ríos I. , 2005)<sup>407</sup>.*

En el artículo 129 de los tres puntos relevantes a que se refiere el que nos atañe en este trabajo es el referido a la incorporación de la obligación de conservar el equilibrio ecológico y restaurar el ambiente en caso necesario.

*"...En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultara alterado, en los términos que fije la ley...". (De Los Ríos I. , 2005)<sup>408</sup>.*

Una de las disposiciones más novedosas en la constitución de 1999 es la declaratoria de todas las aguas como bienes del dominio público, trasladando de esa manera un principio ecológico, como es el de la unidad del ciclo hidrológico, al ámbito legal, aceptándolo como norma jurídica. De los Ríos, Isabel (2005).

*"Artículo 304. Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio". (De Los Ríos I. , 2005)<sup>409</sup>.*

## **LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE.**

Publicada en Gaceta Oficial N° 31.004 de la República Bolivariana de Venezuela. En Caracas, el 16 de junio de 1976. Es la primera Ley Orgánica del

<sup>407</sup> De Los Ríos, I. (2005). *Principios de derecho ambiental*. Op. Cit. Pp. 129.

<sup>408</sup> De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

<sup>409</sup> De Los Ríos, I. (2005). *Principios de derecho ambiental*. Caracas: Isabel De Los Ríos. p. 152.

Ambiente del país es publicada en gaceta oficial, esto representó un hito histórico en materia legal, pues expresó la preocupación de las autoridades venezolanas de esa época por la materia ambiental, cuya relevancia data de la primera Cumbre de la Tierra en el año 1972, la cual se mantiene vigente hasta el año 2006 cuando se publica en gaceta oficial nacional una segunda Ley Orgánica del Ambiente, derogando la anterior. Algunos juristas como De Los Ríos, especialista en el área ambiental catalogó a la Ley Orgánica del Ambiente del año 1976 como una ley base ya que...

*“...establece las grandes directrices que van luego a ser desarrolladas por textos especiales. Su objeto primordial es establecer los lineamientos y principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de la vida, todos ello dentro de la política del desarrollo integral de la Nación...”*. (De Los Ríos I. , 2005)<sup>410</sup>.

La nueva Ley Orgánica del Ambiente Publicada en Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.833 de la República Bolivariana de Venezuela. En Caracas, el 22 de diciembre de 2006, tiene como objetivo el establecer las disposiciones y los principios que regirán en materia de gestión del ambiente<sup>411</sup> y estará enmarcada en el desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad. Hoet, Pelaez, Castillo & Duque (2007).

Ambas Leyes Orgánicas declaran la materia ambiental como de utilidad pública, de atención prioritaria por el Estado según los Artículos 2 y por lo tanto ambas pretenden establecer los principios rectores del Estado venezolano en la materia, únicamente la Ley Orgánica del Ambiente del año 2006 identifica y lista explícitamente diez (10) principios rectores (Art. 04), fundamentados todos en las disposiciones legales de la Constitución vigente.

*“...La ausencia de estos principios rectores en la norma del año 1976 facilitó un amplio margen de discrecionalidad de los funcionarios competentes en la aplicación de la ley; situación que se ha ido corrigiendo*

---

<sup>410</sup> De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

<sup>411</sup> *“como proceso integral y continuo, conformado por acciones diferenciadas para atender los ecosistemas, biodiversidad y recursos naturales”* León, José (2007)

*y que seguramente será subsanada al adquirir plena vigencia la nueva norma en junio del año 2007...*". (León, 2007)<sup>412</sup>.

Esta nueva Ley Orgánica del Ambiente presenta como extensión en la materia ambiental (Art. 02) "La gestión del ambiente", ya que en la anterior el campo de acción de la ley orgánica del ambiente del año 1976 estaba restringido y delimitado a la "Conservación, defensa y mejoramiento del ambiente" Por lo tanto el ámbito de aplicación de las disposiciones normativas promulgadas en la ley orgánica del ambiente del año 2006 abarca un campo mucho más amplio que aquellas disposiciones de la previa ley orgánica del ambiente. Esta gestión del ambiente es *"...entendida como un proceso, integral y continuo, conformado por acciones diferenciadas para atender los ecosistemas, biodiversidad y recursos naturales, al tiempo que proporciona en su artículo 03 una serie de definiciones de términos relacionados con este proceso..."*. (León, 2007)<sup>413</sup>.

A diferencia de la anterior Ley la nueva del 2006 está desconcentrada y descentralizada según los Artículos 19 y 20 hacia los Estados y los Municipios, por aplicación del artículo 257 de la Constitución de 1999. La Ley les atribuye competencias concurrentes en la materia y les impulsa la elaboración de nuevas normas ambientales en sus instancias.

*"La descentralización y desconcentración se extiende incluso más abajo, hasta los consejos comunales y comunidades organizadas, entes que pueden asumir competencias ambientales a su nivel. Esto facilita la atención y solución de los problemas ambientales locales en virtud de que quienes los sufren directamente, lo detectan y lo atienden más eficientemente que si tuviese que ser atendido por la instancia central del órgano competente por la materia".* León, J. (2007)<sup>414</sup>.

La planificación ambiental contemplada en la Ley Orgánica del año 2006 viene a constituir un sistema integrado y jerarquizado de planes basado

<sup>412</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. Nº 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

<sup>413</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. Nº 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

<sup>414</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*.

fundamentalmente en el Plan Nacional de Ordenación del Territorio según los Artículos 26 al 28. El Plan Nacional del Ambiente se desarrollará con carácter vinculante en todos los ámbitos de poder del Estado. Establece los lineamientos que deben seguirse y los instrumentos que pueden ser utilizados para su desarrollo e implementación.

*“La planificación ambiental, escalonada y desarrollada en planes elaborados en las diferentes instancias de decisión (país, estado, municipio, consejo comunal, comunidad, etc.). teniendo como base un Plan Nacional de Ordenación de Territorio, que ya fue promulgado y está en proceso de revisión, dan un mejor fundamento para las acciones a ser programadas a futuro en la materia ambiental, ya que existen experiencias previas”.* (León, 2007)<sup>415</sup>.

En dicha Ley se consagra al Estado como el ente controlador ambiental sobre las actividades y sus efectos que sean capaces de degradar al ambiente y para ello enumera cuales son dichas acciones que se consideran capaces de esa labor<sup>416</sup>. Según el Escritorio Jurídico Hoet, Pelaez, Castillo & Duque:

*“Este control ambiental pueden ser previo o posterior. El control previo se ejerce a través de las autorizaciones, las aprobaciones, los permisos, las licencias, las asignaciones, las concesiones, los contratos, los planes de manejos y los registros entre otros. El control posterior por su parte se ejerce a través de la guardería ambiental; la auditoría ambiental; la supervisión ambiental y la policía ambiental”.* (Hoet, Pelaez, & Duque, 2007)<sup>417</sup>.

La Ley Orgánica del Ambiente del año 2006 describe veinte (20) actividades que pueden dañar al ambiente, y las relaciona en el Artículo 80; esto motivado a la inclusión de aquellas actividades humanas que pudiesen

<sup>415</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. Nº 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

<sup>416</sup> *“las actividades humanas que pudiesen afectar a los humedales, a la capa de ozono, a especies amenazadas o en peligro; las relacionadas con materiales y desechos peligrosos, las referidas a la liberación de seres vivos con modificaciones genéticas, y aquellas que puedan alterar las interrelaciones ser vivo-ambiente en las comunidades animales y vegetales; ampliando así el área dentro de la cual el ser humano tiene restricciones en sus actuaciones, con respecto a la atención debida al ambiente y los recursos naturales”.* León, José (2007).

<sup>417</sup> Hoet, Pelaez, & Duque, C. &. (2007). *Entro en vigencia reforma a la Ley Orgánica del Ambiente*. Recuperado el 15 de Abril de 2010, de Revista Reporte Legal. [Revista en Línea]. Nº Febrero 2007.: [www.ciemi.org.ve/legal/LeyOrganicaAmbiente.pdf](http://www.ciemi.org.ve/legal/LeyOrganicaAmbiente.pdf).

afectar entre otros a los humedales, a la capa de ozono, a especies amenazadas o en peligro; igualmente aquellas que puedan alterar las interrelaciones entre los seres vivos y el ambiente; ampliando así las restricciones en las actuaciones del hombre, con respecto a la debida atención que debe asumir ante al ambiente y los recursos naturales.

*“La disposición legal que establece como actividades susceptibles de degradar el ambiente a "cualquiera otra que sea capaz de alterar los ecosistemas..." permitió al legislador incluir actividades que inicialmente no fueron consideradas como afectadoras del ambiente y que hoy día está demostrado su impacto negativo sobre el mismo, permitiendo establecer restricciones y limitaciones a las actividades humanas que las puedan generar, para reducir o minimizar estos daños “. (León, 2007)<sup>418</sup>.*

En ambas leyes las actividades que pueden afectar al ambiente, son controladas en su autorización y ejecución por el Estado venezolano a través de sus órganos competentes.

*“En la Ley Orgánica del Ambiente del año 2006 la autorización de estas actividades es competencia de la Autoridad Nacional Ambiental bajo el criterio, explícito en la ley, de la "Afectación Tolerable" según los Artículos 82 al 86, siempre y cuando previamente se haya presentado el estudio de impacto ambiental y socio-cultural, se adecuen al plan nacional de ordenación del territorio, generen beneficios al colectivo y estén respaldadas por una garantía ambiental. A mayores restricciones implementadas para que las personas puedan obtener el visto bueno del Estado para realizar actividades que puedan degradar el ambiente, el deber sería que los demandantes de tales permisos los solicitaran en casos estrictamente necesarios, lo cual contribuiría con la preservación del ambiente”. (León, 2007)<sup>419</sup>.*

---

<sup>418</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. Nº 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

<sup>419</sup> León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. Nº 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

## **LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA.**

La Ley Orgánica de la Administración Pública divulgada en la Gaceta Oficial N° 36850 del 14 de diciembre de 1999, tiene por objeto entre otros determinar el número y organización de los ministerios y su respectiva competencia.

En el artículo 50 podemos observar las competencias atribuidas al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, el cual se refiere al ejercicio de la autoridad nacional de todo lo relacionado con las aguas; la planificación y ordenación del territorio; la administración y gestión de las cuencas hidrográficas; la conservación, defensa, manejo, restauración, aprovechamiento, uso racional y sustentable de los recursos naturales y de la biodiversidad; la evaluación, vigilancia y control de las actividades que se ejecuten en todo el territorio nacional, en especial las capaces de degradar el ambiente en las áreas urbanas y marino-costeras; y otras competencias atribuidas por ley.

Por último, el artículo 52 establece que el Ministerio de Planificación y Desarrollo deberá ejercer lo correspondiente a la planificación física y espacial en escala nacional; la coordinación y compatibilización de los diversos programas sectoriales, estatales y municipales; la coordinación de las actividades de desarrollo regional. De los Ríos, Isabel (s/f).

## **LEY ORGÁNICA PARA LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO.**

La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, publicada en la Gaceta Oficial N° 3.238 extraordinaria de fecha 11 de agosto de 1983, tiene como objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de desarrollo económico y social a largo plazo de la Nación. Esta Ley se mantiene vigente hasta el año 2005 cuando se publica en Gaceta Oficial nacional una segunda Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio (LOGOT), derogando la anterior.

La primera Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, según BPMA&W (1998) su objetivo principal es establecer las normas que regirán el

proceso de división territorial, tomando en consideración la estrategia, económica y social, de desarrollo de la Nación a largo plazo. En ella se define la actividad de ordenación territorial, como la regulación y promoción de establecimientos humanos, las actividades económicas y sociales de las personas, así como también el desarrollo espacial, con el fin de obtener un nivel de vida armonioso de la población, optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente, como un desarrollo integral.

Esta Ley establece para los entes públicos solicitantes un régimen de aprobaciones y para los particulares un régimen de autorizaciones en caso de realizarse actividades que impliquen ocupación del territorio.

Bajo esta Ley se rigen algunas de las áreas que se encuentran catalogadas como régimen de administración especial, así como también las zonas reservadas para la construcción de presas y embalses; los hábitat acuáticos especiales para explotación o uso intensivo controlado; las áreas terrestres y marinas con alto potencial energético y minero; las zonas de aprovechamiento agrícola; las planicies inundables; las áreas rurales de desarrollo integrado; las áreas de protección y recuperación ambiental; los sitios de patrimonio histórico cultural o arqueológico; las reservas nacionales hidráulicas; las áreas de protección de obras públicas y las áreas boscosas bajo protección.

Para el Escritorio Jurídico BPMA&W su punto principal radica en:

*“Antes de que cualquier actividad pueda comenzar, se requiere tener la permisología necesaria de los entes encargados; la ley contiene una lista de las actividades que requieren autorizaciones de uso de las tierras; y planes de ordenación del territorio son un requisito constante a nivel nacional, estatal, local y en áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE)”. (BPMA&W, 1998)<sup>420</sup>*

---

<sup>420</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

Por el incumplimiento a los planes de ordenación del territorio, además de multas hasta por medio millón de bolívares, la ley prevé la inhabilitación hasta por un período de dos (2) años para obtener las autorizaciones previstas en esta Ley; el comiso de los instrumentos y maquinarias con los que se cometió la infracción; demolición a costa del sancionado, de las obras y construcciones realizadas; efectiva reparación del daño causado. De los Ríos, Isabel (s/f).

La nueva Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio (LOPGOT) publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, No 38279 de fecha 2 de septiembre de 2005, se nos presenta como un esfuerzo por integrar el contenido de dos leyes anteriores, como son la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio de 1983 y la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística de 1987. E igualmente, se intenta reunir en ella los conceptos de planificación y gestión en torno al proceso de ordenación del territorio.

En la revista Construcción la Arq. Dali Rojas en sus comentarios sobre esta nueva ley, manifiesta que dicha Ley Orgánica establece la ordenación del territorio como respuesta a una visión geopolítica de la estructura territorial y de los espacios geográficos, conforme a un modelo y a una estrategia de desarrollo.

*“...El Estado venezolano define este desarrollo como sustentable, endógeno, participativo y soberano, expresando en cinco equilibrios: social, económico, territorial, político e internacional. Igualmente plantea de manera expresa la nueva estructura territorial como uno de los objetivos estratégicos y una manera diferente de distribuir espacialmente el poder político, económico, social y militar, es decir, la nueva geopolítica nacional...”. (Rojas, s/f)<sup>421</sup>*

Esta nueva Ley establece en el artículo 22, la Planificación del ambiente como un proceso que tiene por finalidad conciliar el desarrollo económico y

---

<sup>421</sup> Rojas, D. (s/f). *Comentarios. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio*. Recuperado el 9 de Mayo de 2010, de Revista Construcción N° 388. [Revista en Línea].: [http://www.cvc.com.ve/portal/docs\\_revistas/388/construccion\\_46.pdf](http://www.cvc.com.ve/portal/docs_revistas/388/construccion_46.pdf)

social con la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable; y en el artículo 23 fija los lineamientos por los cuales debe regirse:

1. La conservación de los ecosistemas y el uso sustentable de éstos asegurando su permanencia.

2. La investigación como base fundamental del proceso de planificación, orientada a determinar el conocimiento de las potencialidades y las limitaciones de los recursos naturales, así como el desarrollo, transferencia y adecuación de tecnologías compatibles con desarrollo sustentable.

La armonización de los aspectos económicos, socioculturales y ambientales, con base en las restricciones y potencialidades del área.

En esta Ley se establece las disposiciones que regirán el manejo, la conservación de los ecosistemas y sus funciones, los recursos naturales y de la diversidad biológica, en el artículo 45, lo plantea con el fin de garantizar su permanencia y los beneficios sociales que se derivan de ellos como elementos indispensables para la vida y su contribución para el desarrollo sustentable.

Para ello y a fin de aprovechar los recursos naturales y la diversidad biológica en las diferentes cuencas hidrográficas, ecosistemas, áreas naturales protegidas, áreas privadas para la conservación y demás áreas especiales, en el artículo 49, plantea la formulación y la implementación de los planes de manejo, siempre y cuando se garantice la sustentabilidad.

En los artículos 55 y 56 se plantea que la gestión integral del agua está orientada a asegurar su conservación, garantizando las condiciones de calidad, disponibilidad y cantidad en función de la sustentabilidad del ciclo hidrológico y de los elementos que intervienen en él, para ello se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos.

En cuanto a la conservación de la calidad del agua el artículo 57 indica 7 aspectos a considerar:

1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a que deba destinarse.

2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento.

3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento.

4. El tratamiento de las aguas.

5. La protección integral de las cuencas hidrográficas.

6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua.

7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.

En los artículos 61 y 62 indica la gestión integral del suelo y del subsuelo está orientada a asegurar su conservación para garantizar su capacidad y calidad y para que ello se cumpla debe realizarse atendiendo a los lineamientos siguientes:

1. *La clasificación de los suelos en función de sus capacidades agroecológicas.*

2. *El uso y aprovechamiento del suelo y del subsuelo debe realizarse en función a su vocación natural, la disponibilidad y acceso a las tecnologías ambientalmente seguras, a fin de evitar su degradación.*

3. *La adopción de medidas tendientes a evitar y corregir las acciones que generen erosión, salinización, desertificación o modificación de las características topográficas y otras formas de degradación del suelo y del paisaje.*

4. *La restauración y recuperación del suelo y del subsuelo que haya sido afectado Por la ejecución de actividades.*

En esta Ley en su artículo 80, se enuncian actividades que son capaces de degradar el ambiente:

1. *Las que directa o indirectamente contaminen o deterioren la atmósfera, agua, fondos marinos, suelo y subsuelo o incidan desfavorablemente sobre las comunidades biológicas, vegetales y animales.*
2. *Las que aceleren los procesos erosivos y/o incentiven la generación de movimientos morfodinámicos, tales como derrumbes, movimientos de tierra, cárcavas, entre otros.*
3. *Las que produzcan alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.*
4. *Las que generen sedimentación en los cursos y depósitos de agua.*
5. *Las que alteren las dinámicas físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua.*
6. *Las que afecten los equilibrios de las humedades.*
7. *Las vinculadas con la generación, almacenamiento, transpone, disposición temporal o final, tratamiento, importación y exportación de sustancias, materiales y desechos peligrosos, radiactivos y sólidos.*
8. *Las relacionadas con la introducción y utilización de productos o sustancias no biodegradables.*

A los fines de conservar el ambiente en los artículos 102 y 103 de esta Ley señala, el Estado establecerá los incentivos económicos y fiscales que se otorgarán a las personas naturales y jurídicas que efectúen inversiones para conservar el ambiente en los términos establecidos en la presente Ley, en las leyes que la desarrollen y en las normas técnicas ambientales, a fin de garantizar el desarrollo sustentable. Estos incentivos económicos y fiscales estarán dirigidos a:

1. *Estimular aquellas actividades que utilicen tecnologías limpias o mecanismos técnicos que generen valores menores que los parámetros permisibles, modifiquen beneficiosamente o anulen el efecto de contaminantes al ambiente.*

2. *Promover el empleo de nuevas tecnologías limpias, sistemas de gestión ambiental y prácticas conservacionistas.*
3. *Fomentar el aprovechamiento integral de los recursos naturales.*
4. *Establecer programas y proyectos de reforestación y aforestación*<sup>422</sup>.

### **LEY ORGÁNICA DE LOS ESPACIOS ACUÁTICOS E INSULARES.**

La Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares publicada en la Gaceta Oficial N° 37.596, de fecha 20 de diciembre de 2002, tiene por objeto regular el ejercicio de la soberanía, jurisdicción y control sobre los espacios acuáticos e insulares de la República Bolivariana de Venezuela, conforme al Derecho Interno e Internacional.

En el artículo 4 de esta Ley se refiere a las políticas acuáticas...

*“...las políticas acuáticas consisten en la definición de las potencialidades acuáticas del país y el diseño de las estrategias de desarrollo sustentable de la Nación, con el fin de alcanzar los objetivos acuáticos del Estado, mediante la utilización de recursos políticos, humanos y tecnológicos, entre otros”.* (Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares., 2002)<sup>423</sup>

El Estado debe preservar el mejor uso de los espacios acuáticos e insulares, a fin de garantizar un desarrollo sustentable de acuerdo a sus potencialidades y a las estrategias institucionales, económicas y sociales del país. En el artículo 5 señala que estas políticas y las referentes a los espacios insulares, están dirigidas a garantizar, entre otros aspectos:

- A. El doblamiento armónico del territorio insular, costas marítimas, ejes fluviales y espacios lacustres.

<sup>422</sup> Siembra de árboles en tierras que nunca antes (hasta donde se sabe) tuvieron bosques, por ejemplo, en las sabanas, praderas y llanos naturales. Mata, A. Quevedo, F. 2005. Aunque en el diccionario de ecología de Fausto Sarmiento lo define como el proceso de tala indiscriminada de los árboles de bosques nativos para limpiar el terreno sin fines comerciales de explotación forestal.

<sup>423</sup> Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares. (2002). *Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares*. Recuperado el 12 de Abril de 2010, de <http://www.mipunto.com/venezuelavirtual/leyesdevenezuela/leyesorganicas/LEYORGANICADELSESPACIOSACUATI COSEINSULARES.pdf>

- B. El desarrollo, regulación, promoción y control de las actividades económicas, en los espacios acuáticos e insulares.
- C. La preservación de las fuentes de agua dulce.
- D. La preservación del medio acuático contra los riesgos y daños de la contaminación.
- E. La protección, conservación y uso sustentable de los cuerpos de agua.

En el artículo 9 de esta Ley Orgánica señala que el Estado asegurará la Ordenación y la explotación sustentable de los recursos hídricos y de la biodiversidad asociada de sus espacios acuáticos e insulares.

### **LEY FORESTAL DE SUELOS Y DE AGUAS.**

Ley Forestal de Suelos y de Aguas, publicada en la Gaceta Oficial N° 1.004 extraordinaria de fecha 26-01-66. Tiene por objeto la conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales que en ella se determinan y los productos que de ellos se derivan. Igual como la Ley Orgánica del Ambiente, declara de utilidad pública la protección de las cuencas hidrográficas, las corrientes y las caídas de agua, los parques nacionales, los monumentos naturales, las zonas protectoras, las reservas de regiones vírgenes y las reservas forestales. Igualmente establece una serie de controles de la explotación y utilización de los recursos naturales renovables a través del otorgamiento de permisos, concesiones y contratos y de sanciones en caso de incumplimiento de sus disposiciones.

*“...Si bien se refiere también a los suelos y a las aguas, está fundamentalmente dirigida a la protección forestal y abunda en lo referente a los parques nacionales, zonas protectoras, cuencas hidrográficas, reservas forestales, aprovechamiento forestal e incendios de vegetación. Es igualmente importante en lo que concierne a usos y actividades a realizarse en parques nacionales, reservas forestales, zonas*

*protectoras, monumentos naturales, figuras presentes en el sector...". (De Los Ríos I. , 2005)<sup>424</sup>.*

Esta Ley a los fines de conservar los bosques, suelos y aguas, en su Artículo 17 declara zonas protectoras y dimensiona su radio de acción en proyección horizontal, como por ejemplo:

1. *Toda zona en contorno de un manantial o del nacimiento de cualquier corriente de agua y dentro de un radio de 200 metros en proyección horizontal.*

2. *Una zona mínima de 300 metros de ancho, a ambos lados y paralelamente a las filas de las montañas y a los bordes inclinados de las mesetas.*

3. *Zona mínima de 60 metros de ancho a ambas márgenes de los ríos navegables y una de 25 para los cursos no navegables permanentes o intermitentes.*

4. *Zonas en contorno a lagos y lagunas naturales dentro de los límites que indique el reglamento de esta Ley.*

Las multas son sumamente bajas, hoy en día lo equivalente a 40 dólares estadounidenses, pero contiene sanciones reales, dirigidas al objeto que sufrió el daño o que lo causa, como restauraciones y decomisos, y subsisten algunas sanciones privativas de libertad para algunos delitos que no fueron derogados por la Ley Penal del Ambiente. De los Ríos, Isabel (s/f).

### **LEY PENAL DEL AMBIENTE.**

La Ley Penal del Ambiente publicada en la Gaceta Oficial N° 4.358 extraordinaria de fecha 3 de enero de 1992, garantiza y asegura las normas de protección al ambiente que se encuentran contenidas en otras leyes, reglamentos y resoluciones, en ella se prevé las sanciones por el incumplimiento a las otras normas y por las conductas allí consagradas como delitos ambientales.

---

<sup>424</sup> De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

Según el Escritorio Jurídico BPMA&W<sup>425</sup>, el objetivo principal de esta ley es determinar que se debe considerar como delitos ambientales; generalmente definidos como acciones que violan las reglas establecidas para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece penalidades criminales para esos delitos.

*“...La mayoría de las sanciones allí previstas son para las infracciones de normas que se encuentran fuera de esa ley, pero aunque pocas, la Ley también contiene sanciones para conductas que no violan otras leyes o decretos, sino delitos contemplados allí solamente, como los delitos de incendio. Es decir, lo que se debe tener en cuenta no es la Ley Penal del Ambiente sino las normas técnicas al respecto. Por supuesto, la Ley Penal del Ambiente tiene importancia indirectamente, porque ella viene a garantizar el cumplimiento de aquellas otras normas, que de lo contrario carecerían de la norma penal correlativa para el caso de su incumplimiento, esto es, cuando falla la prevención...”.* (De Los Ríos I. , 2005)<sup>426</sup>.

Según el Escritorio Jurídico BPMA&W (1998)<sup>427</sup>, esta Ley también crea un sistema de medidas precautelativas para la restitución y reparación, con la finalidad de minimizar el daño ambiental. Los principales delitos que enuncia esta Ley son resumidos por este bufete de abogados de la siguiente manera:

1. Daño al suelo, vegetación y topografía del paisaje;
2. Descarga ilegal de aguas contaminadas;
3. Descargas de hidrocarburos en ambientes acuáticos;
4. Práctica de actividades prohibidas en áreas protegidas;
5. Disposición o abandono de desechos violando estándares;

<sup>425</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

<sup>426</sup> De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

<sup>427</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

6. Extracción ilegal de minerales no-metálicos;
7. Deforestación de cuencas hidrográficas utilizadas para suplir aguas.

### **LEY DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA.**

La Ley de Diversidad Biológica publicada en Gaceta Oficial N° 5.468 Extraordinaria de fecha 24 de mayo de 2000, tiene por objeto establecer los principios rectores para la conservación de la Diversidad Biológica, la cual es definida en esta misma Ley como bienes jurídicos ambientales protegidos, fundamentales para la vida y es declarada de utilidad pública su conservación y su uso de manera sustentable, su restauración, el mantenimiento de los procesos esenciales y de los servicios ambientales que estos prestan y se señala a los ecosistemas como uno de los componentes del patrimonio ambiental de la Nación.

En el artículo 4 de esta Ley indica que la conservación de la Diversidad Biológica comprenderá fundamentalmente los siguientes aspectos:

1. *La conservación y la regulación del manejo, in situ y ex situ, de la diversidad biológica.*
2. *La regulación del acceso y la utilización de los recursos biológicos y genéticos para el manejo sustentable.*
3. *La compatibilización entre las actividades económicas y el ambiente.*
4. *La investigación sobre la valoración económica de la diversidad biológica.*
5. *Regulación de la transferencia y aplicación de la biotecnología que tengan un impacto sobre el manejo y uso sustentable de la Diversidad Biológica.*
6. *El establecimiento de medidas de bioseguridad para proteger la Diversidad Biológica, en especial lo relativo a las especies transgénicas.*
7. *El establecimiento de lineamientos éticos en la utilización de la Diversidad Biológica.*

8. *La promoción de la investigación y la capacitación de los recursos humanos, para un adecuado conocimiento de la Diversidad Biológica.*

9. *La promoción de educación ambiental y la divulgación para incentivar la participación ciudadana con relación a la conservación y uso sustentable de la Diversidad Biológica.*

10. *El reconocimiento y la preservación del conocimiento que sobre la Diversidad Biológica y sus usos tienen las comunidades locales.*

11. *La participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven del aprovechamiento de la Diversidad Biológica.*

En el artículo 22 se contempla la conservación de la Diversidad Biológica *in situ* y como objetivos prioritarios tenemos entre otros a:

1. Los ecosistemas frágiles, de alta diversidad genética y ecológica, los que constituyan centros de endemismo y las contentivas de paisajes naturales de singular belleza.

2. Los ecosistemas que prestan servicios ambientales esenciales, susceptibles de ser degradados o destruidos por las intervenciones humanas.

### **LEY DE AGUAS.**

La Ley de Aguas publicada en Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007, tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y en su artículo 3 plantea:

*“...la gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes*

*niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país*". (Ley de Aguas, 2007)<sup>428</sup>.

Entre los principios que rigen la gestión integral de las aguas se encuentran, entre otros:

1) El agua es insustituible para la vida, el bienestar humano, el desarrollo social y económico, constituyendo un recurso fundamental para la erradicación de la pobreza y debe ser manejada respetando la unidad del ciclo hidrológico.

2) La gestión integral del agua tiene como unidad territorial básica la cuenca hidrográfica.

3) Las aguas por ser bienes del dominio público no podrán formar parte del dominio privado de ninguna persona natural o jurídica.

En el artículo 6 indica que todas las aguas del territorio nacional son bienes del dominio público en todas las áreas comprendidas dentro de una franja de ochenta metros (80 mts.) a ambas márgenes de los ríos no navegables o intermitentes y cien metros (100 mts.) a ambas márgenes de los ríos navegables, medidos a partir del borde del área ocupada por las crecidas, correspondientes a un período de retorno de dos coma treinta y tres (2,33) años.

Sobre el control y manejo de los cuerpos de agua, el artículo 12 indica cómo debe realizarse, entre otros:

1) *La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de éstos, atendiendo a su calidad y usos actuales y potenciales.*

2) *La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causa-efecto entre fuentes contaminantes y problemas de calidad de aguas, las alternativas para el control de los efluentes existentes y futuros, y las condiciones en que se permitirán sus vertidos, incluyendo los límites de*

---

<sup>428</sup> Ley de Aguas. (2007). *Ley de Aguas. Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007*. Recuperado el 18 de Abril de 2010, de [http://www.paramo.org/files/recursos/Ley\\_Aguas\\_2007.pdf](http://www.paramo.org/files/recursos/Ley_Aguas_2007.pdf)

*descargas máxicas para cada fuente contaminante y las normas técnicas complementarias que se estimen necesarias para el control y manejo de los cuerpos de aguas.*

*La clasificación de los cuerpos de agua y la aprobación de los programas maestros de control y manejo de los mismos, las cuales se podrán realizar conjunta o separadamente con los planes de gestión integral de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas.*

Sobre el análisis de riesgo, el artículo 15 señala que debe estar orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales, sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas. Asimismo, el análisis de riesgos considerará la prevención y control de las enfermedades producidas por contacto con el agua y las transmitidas por vectores de hábitat acuático.

Sobre el Manejo de aguas y conservación de cuencas, esta Ley lo trata en el artículo 18 de la siguiente manera:

*“...El manejo de las aguas comprenderá la conservación de las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de programas, proyectos y acciones dirigidos al aprovechamiento armónico y sustentable de los recursos naturales...”. (Ley de Aguas, 2007)<sup>429</sup>.  
“...La conservación de las cuencas hidrográficas considerará las interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales que en las mismas se desarrollan...”. (Ley de Aguas, 2007)<sup>430</sup>.*

Esta Ley en su artículo 54 crea las zonas protectoras de cuerpos de agua y señala como su objetivo fundamental proteger áreas sensibles de las cuales depende la permanencia y calidad del recurso y la flora y fauna silvestre asociada.

---

<sup>429</sup> Ley de Aguas. (2007). *Ley de Aguas. Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007*. Recuperado el 18 de Abril de 2010, de [http://www.paramo.org/files/recursos/Ley\\_Aguas\\_2007.pdf](http://www.paramo.org/files/recursos/Ley_Aguas_2007.pdf)

<sup>430</sup> Ley de Aguas. (2007). *Ley de Aguas. Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007*. Recuperado el 18 de Abril de 2010, de [http://www.paramo.org/files/recursos/Ley\\_Aguas\\_2007.pdf](http://www.paramo.org/files/recursos/Ley_Aguas_2007.pdf)

A su vez, declara como zonas protectoras de cuerpos de agua, con arreglo a esta Ley:

*1. La superficie definida por la circunferencia de trescientos metros de radio en proyección horizontal con centro en la naciente de cualquier cuerpo de agua.*

*2. La superficie definida por una franja de trescientos metros a ambas márgenes de los ríos, medida a partir del borde del área ocupada por las crecidas correspondientes a un período de retorno de dos coma treinta y tres (2,33) años.*

*3. La zona en contorno a lagos y lagunas naturales, y a embalses contruidos por el Estado, dentro de los límites que indique la reglamentación de esta Ley.*

Con esta Ley se derogan los artículos 17, 22, 23, 24, 25, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95 y 122 de la Ley Forestal de Suelos y de Aguas, publicada en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 1.004, Extraordinario, del 26 de enero de 1966.

Igualmente los artículos 650, 651, 652, 653 y 656 del Código Civil, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 2.990, Extraordinario, del 26 de julio de 1982.

Así mismo se derogan los artículos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27 y 28, el numeral 6 del artículo 29, párrafo único del artículo 35, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56, 58, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71 y 72 del Decreto N° 1.400 de fecha 10 de julio de 1996 contentivo de las Normas Sobre la Regulación y el Control del Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y de las Cuencas Hidrográficas, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.013 del 02 de agosto de 1996.

### **CÓDIGO CIVIL**

En el Código Civil publicado en la Gaceta Oficial N° 2.990 extraordinario, de fecha 26 de julio de 1982, se encuentra lo relativo a los bienes y a su

propiedad. Así podemos observar en el artículo 525 que: «Las cosas que pueden ser objeto de propiedad pública o privada son bienes muebles o inmuebles.» En virtud de lo señalado en el artículo 527, son bienes inmuebles por su naturaleza, entre otros, las lagunas, estanques, manantiales, aljibes y toda agua corriente. De los Ríos, Isabel (s/f).

*“...Los bienes también se clasifican según las personas a que pertenecen. Así, pueden pertenecer «a la Nación, a los estados, a las municipalidades, a los establecimientos públicos y demás personas jurídicas y a los particulares» (artículo 538). Vale decir, los bienes pueden ser públicos o privados. Pero los bienes públicos a su vez, también se clasifican en bienes del dominio público o del dominio privado: El artículo 539 dispone: «Los bienes de la Nación, de los estados y de las municipalidades son del dominio público o del dominio privado. Son bienes del dominio público: los caminos, los lagos, los ríos, las murallas, fosos, puentes de las plazas de guerras y demás bienes semejantes. No obstante lo establecido en este artículo, las aguas de los ríos pueden apropiarse de la manera establecida en el Capítulo II, Título III de este Libro. El lecho de los ríos no navegables pertenece a los ribereños según una línea que se supone trazada por el medio del curso del agua.» Eso es lo establecido en el Código Civil, pero ahora y por disposición de la Constitución Bolivariana, todas las aguas son públicas, lo cual ya vimos supra...”. (De Los Ríos I. , 2005)<sup>431</sup>.*

En el artículo 540 se señala que “Los bienes del dominio público son de uso público o de uso privado de la Nación, de los estados y de las municipalidades”.

Según el artículo 542, *“los bienes del dominio público son inalienables; los del dominio privado pueden enajenarse de conformidad con las leyes que les conciernen”*, es decir, los bienes del dominio público se encuentran fuera del comercio, al contrario de los bienes del dominio privado. Por supuesto, todo

---

<sup>431</sup> De Los Ríos. De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

lo relativo a la responsabilidad civil está regulado por esta norma, lo cual fue tratado supra, comenta la Dra. De los Ríos, Isabel (s/f)<sup>432</sup>.

### **DECRETOS Y REGLAS TÉCNICAS.**

Según el Escritorio Jurídico BPMA&W (1998) el objetivo de cualquier decreto relacionado con el medio ambiente es de controlar las actividades que afecten los recursos naturales renovables y de proveer lineamientos para definir los límites de contaminación aceptable. Este escritorio jurídico enumera algunos de los Decretos principales:

**A. DECRETO 883: NORMAS PARA LA CLASIFICACION Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LIQUIDOS.**

*Este Decreto de fecha 11 de octubre de 1995, su objetivo principal es controlar la calidad de los cuerpos de agua, tomando en consideración sus usos actuales y potenciales. Para lograr este objetivo, el Decreto establece límites de efluentes y obliga a la creación de planes de calidad para cada uno de los cuerpos de agua, estableciendo prioridades dependiendo de los problemas de cada uno.*

**B. DECRETO 638: NORMAS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.**

*Estas reglas de fecha 26 de abril de 1995, establecen como su principal objetivo el control de la calidad del aire; para lograrlo establece estándares de calidad de aire, límites de emisiones y clasifica el aire por zonas.*

**C. DECRETO 1257: NORMAS SOBRE EVALUACION AMBIENTAL DE ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES DE DEGRADAR EL AMBIENTE.**

**D.**

*Este Decreto de fecha 13 de marzo de 1996, establece los*

---

<sup>432</sup> De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

*procedimientos para los casos cuando una evaluación ambiental previa es necesaria, de las actividades industriales o comerciales susceptibles de degradar el ambiente. En el se determina los métodos técnicos de evaluación, para verificar el daño ambiental permisible de los programas y proyectos de desarrollo. Igualmente señala que el cumplimiento de estos procedimientos y métodos le dan al inversionista una mayor seguridad legal, cuando las autorizaciones para las actividades propuestas están sometidas a un criterio técnico estricto, determinado por la aplicación de tecnologías transferidas, estudios de impactos ambientales y estudios ambientales específicos, empleados en procedimientos racionales y expeditos. (BPMA&W, 1998)<sup>433</sup>.*

Todas las partes interesadas en llevar a cabo programas o proyectos que requieran ocupación de tierras, es decir, las personas naturales o las entidades jurídicas públicas o privadas, deben otorgar previa notificación al Ministerio del Poder Popular del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.P.P.A.R.N.R.), presentando un Documento de Intención, donde se especifiquen las acciones susceptibles de producir un impacto ambiental.

Las compañías deben obtener aprobación para la ocupación de las tierras por parte del M.P.P.A.R.N.R. antes de entrar en cualquier concesión o acuerdo y deben completar un cuestionario ambiental, el cual dará las bases para determinar las medidas necesarias para reducir el impacto ambiental.

### **NORMAS SOBRE LA REGULACIÓN Y EL CONTROL DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.**

Las normas sobre la regulación y el control del aprovechamiento de los recursos hídricos y de las cuencas hidrográficas, publicadas en la Gaceta Oficial N° 36.013 de fecha 10 de julio de 1997, tienen por objeto desarrollar las

---

<sup>433</sup> BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

disposiciones sobre recursos hídricos y cuencas hidrográficas contenidas en la Ley Orgánica del Ambiente, Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio y Ley Forestal de Suelos y de Aguas, mediante el establecimiento de regulaciones relativas a su conservación y racional aprovechamiento.

Según el Artículo 55 de estas normas, en las áreas urbanas, las zonas protectoras de cuerpos de agua deberán destinarse al uso recreacional mediante su acondicionamiento y equipamiento, esta medida es con el fin de evitar su ocupación por actividades no controladas. Otros usos podrán permitirse cuando se justifiquen por razones de interés social, fijándose los usos y actividades permitidos, restringidos y prohibidos, en los respectivos planes urbanísticos.

En el Artículo 61 indica que el régimen de usos y actividades se establecerá en los correspondientes planes de ordenamiento y reglamentos de uso, en base a los siguientes criterios:

*1) La delimitación de las áreas responderá al nivel de riesgo asociado a cada una de ellas, en función de los períodos de retorno de las crecidas.*

*3) En áreas urbanas, la localización de instalaciones de primera importancia para el funcionamiento de la ciudad deberá orientarse a aquellas áreas donde el período de retorno de ocurrencia de inundaciones sea superior a 100 años.*

#### **NORMAS PARA REGULAR LAS ACTIVIDADES CAPACES DE PROVOCAR CAMBIOS DE FLUJO, DISTRIBUCIÓN DE CAUCES Y PROBLEMAS DE SEDIMENTACIÓN.**

Las Normas para regular las actividades capaces de provocar cambios de flujo, distribución de cauces y problemas de sedimentación, fueron implantadas como Decreto bajo el N° 2220 el 23 de abril de 1992 y publicada en la Gaceta Oficial 4.418 extraordinario de fecha 27 de abril de 1992.

*“...Tienen por objeto controlar el desarrollo de actividades que por generar cambios en los sistemas de control de obras hidráulicas, obstrucción de cauces y escorrentías y producción artificial de sedimentos, son susceptibles de ocasionar daños tales como*

*inundaciones, déficit en la distribución de aguas, inestabilidad de cauces y alteración de la calidad de las aguas...". (De Los Ríos I. , Gestión Ambiental Responsable, 2005).*

Estas Normas consideran las siguientes actividades como capaces de provocar cambios de flujo, distribución de cauces y problemas de sedimentación: la construcción de obras de infraestructura ejecutadas en el área de influencia de los cuerpos de agua; los movimientos de tierra y cambios de la topografía; las obras que tengan por objeto la canalización, derivación, diques o tomas de los cuerpos de agua; y todas aquellas que tiendan a modificar el régimen hidrológico o el balance de erosión, transporte o acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua.

#### **NORMAS SOBRE MOVIMIENTOS DE TIERRA Y CONSERVACIÓN AMBIENTAL.**

Las Normas sobre movimientos de tierra y conservación ambiental, fueron implantadas como Decreto bajo el N° 2.212 del 23 de marzo de 1993 y publicado en la Gaceta Oficial N° 35.206 de fecha 7 de mayo de 1993.

Estas Normas tienen por objeto establecer las condiciones bajo las cuales se realizarán las actividades de, deforestación, movimiento de tierra, estabilización de taludes, arborización de áreas verdes y todo lo relacionado con la protección de los suelos.

En ella contienen las indicaciones sobre los valores, límites y sus criterios de aplicación en los aprovechamientos de terrenos que requieran alteración de de la topografía a través de movimientos de tierra, mediante la deforestación, remoción de la capa vegetal, excavación, nivelación y relleno.

#### **NORMAS SOBRE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES DE DEGRADAR EL AMBIENTE.**

Las Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente, fueron implantadas como Decreto con el número 1.257 el día 13 de marzo de 1996 y publicado en la Gaceta Oficial N° 35.946, del 25 de abril de 1996.

Estas Normas tienen por objeto establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de las actividades que sean capaces de degradar el ambiente, como parte del proceso de toma de decisiones en la formulación de políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo, a los fines de la incorporación de la variable ambiental en todas sus etapas.. En ellas se contempla el estudio de impacto ambiental, para predecir los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente natural y social y proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas; así mismo la evaluación ambiental específica, a fin de evaluar la incorporación de la variable ambiental en el desarrollo de los programas y proyectos que generen efectos puntuales, localizados o específicos, los que se localicen en áreas ya intervenidas y los que hayan generado efectos en etapas previas de ejecución que ameriten ser evaluados, así como también los que no ameriten estudio de impacto.

Como conclusión podemos señalar que la legislación ambiental en Venezuela está fundamentada en un conjunto de leyes orgánicas, leyes ordinarias, decretos y resoluciones que orienten a los ciudadanos y a los funcionarios en las pautas y procedimientos a seguir en la materia ambiental. Inclusive en la nueva Constitución del año 1999 se incluyeron considerables modificaciones en la materia, como plantea Isabel de los Ríos (2005), "...el ambiente aparece como eje transversal a lo largo de todo el texto..." (De Los Ríos I. , Gestión Ambiental Responsable, 2005).

Sin embargo es necesario que el Gobierno nacional haga cumplir las leyes inherentes al ambiente, en todas sus instancias; porque de nada sirve tener una gran cantidad de excelentes leyes ambientales y no se sancionan los delitos que comete el propio sector público y el sector privado en el desarrollo de sus actividades.

Para una gestión ambiental efectiva, la conservación de los recursos naturales es de vital importancia, sin embargo, la falta de políticas de conservación y de un uso eficiente de dichos recursos, son tan culpables de la escasez de algunos de ellos como el agua, al igual como la alta concentración

poblacional, por ello el gobierno nacional debería aglutinar esfuerzos buscando soluciones a este problema para controlar y evitar su agotamiento.

La contaminación de los cuerpos de agua es un problema recurrente por la descarga excesiva de elementos contaminantes, el gobierno debería implantar algunos incentivos económicos y fiscales a fin de que estimule a bajar esta contaminación a niveles aceptables y a la utilización de técnicas más ecológicas. La creación de estos incentivos serviría para la incorporación del sector privado y del ciudadano común en las tareas ambientales.

Parte de las políticas ambientales deberían enfocarse en estimular el cuidado del ambiente, involucrando a las Organizaciones no Gubernamentales dedicadas al tema ambiental y a ese gran capital humano preparado para las tareas ambientales del cual dispone el país.

## Bibliografía Referida de Apéndice 2.

BPMA&W. (1998). *Aspectos Ambientales Legales y Regulatorios en Venezuela*. Recuperado el 10 de ASbril de 2010, de Ponencia presentada en el seminario sobre "Desarrollo Armónico Ambiental y Oportunidades de Infraestructura en el Este de Venezuela", organizado por la VENEZUELAN AMERICAN PARTNERSHIP. : <http://www.bpmaw.com/regulacionambiental.asp>.

Constitución de la República de Venezuela. (1999). 662. *Extraordinario*. Caracas: Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Imprenta Nacional.

De Los Ríos, I. (2005). *Gestión Ambiental Responsable*. Recuperado el 15 de Mayo de 2010, de [Documento en Línea]. Conferencia presentada en el X Congreso Venezolano de Derecho Ambiental, presentado por el Colegio de Abogados del Estado Carabobo.: <http://www.vitalis.net/DiplomadoLecturasAvancesdesdeRi>

De Los Ríos, I. (2005). *La responsabilidad ambiental en la legislación ambiental venezolana*. Recuperado el 16 de Abril de 2010, de Instituto Nacional de Ecología. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.: [www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/.../delosrios.html).

De Los Ríos, I. (2005). *Principios de derecho ambiental*. Caracas: Isabel De Los Ríos.

Gómez, F. (s/f). *Regulación Internacional de los Humedales. Especial referencia a la Laguna de Unare, Anzoátegui, Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de [www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc](http://www.ugma.edu.ve/.../Publicaciones/.../RUJ4/REGULACION.doc)

Hoet, Pelaez, & Duque, C. &. (2007). *Entro en vigencia reforma a la Ley Orgánica del Ambiente*. Recuperado el 15 de Abril de 2010, de Revista Reporte Legal. [Revista en Línea]. N° Febrero 2007.: [www.ciemi.org.ve/legal/LeyOrganicaAmbiente.pdf](http://www.ciemi.org.ve/legal/LeyOrganicaAmbiente.pdf).

Huber, R. (1997). *Política Ambiental en Venezuela*. Recuperado el 2 de Abril de 2010, de Revista Reporte Legal. [Revista en Línea]. N° Febrero 2007.: <http://www.analitica.com/archivo/vam1997.09/c&t04.htm>

León, J. d. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. Recuperado el 15 de abril de 2010, de Revista Derecho y Reforma Agraria. Ambiente y Sociedad. [Revista en Línea]. N° 33, 2007:73-85.: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/2491>

Ley de Aguas. (2007). *Ley de Aguas. Gaceta Oficial N° 38.595 de fecha 2 de enero de 2007*. Recuperado el 18 de Abril de 2010, de [http://www.paramo.org/files/recursos/Ley\\_Aguas\\_2007.pdf](http://www.paramo.org/files/recursos/Ley_Aguas_2007.pdf)

Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares. (2002). *Ley Orgánica de los espacios acuáticos e insulares*. Recuperado el 12 de Abril de 2010, de <http://www.mipunto.com/venezuelavirtual/leyesdevenezuela/leyesorganicas/LEYORGANICADELOSESPACIOSACUATICOSEINSULARES.pdf>

Rojas, D. (s/f). *Comentarios. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio*. Recuperado el 9 de Mayo de 2010, de Revista Construcción N° 388. [Revista en Línea].: [http://www.cvc.com.ve/portal/docs\\_revistas/388/construccion\\_46.pdf](http://www.cvc.com.ve/portal/docs_revistas/388/construccion_46.pdf)

## **Bibliografía consultada de Apéndice 2.**

Ley Aprobatoria de la Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América. (1941). [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/3072737/CONVENCION-PARA-LA-PROTECCION-DE-LA-FLORA> . [Consulta: 2010, Abril 11]

Ley Orgánica del Ambiente. (1976). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 1.004 (Extraordinario). [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Venezuela/LOAmb.pdf> . [Consulta: 2010, Abril 11]

Ley Orgánica del Ambiente. (2006). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833 (Extraordinario). [Documento en Línea]. Disponible en: [http://www.paramo.org/portal/files/recursos/Ley\\_Ambiente\\_2007.pdf](http://www.paramo.org/portal/files/recursos/Ley_Ambiente_2007.pdf) . [Consulta: 2010, Abril 15]

Ley Forestal de Suelos y de Aguas. (1966). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 20.643 [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LeyForestaldeSuelosydeAguas.pdf> . [Consulta: 2010, Abril 11]

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio. (1983). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 3.238 (Extraordinario). [Documento en Línea]. Disponible en: [http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LeyOrganicaPlanificacion\\_Gestion\\_Ordenacion.pdf](http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LeyOrganicaPlanificacion_Gestion_Ordenacion.pdf) . [Consulta: 2010, Abril 11]

Ley Penal del Ambiente. (1992). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 4.358. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LeyPenaldelAmbiente.pdf> . [Consulta: 2010, Abril 11]

Leyes de Indias- Wikipedia, la enciclopedia libre. [Transcripción en Línea]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Indias](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Indias).

Mata, Alfonso. Quevedo, Franklin. 2005. Diccionario Didáctico de Ecología. Ed. Universidad de Costa Rica. 2da. Ed. San José. [Libro en Línea]. Disponible en: [http://books.google.es/books?id=a2kW3pjzc-wC&printsec=frontcover&dq=diccionario+ecologia&source=bl&ots=YQGWff8eCK&sig=m95IGkHiFbOI1TPM4\\_hmmWrnl7I&hl=es&ei=xRHvS6bzFsOqIAeM4\\_20CA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ6AEwATgK#](http://books.google.es/books?id=a2kW3pjzc-wC&printsec=frontcover&dq=diccionario+ecologia&source=bl&ots=YQGWff8eCK&sig=m95IGkHiFbOI1TPM4_hmmWrnl7I&hl=es&ei=xRHvS6bzFsOqIAeM4_20CA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CBkQ6AEwATgK#) . [Consulta: 2010, Mayo 15].

Las normas sobre la regulación y el control del aprovechamiento de los recursos hídricos y de las cuencas hidrográficas. (1997). Gaceta Oficial N° 36.013. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.vitalis.net/Ley%20de%20Aguas.htm> [Consulta: 2010, Mayo 18]