



FACULTAD DE INGENIERÍA
COMISIÓN DE POSTGRADO
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
POSTGRADO



Autora: Prof. María Angélica Falcón de Ruíz
Tutora: Alba J. Castillo P.
Caracas, Noviembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A través de estos duros meses de esfuerzo y dedicación en la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, es justo y necesario para mi no olvidar la contribución de muchas personas, quienes con sus valiosos aportes, y sin ningún interés me acompañaron con el único fin de hacer que se cumpliera un sueño.

Lo pensé mucho, no pude poner a nadie de primero pues todos ustedes fueron principales autores en esta empresa. Pero disculpen que jerarquice, sé que estarán de acuerdo conmigo en cual será el orden en que vayan apareciendo.

En principio, Dios, que me dio motivación interna, paz en momentos de angustia y me acompañó en tiempos difíciles, cuando todo me parecía perdido.

Especial agradecimiento a mi HIJO Luis Gerardo, quien me acompañó con esta idea cuando apenas tenía 9 meses y entre juegos y fiebres superamos juntos los escasos momentos que no te dedique por estar en este empeño en demostrar lo que quería.

El otro tan igual efusivo agradecimiento es para mi HIJA Luisa Elena a quien también hice partícipe de este empeño que hoy culmino gracias a esos TE QUIERO MUCHO que siempre me repetías.

Al hombre que acompañó mi crecimiento en todos los sentidos, y que además se atrevió a darme el apoyo total e incondicional que sólo tu GERARDO eres capaz de dar, a través del amor verdadero y auténtico, a ti las gracias se me quedan cortas...AMOR.

A una mujer increíble que me tocó conocer, con la que trabajé y fue mi guía, mi amiga, mi consejera y de paso se hizo madre adoptiva de este esfuerzo que fue conjunto, ALBA como el amanecer, como el principio y el Sol, gracias amiga.

A mi familia que tuve de apoyo incondicional siempre, mi madre y hermanos y especialmente a mis hermanas Mercedes y Maritza, sobrinas como MELY por ser madres compañeras de mis hijos cuando yo no estaba.

Las gracias especiales a mi Papá que fue mi compañero de campo en la recolección de muestras, bajo el calor y sol inclemente de Caucagua...Así mismo a mi cuñado Rafa y mi sobrino Gus...

En el área técnica y profesional de esta área de investigación, me permito nombrar y agradecer, primeramente, al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), sede Miranda, en los Teques, a la persona de Sergio Zambrano, Ingeniero Forestal, de la oficina de Cuencas, quien vio nacer estas primeras ideas y ayudó en mucho a los posteriores contactos.

Así mismo, en la Oficina Auxiliar de Barlovento, sede Caucagua, en la persona de la Xhiomara Márquez Perito de la división, por su apoyo incondicional, y todos los que en esa oficina laboran, me dieron todo su apoyo y tiempo, a ellos también les dedico este trabajo. Especial agradecimiento al Sr. Vicente, quien me llevó por los accesos que tomé para llegar a los puntos de muestreo con su experiencia y conocimiento de la zona.

A las personas del pueblo de Caucagua, que me dieron sus propias evidencias y me hicieron partícipe de sus preocupaciones, y dieron sus aportes invalorable a través de las mesas de trabajo organizadas.

A las empresas extractivas, en las personas como Benito Rodríguez, Ramón García y Carlos García Pérez (hijo) y el Sr. Hipólito González, quienes apartaron tiempo para dar de manera desinteresada toda aquella información que pudo ser necesaria en este trabajo.

Al profesor Marcos Falcón Ascanio por sus sabios consejos y desinteresada ayuda, quien tuvo la gentileza de llevarme a Centeno Rodríguez y Asociados, para que culminara con éxito lo que hoy presento con orgullo.

A Centeno Rodríguez y Asociados, principalmente en la persona del Dr. Roberto Centeno, quien me adoptó y dio amplia ayuda, material y espiritual para que no menguara mi ilusión de culminar este trabajo, es Ud. Dr. Centeno un Ángel de la Guarda, Dios lo bendiga y le dé luz. En este mismo sentido, gracias a Valentina Martín Martín, mucho profesionalismo, mucho compañerismo y apoyo incondicional, gracias,

hada madrina. A mi primo Ramiro Meleán Falcón, que me entrenó, acompañó y vigiló para que los ensayos de laboratorio resultaran excelentes, gracias por tanto conocimiento impartido con la mayor sencillez, eres un MAESTRO. A todos los que allí estuvieron conmigo (Flor María, Thais, Eneida, Ada, María Lourdes), gracias por ser así de desprendidos y apoyarme en todo momento.

No puedo olvidar a Eyismar Hernández, quien jugó importante papel en la transcripción de los datos granulométricos y quien aportó su experiencia sin ningún recelo para mi crecimiento y mejoramiento profesional, fuiste toda una docente, sencilla, clara y didáctica.

Para la obtención de información pluviométrica se contó con la valiosa colaboración de la Oficina del MARN., específicamente en el Instituto Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica INAIHME, la cual fue básica para la interpretación de los caudales máximos, medios y mínimos de los principales cuerpos de agua de la cuenca. Es de hacer notar que dichas estaciones ya no tienen actividad.

En el análisis de sólidos suspendidos y disueltos, tuve el apoyo técnico y logístico del Sr. Alejandro y Profa. María Nahul, quienes permitieron realizar los ensayos correspondientes dentro de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de la UCV, PETA.

Una mención especial merece la Sra Aura Marina Martín, que con toda la dedicación posible revisó y dio recomendaciones precisas y convenientes para mejorar la redacción y presentación de este trabajo. A ella mil gracias.

A las autoridades del Ministerio para la educación popular y el deporte, por concederme la licencia para culminar este trabajo, correspondientes al Jefe de Zona, Jefa de Distrito Escolar N° 2 y el Director del Plantel donde laboro. Gracias por la confianza puesta en mí. Los logros serán esparcidos en las aulas de clases para el provecho multiplicado.

Dedicatoria:

Este trabajo en lo personal se lo dedico a mi pequeña gran familia, Luis, Luisa y a mi gran amor, Gerardo, por ser cómplices en este sueño. Todo el esfuerzo es para que veamos frutos juntos y así se los he prometido. Los quiero irremediablemente.

A la gente de Caucagua, quienes de manera seria y dedicada están en búsqueda de solucionar sus problemas trabajando en su comunidad, a través de mesas de trabajo, cooperativas y juntas comunales.

A la región Tuy-Barlovento representada por todos aquellos municipios involucrados en los efectos del comportamiento hidráulico del río Tuy y sus tributarios, para que consoliden una estructura de estudio de control y supervisión realmente efectiva y permanente, que puede ser apoyado por las mismas comunidades y el sector extractivo minero.

A mis profesores quienes me enseñaron lo importante de decir las cosas: claras y didácticas, para que el aporte llegue y no se quede congelado entre las tapas de un encuadernado ni en las rutas tecnológicas virtuales de un CD.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Decanato de Postgrado, por permitir apoyar y escuchar aportes como estos, exigiendo mejorar la calidad del investigador en el área de las Ciencias de la Tierra, y permitiendo el seguimiento y continuidad de evaluaciones como las que se plantean en este estudio.

A todos ustedes, los que me escuchan y los que no pueden hacerlo, a los que quieren hacerlo y no puedan estar, a todos, dedico mi esfuerzo.

...Porque existe una fuerza indomable, que resiste todo, que emerge siempre, que vence al fin todos los obstáculos: es la fuerza creadora que distingue a la condición humana. Es la fuerza del espíritu.

Federico Mayor Zaragoza

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I. INTRODUCTORIO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	5
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 ANTECEDENTES	7
1.4.1 Estudios Previos	7
1.4.2 Antecedentes históricos	9
1.4.3 Publicaciones inéditas	12
1.4.4 Levantamiento e interpretación con herramientas aerofotogramétricas	14

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1 FÍSICO-NATURAL.	17
2.1.1 Ubicación	17
2.1.2 Límites del área de estudio	17
2.1.3 Aspectos climatológicos	18
2.1.4 Aspectos Hidrológicos	18
2.1.5 Aspectos Hidráulicos	21
2.1.6 Aspectos Geológicos	25
2.1.7 Aspectos Biológicos	38
2.1.8 Aspectos socio-económicos	40
2.1.9 Marco legal para la explotación	44

CAPÍTULO III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 HERRAMIENTA EVALUATIVA: IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO	47
3.1.1 Ambiente	47
3.1.2 Principales problemas ambientales	49
3.1.3 Impacto ambiental	50
3.1.4 Estudio de Impacto Ambiental (EIA)	51
3.1.5. Estudio de Impacto Ambiental Acumulado (EIAA)	52
3.1.6. Metodología de ejecución al aplicar EIAA	55
3.2 ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DE UNA CUENCA	56

3.2.1 Elementos Morfométricos	57
3.2.2 Variables IDF. Relación entre Intensidad, Duración y Frecuencia de la lluvia.	59
3.3 ASPECTOS HIDROLÓGICOS	60
3.4 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	63
3.5 VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL MECANISMO HIDROLÓGICO	64
3.6 EVOLUCIÓN MORFOCLIMÁTICA Y SUS CONSECUENCIAS	74
3.7 ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DE LA CUENCA	76
3.7.1 Factores que modifican el caudal sólido de una corriente	76
3.8 APROVECHAMIENTO MINERAL	80
3.8.1 Prospección y Exploración	81
3.8.2 Explotación	83
3.8.3 Preparación	84
3.8.4 Productos de las operaciones de preparación	87
3.9 MODELO TEÓRICO MORFODINÁMICO DE FACTORES FPR	89
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO	96
4.1 EVALUACIÓN AMBIENTAL	96
4.1.1 Estudio de Impacto Ambiental	96
4.1.2. Metodologías de Evaluación Aplicadas	96
4.1.3. Geoindicadores Ambientales	97
4.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES HIDRÁULICAS	98
4.2.1 Cálculo del Área de influencia	98
4.2.2 Cálculo de la Pendiente	98
4.3 EVALUACIÓN SEDIMENTOLÓGICA	100
4.3.1 Ensayo y evaluación granulométrica de muestras de suelo	100
4.3.2 Procedimiento de análisis por sedimentación	102
4.3.3 Análisis de nocividad, Método del Azul de Metileno.	103
4.4 EVALUACIÓN FÍSICO-HIDRODINÁMICA	104
4.4.1 Toma de Muestras	104
4.4.2 Resguardo de Muestras	106
4.4.3 Ensayos aplicados	107
CAPÍTULO V. CACTERÍSTICAS DEL MODELO DINÁMICO	109
5.1 Modelo Dinámico FPR de una sección del río Caucagua	109
5.2 El proceso erosión-sedimentación como indicador de sustentabilidad	112
CAPÍTULO VI. RECOPIACIÓN Y APORTES DE HERRAMIENTAS DE INTERPRETACIÓN DE DATOS	115
6.1 Fotointerpretación de la subcuenca del río Caucagua	115

CAPÍTULO VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS	
7.1 FOTOINTERPRETACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAUCAGUA	118
7.1.1 Relación causa-efecto en matriz de evaluación sobre la salud ambiental	118
7.2 RESPUESTA DE FACTORES Y ACTORES EN LA SEDIMENTACIÓN DE UN RÍO SINUOSO	120
7.2.1 Factores y actores granulométricos	121
7.2.2 Factores y actores físico-hidrodinámicos	126
7.3 EL PROCESO EROSIÓN-SEDIMENTACIÓN COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD	129
7.4 VALORACIÓN Y SIGNIFICANCIA DE LA VARIABLES APLICADAS EN ESTE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO (EIAA).	130
7.5 ACCIONES CORRECTIVAS, MITIGANTES Y PREVENTIVAS	132
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
8.1 CONCLUSIONES	134
8.2.RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	142
ANEXOS 1: MAPA DE CUENCAS DEL ESTADO MIRANDA	145
ANEXOS 2: PLANO DE RED HIDROGRÁFICA DE LA SUBCUENCA CAUCAGUA	146
ANEXOS 3: MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y LLANURA DE BARLOVENTO	147
ANEXOS 4: TABLAS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE ENSAYOS REALIZADOS	148
ANEXOS 5: PLANILLAS DE ENSAYO AZUL DE METHYLENO	149
ANEXOS 6: MAPA GENERAL DE LA SUBCUENCA CAUCAGUA CON FOTOINTERPRETACIÓN Y VARIABLES SEDIMENTOLÓGICAS	150
ANEXOS 7: MATRÍZ DE EVALUACIÓN	151
ANEXOS 8: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN, ING. CAURA, S.A.	152

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS	Pág.
1. Recopilación de estudios previos	8
2. Sistema decimal de tributarios del Río Tuy	20
3. Estaciones Hidrométricas de la zona	21
4. Características Hidrológicas del río Tuy	24
5. Características Hidrológicas del río Cauçagua	24
6. Población y densidad poblacional	40
7. Proyección de la población del municipio Acevedo y por parroquias	40
8. Areneras que explotan en el río Cauçagua	41
9. Producción de minerales según tipo	81
10. Pendiente promedio del río Cauçagua	98
11. Cálculo comparativo de la sinuosidad del río Cauçagua entre 1970-1997	99
12. Localización de puntos de muestreo	100
13. Observación para recolección de aguas	106
14. Descripción de muestras mayores a 1 pulgada	123
15. Resultados de ensayos de azul de Metileno	124
16. Resultados de granulometrías por hidrómetro	124
17. Conductividad de las aguas	125
18. Sólidos totales (mg/L)	125
19. Sólidos suspendidos de muestras colectadas en la zona de estudio	126

FIGURAS

1. Comparación de la evolución del cauce del río Tuy entre 1938-1983	15
2. Mapa de localización del municipio Acevedo, parroquia Cauçagua	17
3. Plano de Red Hidrográfica de la subcuenca de Cauçagua	19
4. Mapa geológico de la cuenca del río Tuy	25
5. Sección de lutitas y areniscas de la Fm. Guatire y conglomerados del Mbro. Pichao	32
6. Sección de conglomerados basales de l a Fm. Guatire	33
7. Sección de areniscas de la Fm. Guatire	33
8. Areneras que explotan en el río Cauçagua	42
9. Tipos de Cuencas	56
10. Diagrama de Hjulstrom	68
11. Migración de un Meandro	72
12. Evolución de un Meandro	73
13. Variabilidad del caudal	78
14. Variabilidad del ancho del cauce	79
15. Acorazamiento del cauce	79
16. Equipos de extracción de minerales	84
17. Flujo de proceso de preparación en canteras	85
18. Diagrama de flujo de una Arenera	88

19. Secuencia de meandro/ afinamiento hacia el tope	90
20. Evolución de un Perfil de Equilibrio después de una variación de nivel de base	91
21. Roturas de Perfil de Equilibrio	93
22. Principales elementos morfométricos de un río con meandros	95
23. Pendiente Promedio del río Caucagua	99
24. Algunas secciones de muestreo	101
25. Grava y fragmentos gruesos	101
26. Ensayo por Hidrómetro	103
27. Ensayo de Azul de Metileno	104
28. Foto de recolección de aguas	105
29. Fotos de ensayo en sólidos totales	108
30. Modelo Dinámico FPR del río Caucagua	109
31. Fotos de Afloramientos de Puente Aragüita y bajo el puente del mismo nombre	110
32. Fotos de afloramientos de Puente Aragüita y bajo el puente del mismo nombre	111
33. Fotocomposición del distribuidor Aragüita	111
34. Fotointerpretación comparada del área de estudio 1970-1997	116
35. Columna N° 1. Puente a Aragüita	121
36. Columna N° 2. Puenteáreas	121
37. Columna N° 3. MAT	122
38. Columna N° 4. Terminal	122
39. Columna N° 5. Ávilarena	123
40. Columna N° 6. Pte. Mendoza	124
41. Triángulo de distribución granulométrica	129

AUTORA: MARÍA A. FALCÓN DE R.

FECHA: Noviembre 2007

TUTORA: ALBA CASTILLO

RESUMEN

La presente investigación se basa en un estudio de Impacto Ambiental Acumulado (IAA) aplicado en una zona donde se emplazan areneras que explotan agregados en las márgenes y cauce del Río Grande o Cauagua, Estado Miranda y cuyos efectos se han conjugado con otra serie de factores que han modificado el paisaje, el uso de la tierra y la pérdida de infraestructuras viales. Entre otros indicadores de cambio, se encontraron: la modificación del relieve generado por la llanura de inundación del río, detectada con ayuda de misiones de fotos aéreas de años comparables (1970-1994), registros de eventos de máximas crecidas y de inundaciones en regiones aguas abajo afectando considerablemente los recursos agrícolas y turístico-pesqueros de la zona de Barlovento, así como factores del crecimiento demográfico que ha experimentado esta parte del estado Miranda en los últimos años, lo que ha incrementado la presión urbanística, permitiendo el crecimiento vertiginoso de urbanizaciones a expensas del espacio vital. Esto permitió plantearse como hipótesis de trabajo que la actividad económica de explotación mineral, urbanística y presión social en márgenes y cabeceras de los principales afluentes estén modificando aceleradamente el patrón de comportamiento de este río que surte de agua dulce a la cuenca de Barlovento.

A través de la evaluación ambiental acumulada y con el auxilio de herramientas sedimentológicas, cartográficas y fotogramétricas se elaboró un modelo geodinámico evolutivo de los cambios que el río Cauagua o Grande ha presentado en los últimos 30 años, así como la aplicación de una metodología de valoración de impactos. Esto permitió comprobar y cuantificar cómo se ha transformado y se perfilan cambios como consecuencia de todas las actividades humanas que se introducen en el ambiente de manera acumulada, cuya acción combinada ha generado efectos acentuados.

Con este estudio se pretende dar un aporte significativo hacia la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del Estado Miranda, sobre todo en esta parte de la cuenca del río Tuy, subcuenca del río Cauagua, polo turístico-recreacional, alternativa habitacional y de emplazamiento de nacientes y crecientes industrias que van desde las que cubren servicios básicos a aquellas que se refieren al aprovechamiento de los recursos, mineros, pesqueros, entre otros.

INTRODUCCIÓN:

La temática geológico-ambiental expuesta en el presente trabajo parte del principio geomorfológico de que “conocer las causas es explicar las formas”. Además ilustra en su contenido que tanto las estructuras de la corteza terrestre como los sistemas morfogénicos permiten el entendimiento del relieve de manera ordenada, en tanto que ambos se combinan, articulan de modo coherente en espacios a veces amplios, y aunque estos presentan individualidades, basan su comportamiento en caracteres generales, a la globalidad e interrelaciones de las geósferas que la circundan.

Basado en ello, la respuesta del ambiente a los cambios que se van sumando en sus formas, es lo que se llama “efecto acumulado” y que es la orientación principal de la presente evaluación, demostrar que en una ventana de tiempo dada (27 años), se han suscitado cambios detectables cualitativa y cuantitativamente.

Para realizarlo, se escogieron cuatro (4) areneras que explotan agregados granulares a lo largo del río Grande o Caucagua en las inmediaciones del Municipio Acevedo, estado Miranda, basado en una comparación fotogeológica de 27 años, herramientas cartográficas y sedimentológicas que ayudaron a caracterizar esta sección del río Caucagua. Esto con el propósito de aplicar la metodología de Evaluación Ambiental Acumulada que permitiera entre otras cosas, la evaluación dinámica, histórica e integral del tramo del río Grande o Caucagua, perteneciente a la cuenca baja del río Tuy, de los procesos extractivos (arenas y arcillas) y de explotación urbanística aguas arriba, aplicando herramientas de estudio sedimentológico con el fin último de buscar mejorar decisiones en planificación minera, control de sedimentos y manejo integral de los recursos naturales y socioeconómicos en el área de estudio, hacia la sustentabilidad en el sector extractivo mineral.

Se contó con información cartográfica y fotogeológica suficiente, así como antecedentes de estudios geológicos y de evaluación de recursos por parte de las explotadoras, que permitieron crear un soporte teórico de la zona de estudio. Se tienen así las publicaciones de mapas ortocartográficos del año 1997, basados en la última misión que

evaluó la zona; fotos aéreas recientes (1997) y antiguas (1970) bien preservadas, que fueron suministradas por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar.

Se contó además, con informes de explotación que cada arenera está en la obligación de presentar al MARN como requisito para el aprovechamiento de los recursos minerales presentes, así como los de impacto ambiental diseñados para la construcción de obras de infraestructura vial, Autopista a Oriente, tramo Chuspita-Caucagua-Tapipa, y la vía a Higuero por Proconsult (2002), así como la troncal 9, llevado por el Prof. Marcos Falcón (1997). Adicionalmente, se contó con suficientes instrumentos jurídicos que al ser aplicados eficientemente, asegurarían la buena marcha de las actividades y procesos bajo las que se amparan.

Estos trabajos han caracterizado el área, pero en ello ha estado ausente la integración de toda esa información ambiental y su interrelación con la geológica e hidráulica, que pudieran estar apuntando hacia la respuesta ambiental de los cambios que introduce las diferentes actividades a la que es sometida esta cuenca. Por lo cual surge como acción obligada, luego de la descripción detallada de los factores biofísico naturales y de sistemas de extracción y métodos mineros, la aplicación de la metodología de evaluación ambiental acumulada, valiéndose en ello de la recopilación de información, recuperación de testigos, evaluación granulométrica y aguas, para el establecimiento de correlaciones entre cambios físicos y morfodinámicos con el Impacto Ambiental Acumulado, con el fin último de ofrecer recomendaciones para el mejoramiento de procesos de extracción mineral en el cauce del río Caucaagua.

Se propuso como metodología del estudio, la evaluación ambiental acumulada de las actividades de explotación que se realizan en la subcuenca Caucaagua y que pudieron ser medidas en las areneras para su posterior comparación, pues se consideraron como excelentes sensores en el comportamiento de los sedimentos que se acumulan y circulan por este lugar. A través de ello, se pretendió como respuesta, cambios significativos en las variables hidráulicas, hidrológicas y físico-biológicas (sedimentos y vegetación) que pudieron ser evaluadas en las fotos aéreas comparadas por espacio de 27 años, producto de los efectos que la explotación misma de los recursos minerales, así como los que aguas arriba y aguas abajo se han ido desarrollando.

Las motivaciones para la escogencia del tema obedecieron a su impacto en el desarrollo ambiental, social, económico y financiero de la subcuenca Caucaagua, en el estado Miranda y el país, a las luces de ofrecer mejores métodos de planificación minera que repercutan en el mínimo grado al ambiente.

El desarrollo del Trabajo Especial de Grado se estructuró en VIII capítulos. El Capítulo I presenta la justificación, problema planteado y objetivo del estudio. El Capítulo II describió el área de estudio. El Capítulo III caracterizó el área bajo las teorías, métodos y fenómenos inherentes a este tema. El Capítulo IV caracteriza el modelo propuesto, cuyos aspectos se basan en la metodología propuesta. En el capítulo V, se propone un modelo dinámico. El Capítulo VI presenta la fotointerpretación que posteriormente se analiza y discute en los resultados del Capítulo VII y por último en un capítulo VIII se esbozan las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

CAPITULO I. INTRODUCTORIO

1.1. Planteamiento del problema:

El tema ambiental es cada día más esencial, por lo importante que representa para asegurar la permanencia de futuras generaciones. El ser humano frecuente e intensamente hace uso de los recursos naturales, sacando de ellos provecho pero degradando al ambiente en su misma medida, sin ningún control, con el único objetivo de recibir beneficios económicos, en deterioro de las ambientales.

Básicamente, el problema ambiental, tiene su raíz en la limitante cultural de protección ambiental, es decir, la carencia de conocimientos en el manejo de los recursos naturales y la falta de estrategias más idóneas o menos impactantes para la explotación de los recursos de manera sustentable. Así mismo, la ausencia de políticas efectivas en el ordenamiento territorial, hasta ahora, han contribuido también a la anarquía en cuanto a la ocupación, al uso de la tierra y hacen que se “confronten” áreas de explotación con las urbanas y agrícolas, éstas últimas fuertemente afectadas por la práctica de una minería sin planificación ni control ambiental.

Dentro de este orden de ideas, uno de los causantes de esta práctica, se tiene la falta de conocimiento de las causas, de los efectos de los impactos en el ambiente, así como de la debilidad en el ámbito legal, que regula la práctica de la minería en una localidad, con lo cual se hace imperioso y arduo, pero no imposible, atacar la causas del problema.

Venezuela, país privilegiado por sus recursos naturales y humanos, no se escapa de ésta problemática, pues ya se ha señalado desde hace décadas el efecto que ha generado las explotaciones mineras, “legales e ilegales”, así como de algunos yacimientos y cuencas petrolíferas del país. Un ejemplo en este estudio, es la práctica extractiva que por décadas llevan a cabo areneras del Estado Miranda, específicamente a lo largo del río Tuy. Una parte de ellas, llevadas con orden y permisología de rigor, y otra gran parte, sin freno ni control, por lo que estas últimas han afectado al ambiente, lo que ha repercutido en la descarga, de manera acumulada, de sus productos de desecho al ambiente, depreciándolo, limitando los espacios vitales, ecosistemas y áreas de esparcimiento, daños a estructuras civiles y riesgos de perderlas totalmente, lo cual va trayendo como consecuencia el deterioro de la calidad de vida de las poblaciones en

contacto con estas áreas de explotación, limitando y vulnerando el uso para el que se ha destinado.

Los espacios geográficos están llenos de recursos para ser potencialmente explotados y racionalmente aprovechados por el ser humano desde diferentes puntos de vista, lo cual sería idealmente logrado si se respetara en ese propósito al ambiente como un todo, es decir, se consideraran en su proceso de aprovechamiento económico a los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas. Es por ello, que los ríos que son objeto de explotación por las areneras, en su discurrir, llevan consigo un conjunto de sedimentos que afectan las condiciones naturales ideales de equilibrio de las aguas a su paso y donde estos desembocan, por ejemplo, en aguas marinas.

1.2. Justificación del estudio

En particular, el río Tuy, del cual es importante receptor el río Caucagua (Ver figura N° 3, Capítulo II), termina con su desembocadura cargado con sedimentos en grandes proporciones, potenciado adicionalmente con desechos sólidos de las poblaciones aguas arriba, producto de las innumerables construcciones y estructuras viales en ejecución. (Ver Tabla N° 2 y N° 4, Capítulo II). Sin duda, todo el conjunto de pasivos de explotación y aprovechamiento urbanístico e industrial termina descargando en el litoral barloventeño, específicamente en las playas de Carenero y Río Chico.

Esto se ha convertido en una problemática ambiental que llama la atención de quienes se dedican a monitorear el medio ambiente en nuestro país, de los que viven de la actividad económica como la pesca, como también de los propios turistas de esta zona, quienes buscan disfrutar de sus costas para el relax y esparcimiento. Todo esto representa una razón suficiente y una fuerte motivación para este Trabajo Especial de Grado del Programa de Maestría en Ciencias Geológicas, por el impacto que puede tener en el desarrollo ambiental, social y económico del país.

Dentro de este marco, el área de estudio corresponde a la zona de explotación de agregados minerales no metálicos por cuatro (4) cuatro operadoras mineras, al sur de la Cordillera de la Costa, en su extremo oriental. Esta explotación de agregados minerales comienza a ser influenciada desde los municipios Plaza y Zamora, dentro de la

subcuenca del río Grande o Caucagua, en el estado Miranda, pero se limita por ser ideal para medir las variables hidráulicas, desde Puente hacia Araguita (actualmente distribuidor Aragüita), pasando por las areneras La Marrón y Avilarena, hasta las inmediaciones de la arenera (hoy inactiva), conocida como La Ponderosa, en cercanías de la población de Marizapa.

Estas areneras explotan sedimentos recientes del cauce y sus riberas, como material granular, producto de los depósitos de la planicie de inundación del río Caucagua y las quebradas que pertenecen a la red hídrica que lo alimenta. Dicha cuenca, perteneciente a la cuenca del Tuy Bajo, se encuentra en explotación activa, enmarcada por ciudades dormitorio y polos urbanístico e industrial en creciente desarrollo, de acceso poco complicado y en cercanías del área metropolitana de Caracas, lo cual hizo viable su estudio y descartó limitaciones de traslado geográfico a la zona.

Adicionalmente, se contó con el apoyo institucional formal por parte de la Dirección Estatal Ambiental Miranda, en su Oficina Auxiliar Barlovento-Río Chico, así como del personal de la oficina principal de Sede Los Teques, quienes apoyaron este estudio con aportes bibliográficos y acompañamiento técnico muy valioso.

Por consiguiente, la principal intención de esta investigación fue ofrecer un estudio sedimentológico, acompañado de una Evaluación de Impacto Ambiental Acumulado (EIAA), con apoyo en ensayos de laboratorio y en comparaciones aerofotográficas en el área, tomando como punto de referencia las areneras activas, pues se consideraron excelentes sensores en la cantidad de sedimentos que se han registrado en el tiempo que éstas llevan explotando en la subcuenca del río Grande o Caucagua, cuenca del bajo Tuy, con fines de recomendaciones en protección ambiental.

1.3. Objetivos del Estudio

1.3.1. Objetivo General:

Evaluación dinámica, histórica e integral del tramo del río Grande o Caucagua, perteneciente a la cuenca baja del río Tuy, de los procesos extractivos (arenas y arcilla) y de explotación urbanística aguas arriba y aguas abajo, aplicando herramientas del estudio sedimentológico y de impacto ambiental acumulado, como aporte en la

búsqueda de mejorar tanto decisiones en planificación minera, en control de sedimentos y en el manejo integral de recursos naturales y socioeconómicos en el área de estudio hacia la sustentabilidad en el sector extractivo mineral.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Delimitar el área de estudio en detalle con descripción de los factores biofísicos naturales y socioeconómicos del área.
- Levantar información descriptiva de los sistemas y métodos mineros del área de estudio.
- Aplicar metodologías de evaluación ambiental a partir del reconocimiento en campo.
- Recopilar información topográfica, geológica, sedimentológica, hidrogeológica e hidráulica en campo, a partir de informes técnicos e imágenes fotogeológicas, cartográficas y satelitales.
- Recuperar muestras de suelos y de aguas próximos a los sistemas mineros.
- Realizar ensayos físicos y químicos en muestras recuperadas.
- Analizar los resultados de los trabajos de campo y laboratorio.
- Establecer correlaciones entre cambios físicos y morfodinámicos con impacto ambiental acumulado.
- Ofrecer recomendaciones para mejoramiento de procesos de extracción mineral en el cauce del río Grande o Cauçagua.

1.4. Antecedentes

1.4.1. Estudios Previos

Por lo que se refiere al Impacto Ambiental Acumulado (IAA), el presente estudio, puede ser considerado como un trabajo pionero, debido a que es poco frecuente encontrar investigaciones regionales y locales de este tipo. No obstante, se hace referencia a una serie de trabajos técnicos, planes de explotación que las empresas contratistas y consultoras presentan como requisito para la explotación del recurso mineral, así como a las investigaciones en la zona de estudio relacionadas con la explotación de recursos no metálicos. En este sentido, se presentan a continuación el resultado de una revisión bibliográfica relacionada con obras de envergadura, las cuales permiten contar con información muy valiosa sobre el área de impacto y al mismo tiempo permite relacionar diversas variables de importancia para este estudio.

Tabla 1
Recopilación de estudios previos

Año	Autor	Título	Aporte
1970	Alba Zambrano	“Estudio Fisiográfico de la Cuenca del río Tuy”	Estudia desde el punto de vista fisiográfico todos los elementos y factores naturales que caracterizan a la cuenca
1984	Álvarez, J	Plan de explotación de una Arenera del río Tuy, sector Aragüita, Distrito Acevedo, Edo. Miranda.	Presenta una propuesta de explotación de recursos minerales no metálicos con el fin de lograr el permiso de explotación ante las autoridades competentes.
1985	DGSPOA-DPRH	Abastecimiento de Acueducto Metropolitano	En este informe de la dirección para el Ordenamiento del Ambiente, se presenta gráficamente una de las bondades de la cuenca en estudio: posee 9 embalses, que surten de agua dulce nada más que a la capital de la República Se tienen entre ellos: La Mariposa, Macarao, La Pereza, Qda. Seca, Ocumarito, Lagartijo, Taguacita, Taguaza y Cuira.
1987	Ing. Francisco, De Abreu G Proyectos y Asesorías Mineras (PAM)	Plan de explotación de la Arenera La Marrón, Municipio Acevedo del Estado Miranda.	Presenta a consideración de las autoridades los diferentes aspectos técnicos y legales necesarios para la solicitud de explotación del contratante (La Marrón), con la finalidad de obtener el permiso legal para extraer grava, gravilla y arena del cauce y área de inundación del río Grande o Cauçagua.
1989	Sandecki, Michael (California Geology)	Minería global en sistemas fluviales	Considera y analiza los efectos de la extracción de materiales granulares en la forma del canal y los procesos naturales de sedimentación y erosión, haciendo referencia a extracciones en diversos ríos en Estados Unidos.
1991	Ing. José Luis López	“Impactos Geomorfológicos en el río Tuy, pasado, presente y futuro”.	Trabajo de investigación donde se da una evaluación geomorfológica de las modificaciones que ha sufrido el cauce del río Tuy a lo largo del tiempo, problemática erosiva en su cuenca alta y media y aplicación de métodos para predecir cambios futuros como consecuencia del trasvase de agua del lago de Valencia.
S.F.	--	Paper: Channel Response to Travel Mining Activities in Mountain Rivers (Canales como respuesta a las actividades mineras en ríos montañosos.)	Trabajo que analiza y evalúa los efectos de la extracción de agregados gruesos en las márgenes de los ríos y sus efectos sobre obras de infraestructura.

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO E IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO, SUBCUENCA CAUCAGUA

1994	Consultora: Proagra Consultores C.A.	“Estudio Hidráulico y Geomorfológico del Río Grande en la Hacienda San Jorge”. Caucagua, Municipio Acevedo, Estado Miranda.	Ofrece de acuerdo a la característica capacidad de transporte y descarga de sedimentos de este río, así como los consecuentes y periódicos desbordes, un estudio del cálculo hidráulico para la interrelación de aspectos geomorfológicos, con variables pertinentes y medidas de conservación ambiental
1997	Ing. Marcos Falcón Ascanio- CR&A. Consultora Centeno Rodríguez y Asociados.	“Estudio Hidráulico del río Grande incluyendo Evaluación Hidrogeotécnica y Geológico-geomorfológica de la variante Caucagua-Tapipa, Edo. Miranda”	Caracteriza y evalúa el comportamiento del río Caucagua, para la proyección de la construcción de la vía que continúa a la troncal 9, correspondiente a la Autopista Rómulo Betancourt, como parte de la vía de Oriente
2002	Consultora Proconsult, C.A. MINFRA.	Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Autopista Rómulo Betancourt, tramo Chuspita-Caucagua-Tapipa	Identifica y evalúa los impactos potenciales, formula las medidas a aplicar y ofrece un plan de supervisión ambiental que permita monitorear la repercusión de la construcción del tramo de la autopista a Oriente.
2005	Sánchez J. <i>et al</i>	“Estudio geofísico de la cuenca de Guarenas y Guatire y la zona este de expansión de la ciudad de Caracas (Municipios Sucre y Plaza, Distrito Capital)”	Mediciones de ruido ambiental, gravimétricas y sísmicas fueron realizadas con el fin de obtener el período predominante de los suelos, densidades y velocidades de ondas sísmicas de la cuenca Guarenas-Guatire y la zona este de expansión de la ciudad de Caracas.
2005	Marrero G., Edgar A.	“Modificación geomorfológica de cauces fluviales al variar el caudal medio anual”	Estudio que expone el aprovechamiento de datos provenientes de una condición inicial conocida en un cauce, para estimar su condición final, luego de transcurrido un evento dado, que induzca una modificación en las variables geométricas, morfológicas y fluviales.

Fuente: Elaboración Propia

1.4.2. Antecedentes Históricos:

Históricamente la zona de estudio ha sido utilizada desde épocas remotas en forma sucesiva para el establecimiento de cultivos de cacao, cambur, entre otros rubros agrícolas, así como productos forestales. A partir de la etapa republicana, la economía antes colonial, se transformó en economía libre–artesanal, exportadora de algunos frutos tropicales y algo de carne, pero dependiendo principalmente para su mantenimiento, prosperidad o decaimiento de los precios del café, principal producto de exportación. Fue por tanto, una economía agro–artesanal y la agricultura constituía la actividad

económica a la cual se dedicaba la gran mayoría de la población. Por otra parte, la industrialización del país era nula, la exportación de prácticamente un solo producto, el café, constituía la actividad económica que predominaba en Venezuela para principios del siglo XX. El descenso ocasional de los precios sumía al país en profundos períodos de crisis, dominantes en la Venezuela agropecuaria durante los 90 años transcurridos de 1830 a 1920.

El desarrollo industrial de Venezuela es un proceso reciente, que antes y durante la Segunda Guerra Mundial, presentaba una situación intermedia entre la artesanía y la pequeña industria. Hasta finales del siglo XIX, el país casi no conocía la empresa propia de la economía de escala; sólo a fines del siglo algunas empresas industriales llegaron a instalarse en Caracas y muchos años después la actividad industrial en las ciudades correspondía principalmente a ramas artesanales tales como: herrería, carpintería, talabartería, zapatería, latonería, sastrería, etc. A partir de 1963, se conoce la existencia de graveras y areneras localizadas cerca o en contacto con los cauces de ríos de zonas montañosas. Su explotación en principio, se hizo muy difícil, pues los cauces se encontraban lejos de las vías de acceso o comunicación, sin embargo para la fecha antes citada ya se encontraban extrayendo para el lavado y cernido de arena.

El éxodo poblacional desde el centro y sur del país, y el consecuente aumento demográfico en la época contemporánea, originó tanto en la Capital de la República, como en el Estado Miranda un aumento vertiginoso de la industria de la construcción y por ende una mayor comercialización de materiales minerales, no metálicos, en los últimos años, siendo cada día más demandados por consumidores locales (para la construcción de viviendas), foráneos (proyectos de envergadura, Metro de Caracas, ferrocarril, etc.) y para proyectos de infraestructura básica (Serie Documental Identidad Regional, Estado Miranda, 2001).

Entre las construcciones de la historia contemporánea de nuestro país, se pueden citar la autopista a Oriente (Antonio José de Sucre), de la cual sólo se ha concluido parte; ello ha traído como consecuencia la paralización y cierre de las extracciones de arena y grava en márgenes del río Grande, en el tramo Guarenas-Caucagua, repercutiendo en una disminución drástica de la producción del material granular en aquella zona, lo cual

generó acciones para la ubicación de nuevos sitios de extracción de este yacimiento. Con el paso del tiempo, transcurrido varios años de paralización se ha reactivado el proceso de construcción de la referida vía, lo que ha traído como consecuencia la reactivación de zonas antes abandonadas. Con la reactivación de la construcción de la autopista entre Caucagua e Higuerote se ha vuelto a presentar la misma dinámica socioeconómica antes descrita, en consecuencia, se han presentado cambios profundos en la fisonomía del paisaje desde el sitio del puente Aragüita, vecino al área de estudio.

Para su estudio, el río Tuy se ha discriminado en su recorrido en tres subregiones, alta, media y baja. En la subregión incluyente de la subcuenca del río Caucagua o Grande, el río Tuy, luego de pasar Santa Teresa, atraviesa las estribaciones montañosas de la selva de Guatopo y al llegar a la población de Aragüita, entra en la llanura de Barlovento, donde la pendiente promedio del curso desciende hasta 1,5/000, viniendo de 2 etapas anteriores con 56/000 y 4,7/000 respectivamente. En consecuencia, por efecto de esta baja pendiente, adquirida en este último tramo, el río se frena considerablemente y corre muy lentamente, lo cual hace propicia la formación de lagunas y zonas anegadizas alrededor del cauce (Zambrano, A. 1976).

La referida autora además señala, que “de manera característica en áreas marginales del curso del río Tuy ocurren inundaciones periódicas en época de lluvias estacionales, viéndose dicho fenómeno acentuado con el desarrollo urbanístico, agrícola e industrial de la región alta de la cuenca (Colonia Tovar-El Consejo)”. Este efecto genera disminuciones en el gasto hídrico en época de sequía lo cual ha traído como consecuencia que el gasto en época de lluvia sufra un incremento, producto de la falta de influencia reguladora de la vegetación que poco a poco fue y aún hoy sigue siendo talada y quemada. En este mismo sentido, las aguas que se aprovechan intensamente para el riego durante la época de sequía, ha vuelto más torrencial el régimen lluvia-sequía, intensificando las inundaciones periódicas y conllevando a procesos de erosividad más violentos que antes (Zambrano, 1976).

La situación antes descrita presenta en la actualidad una respuesta más intensa de la cuenca ante los eventos del gasto en época de sequía y lluvia respectivamente, pues el desarrollo de las tres subregiones ha presentado un incremento violento del crecimiento

de la población (ciudades dormitorio, “satélites”), que por ende, demandan una mayor cantidad de obras de infraestructura o vivienda, servicios y necesidades básicas de alimentación. Todo ello en consecuencia hace que la mayor presión de “infraestructuras” recaiga en los recursos naturales que se encuentran en la cuenca del río Tuy, a fin de satisfacer estas necesidades.

1.4.3 Publicaciones inéditas

Conforman la serie de informes y trabajos de tipo técnico realizados en el área de explotación de la cuenca, en ellos se incluyen en líneas generales los objetivos de la explotación, antecedentes, el sistema de extracción y transporte de material, prácticas de mitigación y saneamiento ambiental a adoptar cuando el problema se presente. Esta última explica las medidas adoptadas de saneamiento y recuperación de ambientes, que indican directamente, que “mantienen la regularidad del cauce”. Se hace hincapié en el aporte de la empresa en el saneamiento ambiental al que contribuyen sacando desperdicios y restos de animales que deterioran el ambiente. Adicionalmente, justifican su participación en el mejoramiento, en el control de desbordamiento y daños a la infraestructura. Así mismo se proponen una serie de acciones que se presumen disminuirían la influencia de la afectación. Entre estos informes se pueden citar los siguientes:

Plan de explotación de Arenera La Marrón. 1987. Por: Proyectos y Asesorías Mineras PAM. Ing. de Minas Prof. Francisco R. Abreu G.

Estudio Técnico Forestal Ambiental para el aprovechamiento de material granular. Fondos: La Marrón y Los Padres. Municipio Caucagua. Dto. Acevedo, Estado Miranda. 1987. Por FORURB de Venezuela.

Expediente Administrativo Autorizado. 1992. Expediente 130303841 (un cuerpo) Arenera Aremateca, C.A.

En los citados expedientes se hacen planes y propuestas de la explotación sin degradación al ambiente de manera intensa, buscando con ello, lograr el equilibrio entre el sedimento que llega y se deposita y el que se extrae para su aprovechamiento

económico. Inclusive en algunos de ellos se atreven a mencionar que sin su participación el sistema hidrológico no funcionara de forma segura para los pobladores, pues son considerados por estos como una especie de regulador de los sedimentos.

Entre los aspectos que se reseñan en dichos planes de explotación se incluyen los siguientes:

- ✓ La autoría en el mantenimiento de la regularidad del cauce, saque de desperdicios y restos de animales muertos que deterioran el ambiente.
- ✓ La participación en el control de desbordamientos y daños a infraestructuras.
- ✓ La señalización las reservas y métodos de explotación que utilizan en sus propiedades.
- ✓ El compromiso de mantener la profundidad de las pocetas de contención estándar, con la finalidad de preservar el lecho rocoso del lecho del río y prever filtraciones del flujo acuoso hacia capas de estratos impermeables más profundos. La anchura del sistema de pocetas de contención es de máximo 50m y una longitud promedio de separación de 200m entre ellas, para garantizar la disminución en la velocidad de arrastre en época de crecida y posterior sedimentación en áreas excavadas a lo largo del lecho del río. Su profundidad límite es 2,8m para preservar el lecho
- ✓ La separación de sus actividades de explotación de las arenas sin afectar los sectores de explotación agrícola.
- ✓ La separación de la extracción granular fuera del radio de influencia de otra explotación continua, ubicada en el río Grande o Caucagua.
- ✓ De acuerdo a los referidos planes, se estima que vencido el plazo de tiempo estimado como óptimo para la explotación, se considera riesgoso seguir explotando de la misma manera, pues debido a las cambiantes presiones ambientales e industriales se afectará el comportamiento de los materiales que descargan en el río y harán variar sus condiciones como respuestas de los parámetros cambiantes.
- ✓ La señalización de correctivos para restaurar áreas afectadas y no entorpecer actividades agrícolas que se realizan en la zona.
- ✓ La justificación de explotar en esta zona por su ubicación estratégica y fácil acceso a los principales mercados de consumo. Así mismo por la experiencia de

los promotores en este tipo de aprovechamiento. Benito Rodríguez tiene una trayectoria de explotación en el río Tuy.

- ✓ La señalización de que el área está fuera del Radio de Explotación Continua.
- ✓ El ofrecimiento o disposición a ajustarse a las normas y pautas de organismos oficiales.
- ✓ La reposición de sedimentos del área es productiva pues, existe gran cantidad de material granulométrico de buena calidad y fácil reposición.
- ✓ La participación de que su labor es una obra de conservación, pues al mantener el cauce natural dragado y limpio de restos de árboles, basura y desechos sólidos, se evita el desbordamiento e inundaciones en época de sequía.
- ✓ Su consideración como contribuyentes en aumentar fuentes de empleo locales.

1.4.4. Levantamientos e interpretación con herramientas aerofotogramétricas:

La estabilidad lateral del río Tuy ya ha sido analizada por López, J. (1991), a través de la comparación de fotos aéreas de los años 1938, 1975 y 1983, permitiendo conocer la evolución histórica de su cauce. Las modificaciones que ha presentado en el río Tuy, de acuerdo a el estudio fotogramétrico consultado confirmó una marcada inestabilidad lateral a que ha estado sujeto el cauce del río, sobre todo en el tramo aguas abajo de Cúa, donde se observan desplazamientos del eje del cauce de más de 200m.

De acuerdo a esta descripción, se evidencian dos efectos bien marcados y contrapuestos. En un primer tramo, entre Cúa y la confluencia con el río Ocumarito, el río Tuy incrementó su sinuosidad ($\lambda =$ de 1,70 a 1,94), en un período de 37 años, mientras que para el mismo intervalo de tiempo para el tramo Ocumare-Santa Teresa, se acortó, disminuyendo su valor ($\lambda =$ de 1,74 a 1,45). Se relaciona este comportamiento como respuesta del río ante la construcción de los embalses de Ocumarito (1969) y Lagartijo (1962), y la toma del INOS (ahora hidrocapital) en San Antonio de Yare, los cuales disminuyeron sustancialmente los aportes de líquido al río Tuy.

Esta disminución del caudal del río Tuy, fue compensada por el sistema fluvial a través del incremento de la pendiente del cauce a fin de mantener el equilibrio del sistema lo

que permitió continuar el transporte de sedimentos por dicho caudal, manteniéndose aproximadamente constante. Este incremento lo logra el flujo disminuyendo la longitud del recorrido, cortando los meandros existentes, por tanto disminuyendo la sinuosidad (S) del curso fluvial, tal y como se presenta en la figura N° 1 siguiente:

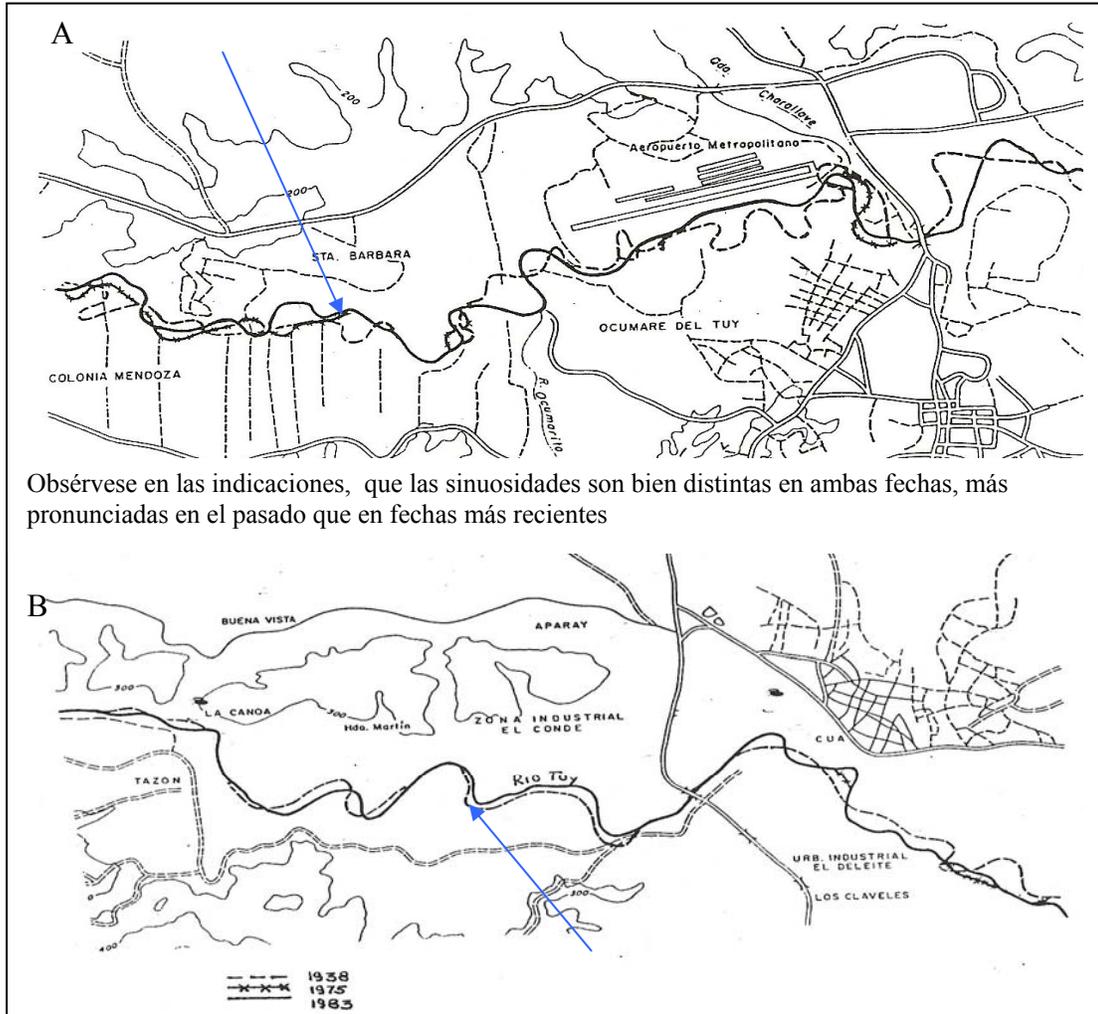


Figura N° 1: Comparación de la evolución del cauce del Tuy en dos fechas 1938-1983.

Tomado y modificado de López, 1991.

Adicionalmente, la disminución drástica de la sinuosidad, refiere este autor, puede ser motivada a modificaciones artificiales del curso del río, introducidas por las areneras que explotaron el sector durante la década de los años sesenta. Además de reportar un aumento de pendiente, expresado mediante la relación S_2/S_1 , asociado a la disminución en sinuosidad del tramo Ocumarito-Santa Teresa que fue de 1,23, mientras que para el tramo Lagartijo-Santa Teresa fue de 1,38, en donde el subíndice 1 se refiere a la condición inicial (1938) y el subíndice 2 a la condición última (1983).

En contraparte, el efecto inverso es observado en el tramo Cúa-Ocumarito (hay incremento de la S), de efecto menos marcado que el anterior pues obedece a multiplicidad de actividades e intervenciones humanas que han ocurrido en la zona y resumidas a continuación:

- a) Desarrollo urbanístico en crecimiento que ha generado en los últimos años un aumento importante de sedimentos, especialmente potenciada por la industria de la construcción y que recaen finalmente en el cauce del río Tuy.
- b) Actividades intensivas de explotación de material granular del propio cauce del río, que han desestabilizado el cauce haciendo posible una mayor erosión de márgenes y por consiguiente incrementando nuevos aportes de material sólido al río.

Con relación a las variaciones verticales del lecho, el autor hizo referencia a los registros históricos de aforos realizados en la estación hidrométrica de Tazón, ubicada a unos 10Km. de la población de Cúa. Se acota una variación de 1/2m en un período de 20 años, así como un desplazamiento lateral de la margen izquierda, de 5m aproximadamente, durante las crecidas que sugieren un Tuy bastante estable, debido a la presencia de material grueso que pudiera acorazar el lecho y contrarrestar el proceso erosivo en crecientes.

Por otra parte, existen cambios en la geometría del cauce que señalan un río Tuy más amplio en 1938 que en 1983, que muestra ser más ancho en el pasado, casi el doble de lo que actualmente es. En este caso particular, parece originarse por la extracción de agua para riego, por un lado, y la construcción de presas, por otro, lo que ha reducido paulatinamente su caudal medio, así lo demuestran datos de esta investigación presentada por López (1991).

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1. Físico Natural

2.1.1. Ubicación

El presente estudio se halla enmarcado dentro de un componente del sistema de cuencas correspondiente a la cuenca Tuy-Barlovento (9.180km²), sección oriental de una de las cuencas más extensas de la zona centro-norte-costera del país, ver figura 2.

2.1.2. Límites del área de estudio

Su localización geográfica corresponde al Municipio Acevedo del Estado Miranda, subcuenca del bajo río Tuy, río Grande o Cauçagua el cual ocupa un valle, con una superficie que abarca los 57km² en su primera etapa; toda el área de trabajo se delimita entre las coordenadas 1.139.500 N - 1.134.130 N, y 785.500 E – 790.000 E, referidas al sistema la “Canoa”.

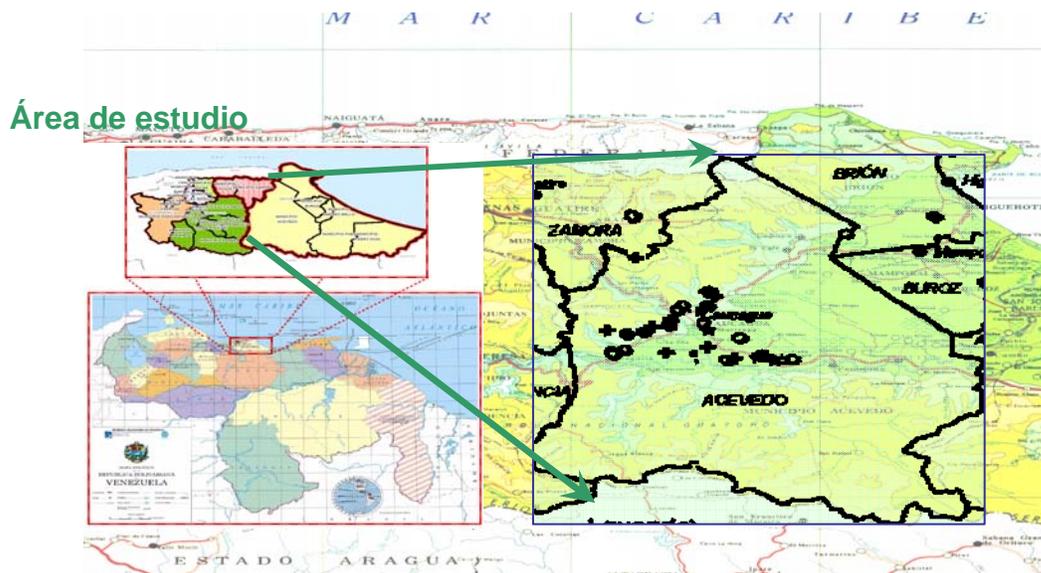


Figura 2: Mapa de localización del municipio Acevedo, parroquia Cauçagua, con su capital Cauçagua resaltada y en la que se denotan los valles que disectan su relieve.

Fuente: Compendio de mapas, estatales, regionales y municipales del área de estudio editados por Cartografía Nacional.

La subcuenca perteneciente al sistema de cuencas del bajo Tuy, limita por el norte con el sistema cordillerano del Ávila, por el sur los estados Aragua y Guárico, por el este con los

municipios Brión y Buróz y por el oeste con los municipios Zamora e Independencia respectivamente, emplazado en lo que se ha denotado como “llanura de Barlovento”.

2.1.3. Aspectos Climatológicos

- Precipitaciones

La precipitación media anual varía entre 1.500 y 2.000mm al año, siendo su régimen del tipo monzónico, con un corto período de sequía de 2 a 3 meses, que comprende los meses de febrero y marzo, con precipitaciones inferiores a 60mm por mes. La estación lluviosa entre los meses de junio y diciembre, presenta dos picos de precipitación que coinciden con las posiciones solsticiales del sol (julio-diciembre).

- Temperatura

El área se caracteriza por una topografía plana, donde el río Grande ha depositado a través de los años un gran volumen de sedimentos. Los piedemontes de las estribaciones montañosas que bordean la llanura de Barlovento y áreas montañosas al norte de la población de Caucagua, permiten que la temperatura media anual sea superior a 18° C, con temperaturas medias regionales que van de 24 °C a 28°C y una oscilación media anual de 2 °C a 4°C. Se han determinado temperaturas medias anuales extremas en las áreas más cálidas, temperaturas máximas de 30° y temperaturas mínimas de 21° C. La estación más calurosa ocurre después del solsticio de verano con oscilación media diaria inferior a 13° C y superior a 10° C.

- Humedad

La humedad relativa media anual es del 80%, y coincide con la que se observa en la parte más baja de bosques perennifolios, tipo monzónico, de las estribaciones montañosas.

2.1.4. Aspectos Hidrológicos

- Cuenca Hidrográfica del Tuy-Barlovento

En lo relativo a la red de drenaje en el área regional del Tuy, el conjunto de divisorias que separa los valles longitudinales y transversales, forman las cuestas y contracuestas de los flancos sur y norte de las serranías del Litoral e Interior Central. De éstas, respectivamente

se han generado 57 subcuencas hidrográficas, de las cuales 17 son las más importantes por la extensión de sus superficies, siendo una de ellas, la de este estudio con aproximadamente 804 km^2 ($804\text{km}^2 / 9180\text{km}^2 = 8,76\%$). (Ver Mapa en anexo 1, sobre cuencas que componen al río Tuy).

Bajo el programa de “Saneamiento y Recuperación de la Cuenca del Río Tuy”, adscrito a la Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenamiento Ambiental, D.G.S.P.O.A., del Ministerio del ambiente (1988), se realizó el ordenamiento de la cuenca hidrográfica del río Tuy y de la región de Barlovento, a través del inventario de ríos y quebradas que integran la subcuenca del río Caucaagua (ver Figura N° 3 y Anexo N° 2). El mismo indica que la subcuenca del río Grande o Caucaagua se halla integrada por 6 principales ríos: Izcaragua, Pacairigua, Araira, Cupo, Morocopo y Chuspita; 46 tributarios de segundo y de tercer orden, y otros 67 de menor envergadura, que por su carácter intermitente pero no menos importante participan en la dinámica del caudal del río que más tarde desemboca en el río Tuy, en Boca de Caucaagua. Cabe destacar adicionalmente en estas características hidrológicas del área de estudio que se tienen nueve (9) embalses que recogen y distribuyen el agua dulce a través del sistema de acueductos metropolitano, hacia la Capital de la República: La Mariposa, Macarao, La Pereza, Qda. Seca, Ocumarito, Lagartijo, Taguacita, Taguaza y Cuirá.

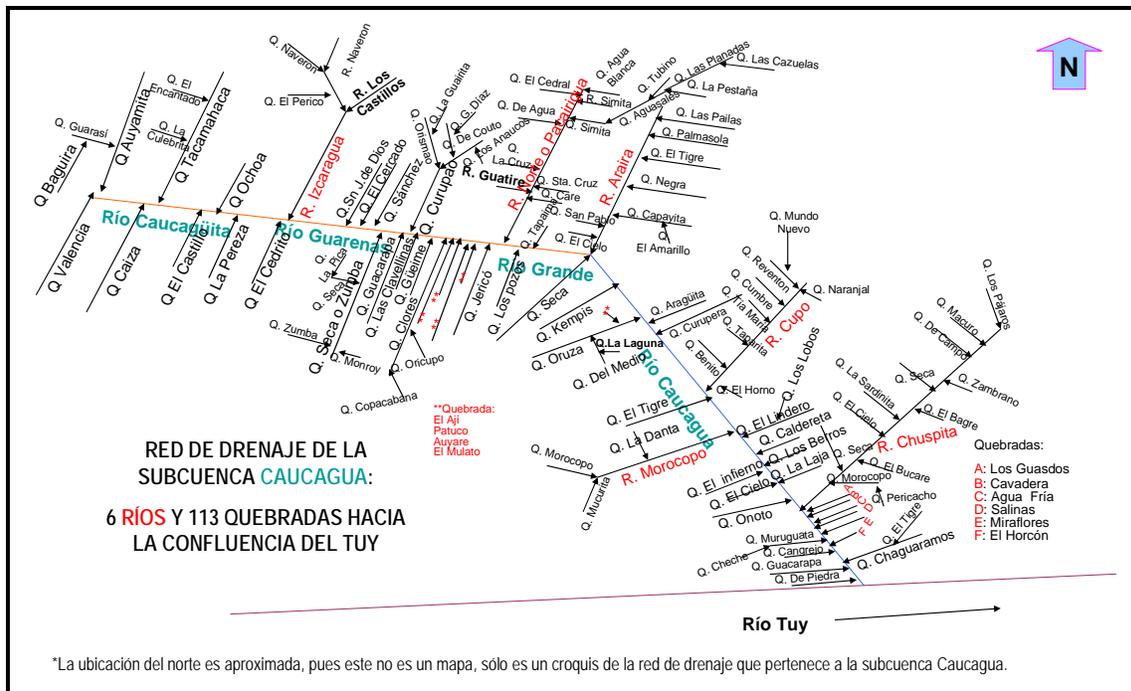


Figura 3. Plano de red hidrográfica de la subcuenca de Caucahua. Bajo Tuy. Adaptación y recopilación de fuentes diversas del MARN.

➤ Subcuenca regional del Río Grande o Caucahua

En cuanto a la ubicación administrativa, o localización desde el punto de vista administrativo, como puede observarse en la figura 2, corresponde al municipio Acevedo, cuya capital es Caucahua, pero cabe destacar que el área de influencia de estos ríos y quebradas también abarca a otros municipios como Plaza, Zamora y Brión respectivamente. El Caucahua con el nombre de Río Grande, se forma al noreste de Petare. La divisoria de aguas que separa el lugar de formación del Río Grande de la hoya del Caurimare, afluente del Guaire, casi no se nota debido a la escasa prominencia de la misma.

“Entre las poblaciones de Guaire y Caucahua, a lo largo del valle principal del área, se hallan un conjunto de valles secundarios, tales como el de Araira y los de los ríos como Cupo, Chuspita y Morocopo”, y “las quebradas Seca, Kempis y Del Medio”. (Zambrano, 1970). Los valles remodelados que resultan de estos ríos y quebradas menores, afluentes del Caucahua, constituyen la prolongación de la cuenca Guaire-Guarenas hasta la ensenada inferior del Tuy o cuenca de Barlovento.

Un total de 145 ríos, quebradas y tributarios de menor envergadura y flujo constante, que componen a la red de drenaje de la cuenca del río Tuy, han sido catalogados bajo una metodología especial utilizada por la Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH), a través de un sistema decimal (ver Tabla N° 2), donde a cada río principal y sus tributarios de la margen derecha o izquierda, se le asigna un número que lo identifica del resto de la red de su grupo o subcuenca, como se puede observar en el siguiente caso:

Tabla N° 2
Sistema decimal de tributarios del Tuy

Río	Código	Orden
Tuy	6D18	18° Río principal de la región 6.
Grande	6D1803	2° Afluente de la margen izquierda del río Tuy.
Guarenas	6D180324	12° Afluente por la margen derecha del río Grande.
Del Norte	6D18032403	2° Afluente por la margen izquierda del río Grande.
Guatire	6D1803240302	1° Afluente por la margen derecha del río Norte.

Fuente: D.G.S.P.O.A, (MARN, 1988.)

En este mismo orden de ideas, las estaciones Hidrometeorológicas en la que existen datos de la subcuenca son destacadas en la Tabla 3, el resto, integradas por Macanilla, Salmerón, La Pereza, Tacamahaca, Los Chorros, Guatire, Urb. Miranda y Alto de Luisa, no presentan registros conocidos, así como tampoco localización geográfica; sin embargo, sirvieron al MARNR para medir tan importantes variables meteorológicas.

Tabla 3
Estaciones Hidrometeorológicas en la zona

Coordenadas	Estación	Coordenadas	Estación
10°18'15''/66°23'50''	Carpintero	10°21'47''/66°27'15''	Palo Gacho
10°19'14''/66°24'12''	Portachuelo	10°24'55''/66°15'53''	El Café
10°13'42''/66°27'38''	Aragüita	10°17'10''/66°21'37''	Caucagua
10°13'26''/66°14'15''	Panaquire	10°28'00''/66°38'00''	Guarenas

Fuente: Elaboración propia, modificado de Zambrano (1976)

Cabe destacar, que aún cuando se cuenta con una importante red de estaciones de sondeo, desafortunadamente se encuentran en el presente sin actividad, según lo refieren en la oficina de INAHIME, MARN. Cabe destacar, que aún cuando se cuenta con una importante red de estaciones de sondeo, desafortunadamente estas se encuentran inoperativas, según lo refieren en la oficina de INAHIME, MARN.

2.1.5. Aspectos hidráulicos característicos del área de estudio:

✓ Variables que impiden el flujo libre

El estudio realizado por Marco Falcón (1997), relativo a las crecidas del río Grande hasta Caucagua, permite comprender, que debido a la presencia de múltiples obstáculos al flujo, como siembras y vegetación de pastos abundantes en la zona de inundación de la margen izquierda del río, así como a la existencia de un bosque tupido sobre la zona de inundación derecha el valor del coeficiente de Manning es del orden de $n=0,150$, para ambas zonas de inundación.

De acuerdo a lo propuesto por Willets, *et al*, 1993(*op cit* por Falcón, 1997), estos demuestran experimentalmente que el intercambio de flujo entre las zonas de inundación y cauces meandrosos conllevan a un incremento de los coeficientes de resistencia individuales de las zonas de inundación. Por ello es conveniente introducir coeficientes de resistencia que conduzcan a resultados conservadores con relación a la altura de agua a esperar sobre el pie del talud del terraplen de la vertiente en ambientes característicos como estos.

Se ha estimado para el tramo en estudio del río Caucagua, un ancho promedio de 40m, específicamente entre el Puente a Aragüita y Puente Mendoza; además de no tener capacidad de conducción hidráulica para el caudal máximo de 100 años de período de retorno, estimado en 688m^2 , se inunda su ribera derecha en extensiones mayores a 1000m, teniendo las aguas contenidas por el terraplen de la variante Caucagua-Mendoza, profundidades máximas de 3,25m al pie de éste. La ribera izquierda también es inundada y las aguas son contenidas por el terraplén de la actual carretera (troncal 9) (Falcón, M. 1997).

En cuanto a las márgenes del río, estas no soportan alturas verticales mayores a 3,50 m., pues de acuerdo al estudio realizado por este autor sobre la erosión del lecho, efectuado al pie de la margen exterior de las abundantes curvas del cauce, refiere alturas mayores a 3,50m., que por tanto no se logran por deslizamientos y retroceso de la margen exterior de la curva. Puntualmente se refiere este autor a que hay evidencia de desplazamientos laterales (apoyados en la reconstrucción histórica de fotos aéreas en este estudio), de hasta 40 m. durante una crecida (1996), esta fragilidad, explica Falcón, es debida a la intensa movilidad del cauce del río dentro de su cinturón de meandro, la cual puede ser observada a partir de diversas misiones de vuelos aereofogramétricos, y los continuos derrumbes que han amenazado la estabilidad de la troncal 9 desde San Rafael hasta el poblado de Mendoza.

✓ Drenaje Característico

El drenaje está sometido a las características que presenta el relieve de una región, por lo que se afirma que son interdependientes, pues resulta de una serie de factores fisiográficos que inciden en su desarrollo. Dichos factores corresponden a: textura de la roca, textura del suelo, precipitación y evaporación.

“En el área regional del Tuy se presentan varias formas de los patrones básicos del drenaje, tales como el dendrítico, subdendrítico, sub-paralelo, radial y errático, pudiéndose presentar de manera combinada” (Zambrano, 1976). (Ver anexo N° 1 Mapa de cuencas pertenecientes al río Tuy).

✓ Patrones de Drenaje

En el área montañosa de los sedimentos metamórficos el drenaje subdendrítico-montañoso, modificación del subdendrítico, predomina sobre el angular. Las corrientes insecuentes producto de éste drenaje no obedecen a causas topográficas por lo baja de su pendiente; por otra parte el drenaje angular aprovecha la angulosidad de las formaciones rocosas, producto quizás de las fracturas como diaclasas y fallas que caracterizan a esta zona. Los afluentes principales son por lo general largos y presentan ángulos rectos u obtusos en el desarrollo

de sus cursos. Se caracterizan por ser cursos subsecuentes y sus secundarios obsecuentes, de drenaje parcialmente dendrítico.

En los valles, como el del Tuy medio y cerca del Bajo Tuy, las corrientes en su mayoría son insecuentes, propias del modelo de drenaje “dendrítico”, manifestando ser centrípeta a subparalela en algunas zonas debido al carácter semi-endorréica y superficie semiondulada de la cuenca.

En la llanura de Barlovento corresponde al subparalelo combinado con el dendrítico, predominando el primero, el cual resulta de la modificación del paralelo, sin la regularidad de éste. Este paralelismo es indicativo de una fuerte inclinación regional y pendiente más o menos uniforme. Típico de rocas inclinadas surcadas por fallas paralelas con relleno.

Finalmente, el drenaje errático muy frecuente en la costa de Barlovento, se caracteriza por ser irregular asociada con lagos, ciénagas y lagunas donde la corriente divaga sin dirección fija. La presencia de drenaje radial al sur de la Serranía es indicativa de algunos cerros aislados de rocas intrusivas volcánicas.

Esta descripción permite visualizar el comportamiento que los factores estructurales, litológicos y topográficos ejercen sobre el drenaje y su influencia en la respuesta sedimentaria e hidráulica en la subcuenca del Bajo Tuy.

Características Hidrológicas de los ríos de la subregión hidrográfica del Tuy:

A continuación se presentan esquemáticamente las características hidrológicas del río Tuy en 4 estaciones a lo largo de su eje axial.

Tabla 4
Características Hidrológicas a lo largo del Tuy:

Localidad	H	Área	Años	Lat./Long.	Gasto X	Máx.	Volumen escurrido	Acarreo	Concent. en peso
Quebrada Barrios	780	210	41-64	67° 16' a 10° 15'	1,43	1,80	45.252	30.714	0,126

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO E IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO SUBCUENCA CAUCAGUA

Quebrada Tazón de Cúa	415	1.180	41-64	65° 53' a 10° 19'	7,00	385,0	221.096	518.461	0,264
El Vigía	140	3.670	41-64	66° 38' a 10° 14'	20,8	572	654.416	4.851.524	0,238
Puente San Juan	10	6.600	52-64	66° 03' a 10° 19'	65,1	458,0	2.054.540	2.439.200	0,114

Fuente: Modificado de Zambrano (1976)

Estas 4 estaciones presentadas en la tabla N° 4, están localizadas sobre el eje axial de desarrollo del río Tuy, y como lo permite apreciar los datos del anterior cuadro, se presenta un acarreo de 4.851.121 Ton. al final de los valles del Tuy Medio, entre el Vigía y Santa Teresa, y para su última estación, correspondiente a la llanura costera de Barlovento y el Puente San Juan, el acarreo corresponde a 2.439.200 Ton. que denota una retención aguas arriba de sedimentos que se puede vincular con la extracción que es llevada en principio por parte de las procesadoras de agregados gruesos y finos, explotando por lo menos desde hace más de 30 años.

En consecuencia, dada las condiciones geomórficas ya señaladas, como superficie plana, alta permeabilidad y combinado con el régimen de lluvias, se presentan inundaciones periódicas, generando una alta deposición de sedimentos producto del acarreo de los cuerpos superiores en la gran llanura costera de Barlovento. Siendo este patrón de comportamiento consistente con lo que ocurre en la subcuenca del río Grande o Caucagua. Así lo demuestran sus características resumidas en la tabla N° 5:

Tabla 5
Características Hidrológicas del río Caucagua o Grande

Nombre del río	Altitud m.s.n.m.	Área Km ²	Años	Latitud/ Longitud	Gasto X (m ³ /seg)	Máximos (m ³ /seg)	Volumen escurrido	Acarreo Tonelada	Concentración en peso %
Caucagua	55	719	43-65	66° 24' – 10° 19'	7,44	374,0	234.802 mill.m ³	67.952	0,050

Fuente: Modificado de Zambrano (1976)

El río Grande o Caucagua, presenta un acarreo importante, de unos 67.952 Ton³ que aporta junto al resto de los afluentes que compone a la red hídrica del Tuy. Es de suponer que este acarreo se incrementa en época de lluvia y sequía y es afectado por otras variables como las

relativas a la deforestación de los cauces, terraplenes y márgenes a lo largo y ancho de toda la faja de meandro de este río.

2.1.6. Aspectos Geológicos

- o Geología regional

Regionalmente la subcuenca de Cauçagua presenta un conjunto de elementos geológicos muy heterogéneos, como puede ser examinado en la figura 4 y Anexo N° 3, resaltando en ella los sedimentos pleistocénicos del río Grande o Cauçagua, alimentados por una compleja incorporación de rocas meta ígneas, de diferentes edades.

Mapa Geológico de la Cordillera de la Costa y llanura de Barlovento

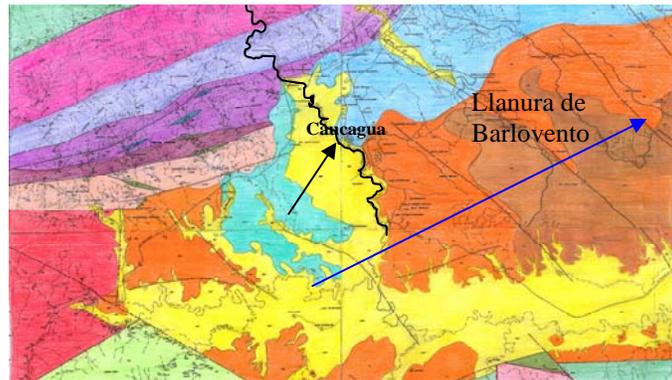


Figura 4. Mapa geológico de la cuenca del río Tuy, en sus cuadrantes, La Fila, Cauçagua, Aragüita y Tapipa. Fuente: recopilación de Urbani *et al* (2003)

- o Geología del área de estudio

El área de estudio corresponde a una pequeña porción al sur de la Cordillera de la Costa, que en el sistema montañoso del Ávila, en su sección este, se caracteriza por “extensos valles intramontanos que se deben a los grandes sistemas de fallas longitudinales”, tales como fallas del Caribe (prolongación de Oca), El Pilar, Casanay y La Victoria, y las del Ávila, que abren un surco que va de quebrada Tacagua hasta las llanuras de Barlovento.

La mayor elevación existente, corresponde a los 2.760 msnm en pico Naiguatá, en el Ávila, baja a nivel del mar en menos de 8km de distancia horizontal encontrándose limitado por un conjunto de fallas longitudinales normales, cuya continuidad sigue hasta Cabo Codera.

La unidad, presenta rumbo persistente este-oeste; y la presencia de elevaciones como la de Baruta y El Junquito, con rumbo aproximado N80°E, choca contra la misma generando complicaciones tectónicas (Wehrmann, M., 1969).

El mismo, define en la región de Guatire a Cabo Codera, 3 estructuras anticlinales principales que se incluyen en:

- a) “El Anticlinorio de el Ávila”, de rumbo E-O a lo largo del macizo montañoso del mismo nombre, predominantemente con pliegues de tipo flexural, originados a gran profundidad bajo presiones confinantes y temperaturas elevadas. También son comunes los pliegues con fallamientos en pequeña escala.
- b) “El Anticlinal de el Junquito”, que se caracteriza por ser abierto y simétrico, complicado hacia el norte por tectonismo, intrusiones básicas y fenómenos metasomáticos.
- c) El Anticlinal de Baruta.

Así mismo, define tres tipos de fallas, entre las que se encuentran fallas oblicuas, longitudinales y transversales. Estas últimas con rumbo aproximado de N60W con extraordinario paralelismo entre sí y con desplazamientos horizontales de hasta 4km. Se consideran por cierto, las más jóvenes, pues cortan y desplazan a las demás fallas y estructuras y afectan a los sedimentos Pliocenos en la Cuenca Guarenas-Guatire.

El mismo autor, señala que el brusco viraje hacia el sur del río Guaire a la altura de Petare hace suponer que este río, que corrió en un tiempo a lo largo de la zona de fallas del Ávila, alimentaba con sus propias aguas al Río Grande, posteriormente es capturado por lo que es hoy su curso inferior. La evidencia a esta afirmación es la acumulación de sedimentos terciarios en la cuenca de Guarenas-Guatire, cuyo volumen según afirma este autor, no pudo ser sólo aportado por el Río Grande (Zambrano, 1970).

A propósito de esta afirmación, en un estudio geofísico de microzonificación llevado a cabo por un grupo de investigadores de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y la Universidad Central de Venezuela (UCV), se han estimado por medio de las mediciones de ruido ambiental, valores de período fundamental de vibración del suelo para las ciudades de Guarenas-Guatire (entre 0,23 y 2,2); y a partir del modelado tridimensional de los datos gravimétricos se ha obtenido un máximo espesor de sedimentos en la población de Guatire de 360m. (Sánchez, J., et al, 2005).

En cuanto a las evidencias de rejuvenecimiento fisiográfico y del levantamiento diferencial de la región respectivamente, se presentan evidencias como: cursos de agua que excavan sus propios sedimentos y las terrazas pleistocenas a recientes en la costa, los bancos de coral a flor de agua, las antiguas terrazas de erosión y el encajonamiento hacia el sur de ríos como El Grande o Caucagua, que cómo lo señala Seiders (1965, op cit por Wehrmann) con relación al río Tuy, el Caucagua y el Guaire presentan un levantamiento más acelerado hacia el norte que hacia el sur.

Es necesario para la descripción geológica de esta zona, hablar de las características presentes en la Cordillera de la Costa, pues constituye el factor preponderante en la mineralogía de los sedimentos que más tarde las corrientes fluviales se han encargado de trasladar y acumular.

- o Geología local

A continuación, se presenta una revisión histórica de los estudios realizados sobre la geología particular del área de la presente investigación:

Andrews (1930), fue el primero en cartografiar una unidad discordante sobre las rocas Miocenas y a su vez cubierta por aluviones.

Wolcott (1940,1945) y **Patrick** (1958), en sus estudios de la cuenca inferior del río Tuy, mencionan sedimentos Pliocenos discordantes sobre la Formación Aramina, que denominan “Formación Guatire”. Según Wolcott(op cit) , Patrick(op cit) y Feo Codecido

(1962), la Formación Guatire descansa discordantemente sobre las formaciones Aramina y Cumaca, aunque hacia el extremo oeste de la cuenca, también se encuentra discordante sobre rocas metamórficas de las formaciones Post-grupo Caracas y Grupo Villa de Cura.

Seiders (1965), fue el primero en publicar el nombre “Capas de Caucagua”, en la cuenca inferior del río Tuy, en el estado Miranda. Según el mismo autor, la unidad tipo de esta unidad se encuentra en los cortes de la carretera Caucagua-Tapipa, al este de la población de Caucagua, la cual correspondería a la formación Guatire, definida por los autores anteriores en la misma región.

Peirson (1965), cartografió rocas pertenecientes a la formación Guatire, al sur y alrededores de Panaquire y rodeadas por aluviones recientes del río Tuy.

Urbani (1977), menciona que las formaciones Tuy, Guatire, Ocumare y Capas de Caucagua, corresponden a la misma unidad definida en diferentes localidades y cuyo rango de edad se considera Plioceno-Pleistoceno. Además propone unificarlos bajo el nombre de Formación Caucagua a la unidad Plioceno-Pleistoceno, que se extiende hasta las cercanías de Araguaita cerca de Curiepe, en el estado Miranda.

Cortiula, B. (1983), realizó una recopilación evolutiva de la formación Caucagua, que comprende una revisión de los últimos 20 años realizada por especialistas en el área geológica, en la que se cartografiaron diversos sectores del macizo costero de la Cordillera de la Costa, ubicados al norte de las grandes fallas este-oeste que la cruzan, como son los sistemas de fallas de El Ávila, La Victoria y Las Trincheras-Mariara.

Urbani, F y Ostos, M. (1988), en estos trabajos han encontrado que una característica común de esta zona montañosa es la presencia de tres asociaciones de rocas, dispuestas en el mismo número de fajas, siendo la tercera, de interés y que son relativas a las unidades que incluyen geológicamente al área de estudio:

La misma comprende una faja generalmente ubicada al sur de las grandes fallas de El Ávila, La Victoria y Las Trincheras-Mariara, donde aflora una secuencia bastante monótona de rocas metasedimentarias pertenecientes al Grupo Caracas, con esquistos cuarzo-moscovítico-clorítico de la Formación Las Brisas y esquistos cuarzo-calcáreo-grafíticos de la Formación Las Mercedes. Ambas formaciones incluyen cuerpos concordantes de mármol que van desde intercalaciones de poco espesor hasta grandes cuerpos masivos; usualmente están constituidos solamente de calcita en Las Mercedes, mientras que pueden ser parcialmente dolomíticos y hasta dolomías en Las Brisas.

Básicamente, en su Sección Central, la Cordillera de la Costa, es de edad Cretáceo y comprende lo señala Wehrman (1969), en el mapa geológico de Caracas, las formaciones **Las Brisas, y Las Mercedes**. La primera que consiste en areniscas y conglomerados arcósicas metamórficas, varios tipos de esquistos, gneis y calizas metamorfizada, tiene un espesor de unos 900m y una distribución extremada en la Cordillera de la Costa o del Litoral. La segunda consiste generalmente en intercalaciones de esquistos cuarzosos, sericíticos, grafíticos, calcáreos y calizas metamorfizada, y tiene un espesor mínimo de 1.800m y una extensión vasta en la Cadena del Litoral.

- o Geología estructural

El origen del plegamiento de la Cordillera de la Costa ocurre durante la Orogénesis Andina, (Terciario Inferior), pero el período principal de plegamiento, corresponde a pulsaciones de la Orogénesis Antillana, durante el Terciario Superior en la que su mayor actividad estuvo centrada durante el Eoceno medio y superior. Aunado a ello, Stainforht (1969), relaciona la historia tectónica de Venezuela con la existencia de una célula convectiva subsidiaria, en el Mar Caribe, al norte de Venezuela y que dio origen a la geología particular de la zona de estudio.

Durante el Maestrichtiense-Paleoceno tuvo lugar la deformación principal del área, en la que las rocas del norte sufrieron deformación y volcamiento, desprendiéndose la parte superior de la sección y deslizándose hacia el sur, seguida por una masa de deslizamiento posterior, y que son definidas por Seiders como las tres secuencias estratigráficas. Luego del reposo alcanzado por este grupo, se sucedieron ajustes isostáticos que condujeron al

fallamiento a gran escala y facilitaron las intrusiones ferromagnéticas y ultraferromagnéticas a lo largo de los bordes de Villa de Cura. Un posterior fallamiento durante el Mioceno produjo cuencas sedimentarias dentro de la cordillera montañosa, una de ellas la del presente trabajo.

Es por ello que en la vertiente sur de la serranía es característica la presencia de numerosas fallas de corrimiento que sirven de contacto entre las diferentes formaciones geológicas, (ver figura 4), además de numerosas fracturas y diaclasas en las rocas. El relieve está caracterizado por una topografía accidentada con fuertes pendientes que llegan hasta el 70%.

La zona rasgada por enormes fallas horizontales dextrosas, se orientan más o menos W-E (San Sebastián, La Victoria, Agua Fría, etc.) combinadas con otros sistemas NW-SE sintéticos (Charallave, etc.) y antitéticos NE-SW. Estas orientaciones son debidas también a un sistema de pliegues escalonados relacionado con las fallas dextrosas, con ejes orientados más o menos NE-SW. Unas depresiones estructurales a lo largo del reborde deformado suelen presentarse como cuencas pull-apart (Lago de Valencia, etc.), emplazadas sobre el espesamiento de la corteza por súperimposición de campos de esfuerzos transtensionales. Es necesario acotar aquí, que la sismicidad es alta y presumiblemente está relacionada con los sistemas de fallas arriba descritos.

Todo ello configura el complejo sistema de cuencas que son disectadas por ríos de importante arrastre, entre los que se hallan el Tuy y su tributario más importante, el Caucagua o Grande. Así el relieve, que es el producto directo de la dinámica de la corteza, es afectado por un sistema bastante joven de drenaje (por ejemplo la Cuenca hidrográfica del Río Tuy) todos los fenómenos relativos (laderas muy empinadas, frecuentes aludes, erosión del suelo, etc.) que adquieren dimensiones catastróficas cuando están estrechamente vinculados con la tectónica y se encuentran agravados por las condiciones de tipo subtropical húmedo.

Las áreas urbanas de Caracas, Maracay, Valencia, y entre otras como la depresión Guarenas-Guatire, colocadas sobre un sistema litosférico del tipo descrito y con una geometría muy compleja, están sujetas a una serie de fenómenos que son respuesta de dicha geología tan rica y variada.

o Estratigrafía General

Según Seiders (1965), en la zona se reconocen tres secuencias estratigráficas dentro de las rocas metamórficas de bajo grado, la primera es la perteneciente al grupo Caracas, que a su vez la integran tres formaciones suprayacentes. **Las Brisas** compuesta por filita oscura, arenisca y conglomerado arcósico y gneis de microclino dolomítico. Ésta última infrayacente a **Las Mercedes**, compuesta por filitas calcáreas, calizas oscuras y areniscas feldespáticas a cuarzosas. Y hacia el tope la formación **Chuspita**, compuesta de filita oscura y arenisca de cuarzo. El carácter gradado de la estratificación frecuente en las rocas arenosas del grupo Caracas, sugiere que fueron depositadas en aguas de Urape.

En la parte central del área de Miranda, se encuentra la segunda sucesión estratigráfica, correspondiente a secuencias profundas por la acción de corrientes de turbidez. Por sobre este grupo y separadas por una discordancia principal, se presentan, las formaciones Urape, Maraguata y Paracotos, siendo la primera filítica oscura y las otras dos arenosas y conglomeráticas con una variedad similar de granos líticos, especialmente guijarros volcánicos y de chert. Cada formación contiene cantidades menores de rocas metavolcánicas ferromagnéticas, que probablemente se depositaron en aguas profundas cerca de una fuente de sedimentos. La edad de estas formaciones va desde Maestrichtiense en la de Paracotos hasta Coniaciense en el gneis de basamento de la Aguadita y las rocas discordantemente suprayacentes. Ésta consiste en rocas metavolcánicas ferromagnéticas, calizas oscuras y filitas con conglomerados líticos menores de Conoropa; y suprayaciendo, el conglomerado cuarzoso de Charallave.

La tercera y última sección estratigráfica pertenece al grupo Villa de Cura, compuesto por rocas metavolcánica ferromagnéticas y keratofricas con diferentes grados de metamorfismo, lo cual permite diferenciar base y tope de la secuencia. Estas tres secuencias

presentan una correlación dudosa, pues el autor señala que Villa de Cura es alóctono y por tanto se desconoce su edad y relaciones estratigráficas. A este respecto, se cree a Caracas más antigua que Conoropa, pues se acuña bajo aquella hacia el sur, siendo ésta equivalente a la Formación Tacagua del área de Caracas. Probablemente rocas equivalentes fueran erosionadas por sobre la formación Chuspita, antecediendo al depósito de Urape.

En este mismo sentido, las formaciones Caucahua y Mamporal, ésta última no descrita en el presente trabajo, pueden ser interpretadas como resultantes de eventos morfoclimáticos favorables a la dispersión de amplias napas aluviales en períodos de aridez-subaridez, afectados por lluvias torrenciales esporádicas, durante períodos fríos del Pleistoceno. En este sentido, Picard y Pimentel (1968) reconocieron un nivel de arcillas lacustres recubierto por gravas torrenciales, heterogéneas y muy arcillosas, “producto de la erosión rápida del área positiva que bordeaba la cuenca”; lo cual caracteriza a una formación Tuy sedimentada en períodos de variación climática del Pleistoceno. La formación quedó caracterizada por una intercalación de sedimentos morfoclimáticos áridos a subáridos y sedimentos lacustres probablemente originados durante períodos pluviales. Las formaciones descritas, según lo afirman estos autores, no presentan fósiles, considerándolas estériles, su edad es estimada y su carácter sedimentológico es sólo una guía para hipótesis de trabajo.

Entre las poblaciones de Guatire y Caucahua, a lo largo del valle principal se hallan una serie de valles secundarios de donde se reciben grandes volúmenes de sedimentos, tales como el de Araira, y los correspondientes a Cupo, Chuspita y Morocopo, y quebradas como Seca, Kempis, el Medio, Agua Fría, entre otras. Los sedimentos de la cuenca Guatire-Guarenas provienen de la formación Guatire y miembro Pichao (Figura 5). Es posible que durante el Pleistoceno superior, se depositaran los sedimentos de la Cuenca de Guarenas-Guatire.

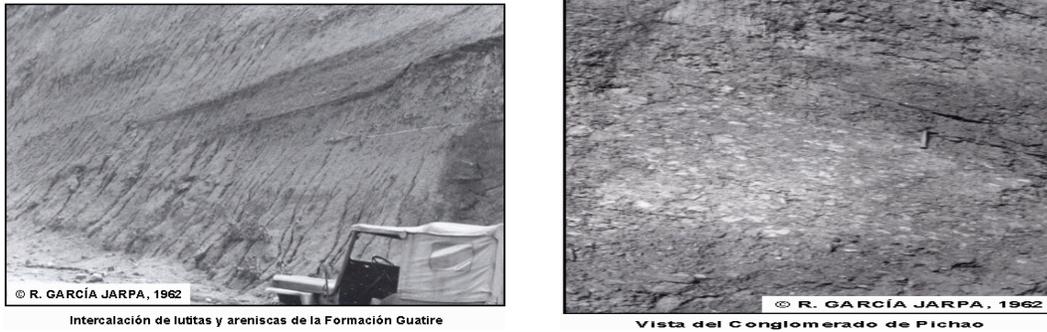


Figura 5. Sección de Lutitas y Areniscas de la Fm. Guatire y Conglomerados del Mbro. Pichao . Tomado de Léxico Estratigráfico de Venezuela

- Estratigrafía Local (Gonzalez de Juana, *et al*, 1980)

Formación Guatire

En la cuenca de Guarenas-Guatire afloran sedimentos poco consolidados de origen continental, consistentes en gravas, conglomerados en capas de (1) un metro de espesor, que pasan progresivamente a arenas, limos laminados y arcillas hacia el centro de la cuenca (Figura 6). La secuencia se inicia con un conglomerado grueso polimixto mal escogido de unos cinco a diez metros de espesor, por lo general seguido por gravas y arenas progresivamente más finas, hasta limos laminados, hacia el sur-este de la formación, existe mayor concentración de Carbonato de Calcio, con capas de calizas, margas y conglomerados cementados.



Figura 6. Sección de Conglomerados basales de la Formación Guatire. Tomado de Léxico Estratigráfico de Venezuela.

Los conglomerados y gravas presentan capas de espesores individuales variables hasta 3m, en paquetes de hasta 50, que alcanzan un 30% en volumen de la formación, están mal seleccionados, con matriz en el rango de arena fina-arcilla y a veces se encuentran

cementados: los colores varían entre amarillo verdoso y amarillo gris, con cierto grado de oxidación por meteorización. Las arenas y limos constituyen alrededor del 26% en el volumen de la unidad.

Las arenas se presentan con espesores variables de hasta 6m, con estratificación interna pobre y su composición es de arenas líticas arcósicas mal escogidas, con asimetría hacia fino (Figura 7):



Areniscas de la Formación Guatire

Figura 7. Sección de Areniscas de la Formación Guatire. Tomado de Léxico Estratigráfico de Venezuela

Las arcillas constituyen el 40% del volumen total, alcanzando 20 m de espesor algunas capas. Las calizas ubicadas al suroeste de la cuenca muestran laminación y constituyen un 20% del volumen de la unidad. Su composición mineralógica es de caolinita y clorita y su color varía de gris amarillento a gris amarillo moderado. Se plantea que la localidad tipo se encuentra en la carretera Caucaagua – Guatire, entre el contacto discordante sobre las rocas metamórficas presentes en el sitio El Rodeo, cerca de Araitha, Guatire. La sección se caracteriza por seis secuencias de conglomerados e intercalaciones de arenas y limos. Las secuencias se inician con un conglomerado grueso polimixto mal escogido, de unos 5 a 10 m de espesor, generalmente seguido por gravas y arenas progresivamente mas finas, hasta limos laminados. La unidad esta compuesta por un conglomerado basal de color ladrillo, seguido de una secuencia de conglomerados mal consolidados, limos laminados, arcillas limosas y arcillas. La localidad tipo no caracteriza a la unidad. Hacia el suroeste hay mayor proporción de carbonato de calcio, con capas de calizas, margas y conglomerados

cementados y hacia el centro de la cuenca se encuentran espesas capas de arcillas laminares.

En el estudio de microzonificación realizado por el grupo de trabajo de FUNVISIS-UCV (Sánchez, J. et al, 2005), en la cuenca Guarenas-Guatire, se ha demostrado con herramientas geofísicas suficientes, que los sedimentos terciarios y cuaternarios, ampliamente descritos hasta ahora, presentan espesores sedimentarios aproximados entre 364m y 200m respectivamente.

En cuanto al contenido fosilífero, la fuente sugiere una buena productividad biológica de la cual se han hallado unos pocos indicios. En las calizas del suroeste de la cuenca (sector el Palmar), fueron hallados algunos fósiles correspondientes a una fauna fluvio-lacustre. Los gasterópodos (caracoles) identificados son los siguientes. Neritina (vita reclivita), Hemisinus guatirensis (propio de la zona), Hemisinus sp, Pomacea (marisa) cornuarietis, Pomacea (effusa) glauca. También se identificó el pelecípodo Unio sp. Además se indica la presencia abundante de restos vegetales bien preservados en limos.

Formación Chuspita

Toma su nombre del río Chuspita donde aflora una buena sección parcial, encontrándose buenos cortes también en las quebradas Onoto y Morocopo, en la carretera vieja a lo largo del río Grande o Cauca. En ella se presentan claramente areniscas puras de grano grueso a conglomerado fino de cuarzo en estratos potentes constituyendo el 45% de la formación. El resto (50%) lo representa la filita oscura y (5%) caliza oscura en capas delgadas, con cantidades secundarias de dolomita negra y argilita negra pirítica en capas delgadas, las cuales se caracterizan por ser similares a las de la formación Las Mercedes, así como mármoles grafitosos, donde se han encontrado ejemplares de Hamites de edad Albiense superior.

Formación Aramina:

Según Dusenbury, se presentan 30 a 50 m de conglomerados basales que incluyen algunas capas de calizas impuras con fragmentos angulares de esquistos, seguidos de lutitas gris

verdoso, arcillas y areniscas con escasas calizas limosas intercaladas en la parte inferior. El mayor espesor es de 1656m, se encuentra en la quebrada del mismo nombre, tributaria norte del río Tuy, que atraviesa la carretera Caucahua-Capaya, 7km al suroeste de Capaya, estado Miranda. La edad de acuerdo a Bermúdez (1966), se atribuye al Mioceno superior.

Correlación con la Formación Las Mercedes

Los esquistos de la formación Las Mercedes están cruzados por numerosas vetas de cuarzo, calcita y ankerita recristalizadas, bastante incompetentes, que han estado sometidas a intenso plegamiento.

La presencia de esquistos calcáreos facilita la meteorización química y por ende mecánica haciendo la roca muy friable, hasta el punto de dificultar el demuestre; la unidad se hace hacia su tope más cuarzosa y menos calcárea, hasta pasar transicionalmente a la formación Chuspita y hacia su base transicional con la formación Las Brisas.

En la vertiente sur de la Cordillera de la Costa, el límite Plioceno-Pleistoceno está caracterizado por unidades sedimentarias, que por lo menos, en su base indican abanicos aluviales morfoclimáticos. En las cuencas de Santa Lucía, Ocumare del Tuy y Guarenas-Guatire, las Formaciones Tuy y Guatire, sugieren su origen bajo condiciones climáticas propias de los períodos de glaciación del Pleistoceno (Picard y Pimentel, 1988; Picard, 1976-a, Beck, 1985). El conglomerado de Pichao de la Formación Tuy, representa un abanico aluvial de condiciones morfoclimáticas de aridez y subaridez. La Formación Guatire en sus facies proximales presenta características de este tipo de ambiente sedimentario.

En la depresión de Barlovento, los sedimentos aluvionales que componen las formaciones Caucahua y Mamporal pueden interpretarse como correspondientes a eventos morfoclimáticos, en períodos de aridez-subaridez, con lluvias torrenciales esporádicas. La Formación Caucahua se considera como perteneciente a los ciclos morfoclimáticos del Plioceno-Pleistoceno, mientras que la Formación Mamporal se desarrolló durante el

Pleistoceno Tardío en una continuación de los mismos ciclos climáticos(www.pdvsa.com/lexico/q00w.htm .Fuente consultada en 01-2007).

De acuerdo a lo señalado en el Estudio Hidráulico realizado por Falcón (1997), las litologías que se observan en la zona del presente trabajo corresponden a Rocas sedimentarias del Cuaternario, representadas por aluviones recientes del Río Grande o Caucagua y por depósitos más antiguos pleistocénicos, que conforman las Colinas y/o diferentes niveles de terrazas. El aporte de estos sedimentos proviene de la formación Guatire y miembro Pichao, que suman sedimentos al río. Cabe destacar que en su discurrir el río, disecta y trae consigo aportes de formaciones variadas aguas arriba como Las Brisas y las Mercedes.

En cuanto a las estructuradas sedimentarias, en ríos que presentan las fluctuaciones en la geometría del canal, como en este caso, conocido en la literatura como “meandro”, se tiene, que en las barras de meandros existe tanto una reducción en el tamaño de grano como en las estructuras sedimentarias, las cuales pueden ser, desde estratificación cruzada a gran escala, hasta pequeñas rizaduras con laminas entrecruzadas de base a tope; dicho proceso se efectúa cuando disminuye la crecida del río, dando oportunidad a que se sedimente la barra de meandro. (Falcón, 1997)

o Suelos

De acuerdo a lo reportado en el anuario estadístico de Miranda (2006), los suelos de la cuenca del río Tuy son de baja fertilidad, lo cual restringen su actividad agrícola en el valle del Tuy medio así como en la Zona de Aprovechamiento Agrícola Barlovento, ubicada en la cuenca del Bajo Tuy. En la franja aluvial, presenta suelos con texturas francas, bien drenados, fertilidad moderadamente alta con profundidad entre 30 y 60 centímetros, que permite la instalación de algunos cultivos intensivos. Estos valles están rodeados por un relieve más colinoso, cuyos suelos moderadamente fértiles, hacen posible el desarrollo de una agricultura intensiva en laderas. En las áreas montañosas, los suelos son generalmente pedregosos, aunque localmente pueden presentar texturas medias a arcillosas. Son de origen residual, de fertilidad baja a moderada y de poca profundidad (clase VII-VIII).

En la depresión del Tuy Medio, se encuentra gran parte de los suelos fértiles con capacidad agrológica II y III, localizados entre los 300 y 400 m.s.n.m., sus características de buen drenaje, de alta a moderada fertilidad y de profundidad moderada, favorecen el desarrollo de numerosos rubros agrícolas como frutales y hortalizas.

En la subcuena del Tuy Bajo, correspondiente al área de estudio, se encuentran los suelos de las planicies aluviales recientes, los cuales, son suelos jóvenes de perfil A-C profundos, permeables de buena fertilidad, ligeramente ácidos; pertenecientes al orden de los entisoles, sin horizontes de diagnósticos.

Los suelos correspondientes a las barras arenosas son suelos arenosos fundamentalmente salinos con un perfil de color amarillento, Inmediatamente inferior al estrato superficial, fluctúa estacionalmente una mesa de agua salina; el subsuelo está conformado por arenas grisáceas moteadas de gris y ocre que son salinos y de baja retención de humedad, pertenecientes al orden de los inceptisoles.

Estos suelos característicos, se diferencian del resto por presentar un alto contenido de materiales arenosos a limo-arenosos lo que hace este sector muy rico en materia prima para las explotadoras mineras, eso explica su localización allí y además por presentar bancos de arenas muy buenos.

Ahora bien, regionalmente las formaciones que componen a esas áreas hacen que los suelos sean ricos en minerales arcillosos, de mucho contenido cuarcífero y metamórfico, como sus fragmentos de roca lo demuestran. Aunado a ello, y por la asociación de la ribera del río, los sedimentos tienden a ser muy ricos en materia orgánica, producto de la descomposición de restos de vegetación que quedan en los brazos de los meandros y lagos abandonados de las riberas, lo que los hace muy productivos agrícolamente. De allí que se exploten ciertos rubros agrícolas alrededor de la vega del mismo. Así mismo, por estar siempre un nivel constante de agua cerca de estas zonas permiten realizar cultivos durante todo el año sin presentar problemas por la falta de riego. Son suelos muy fértiles.

2.1.7. Aspectos Biológicos

Flora

De acuerdo a los factores climáticos como a la clasificación de Henry Pittier, y atendiendo a los pisos bióticos, el área de estudio corresponde a una selva tropófila. En este mismo sentido y atendiendo a la clasificación de las zonas de vida de Holdrige, corresponde a un Bosque Húmedo Tropical (BH-T) si esta formación vegetal hubiese continuado con su desarrollo normal (Forurb de Venezuela, 1987).

En la cuenca baja del río Tuy, hacia la zona de Barlovento, ha prevalecido una fuerte intervención antrópica a lo largo de estos años, lo que ha influido en la instalación de especies alóctonas provocando la ausencia de vegetación natural primaria, producto de esta acción. Específicamente en la planicie de inundación del río, el bosque tropical húmedo se ha sustituido por plantaciones de cacao y cultivos asociados (conuco barloventeño), agricultura que usa el medio natural en forma tal que se asemeja al bosque tropical húmedo pre-existente confundándose con este.

En la región hay unidades geomorfológicas donde disminuye el crecimiento del bosque, tal es el caso de las terrazas aluviales y colinas bajas, que evidenciando variables como suelos ácidos, baja fertilidad y baja retención de humedad o excesiva pendiente, presenta un pobre desarrollo arborescente. Formación Boscosa que ha sido muy utilizada por la agricultura de subsistencia migratoria, quedando como efecto una vegetación secundaria fuertemente intervenida. En áreas de mal drenaje, se tienden a desarrollar formaciones vegetales propias de áreas pantanosas.

Los máximos representantes de la Flora que comprende a toda la región de la Cordillera Central y valles submontanos que incluyen al área de particular interés en este trabajo, corresponden a:

Araque: *Dictyocaryum fuscum* (Arecaceae) puede crecer de 15-20 m.

Platanillo: *Helioconia resoluta* (Musaceae) 1-2 m.

Cacao: *Theobroma cacao* (Sterculiaceae)

Jabillo: *Hura crepitans* (Euphorbiaceae) 10-40 m.

Yuquillo: *Asclepios curassavica* (Asclepiadaceae)

Flor de Mayo: *Cattelya mossiae* (Orchidaceae)

Naranjillo: *Bravaisia integerrima* (Acanthaceae) 5-10m.

Niño o cucharón: *Gyganthera caribensis* (Bombacaceae) 20-50 m.

Fauna

En cuanto a la fauna representativa de esta región, se pueden nombrar algunos ejemplares como:

Mariposa azul (*Morpho peleides*)

Paují copete de piedra (*Pauxi pauxi*)

Turpial (*Icterus icterus*)

Escarabajo arlequín (*Acrocinus longimanus*)

Tigra mariposa (*Bothops venezuelensis*)

Ardilla (*Sciurus granatensis*)

Lapa (*Agouti paca*)

Bobita (pez) (*Moenkhausia pittieri*)

Camarón de río (*Macrobrachium carcinus*)

2.1.8. Aspectos socio-económicos

➤ Población

De acuerdo al censo aplicado en el año 2001, el Municipio Acevedo, que incluye 8 Parroquias a su tutela, Caucagua, con una superficie total de 1879Km² presenta una población de 86.569 habitantes proyectada para el 2006, un 3,08% del total general del Estado Miranda y con una densidad poblacional de 46,07 **hab/ Km²**, como puede comprobarse en la tabla N° 6 siguiente:

Tabla 6
Población y densidad poblacional

	Superficie. Km ²	Población 2006	%	Densidad Hab/Km ²
MUNICIPIO ACEVEDO	1.879	86.569	3,08	46,07
1. PARROQUIA CAUCAGUA	243	27.562	0,98	113,42
2. PARROQUIA ARAGUITA	365	6.361	0,23	17,43
3. P. ARÉVALO GONZÁLEZ	149	7.561	0,27	50,74
4. PARROQUIA CAPAYA	204	13.598	0,48	66,66
5. PARROQUIA EL CAFÉ	81	5.586	0,20	68,96
6. PARROQUIA MARIZAPA	40	10.642	0,38	266,05
7. PARROQUIA PANAKUIRE	227	6.886	0,24	30,33
8. PARROQUIA RIBAS	570	8.373	0,30	14,69

Fuente: INE Miranda, electrónica.

Otra variable consultada aportó una relación de proyección de casi el 40% de aumento de la población en este municipio hacia el 2015 como se señala en la tabla N° 7:

Tabla 7
Proyección de la población del Municipio Acevedo y por Parroquias

	1990	1995	2000	2005	2015
MUNICIPIO ACEVEDO	61.820	69.153	75.686	93.285	101.046
PARROQUIA CAUCAGUA	17.775	20.979	23.992	25.651	27.755
PARROQUIA ARAGUITA	5.019	5.344	5618	6659	8890
P. ARÉVALO GONZÁLEZ	5.675	6198	6670	7557	9220
PARROQUIA CAPAYA	10.125	11006	11788	13552	17022
PARROQUIA EL CAFÉ	3.903	4409	4880	5574	6913
PARROQUIA MARIZAPA	7.344	8335	9254	10154	11618
PARROQUIA PANAKUIRE	5.132	5673	6163	6899	8217
PARROQUIA RIBAS	6.847	7209	7503	8776	11411

Fuente: INE Miranda, electrónica.

➤ Asentamientos

Administrativamente, el municipio Acevedo corresponde uno de los 21 municipios del estado Miranda y posee dentro de su jurisdicción ocho (8) parroquias. De acuerdo a la tabla N° 6, estos valores señalan a un Municipio con una población realmente en auge, creciente y sostenida durante los presentes y siguientes años, lo que se verá traducido en mayor demanda de recursos y servicios.

➤ Medios de producción

En la zona se encuentran las explotadoras de minerales granulares que intervienen dentro del área de influencia del río y que se encuentran activas. Dos (2) de éstas explotan en el

lecho del río, otra lo hace dentro del cauce y una cuarta arenera está en situación inactiva desde hace dos años.

Tabla 8

Arenera	Ubicación	Material explotado:
Inversiones Rodrife C. A.	Hacienda Altagracia	Fuera del Cauce, en el lecho y canalización. Se estima una reserva de 775.500m ³ sólo en canal, de lo cual 25.770m ³ de arena lavada se explota cada año. Para tal fin se han utilizado retroexcavadoras, cargador frontal, camión y máquina de recuperación de finos.

Areneras que explotan en el río Caucaagua

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO E IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO SUBCUENCA CAUCAGUA

La Marrón C.A.	Hacienda La Marrón y Los Padres, Km. 75, vía Araguaita	En el lecho del río y en canalización en hacienda El Carmen. Se estima una reserva de 394.240m ³ ; así mismo su producción es de 71.356m ³ /año, el 50% es material fino, 10% es arena, 20% gravilla y 20% de grava. Para lograrlo se utilizan palas mecánicas, payloaders de tres tipos, tractor, jumbo, retroexcavadora, camiones roqueros y un aplanta de clasificación y lavado.
Premezclados Ávila C.A. antes conocida como AREMATECA	Hacienda El Potrero, sector Pantoja.	En el cauce del río. Se estima una reserva de 134.400m ³ , de los cuales 438m ³ son explotados por día, siendo 263m ³ arena, 87m ³ de grava y gravilla y 43m ³ de arcilla y residuos orgánicos e inorgánicos. Para ello se implementa el uso de payloaders, camiones, tractor y palas mecánicas.
La Ponderosa	Hacienda Piñate o Agua Negra, margen derecha de la carretera nacional Caucagua-Tapipa, sector Los Cerritos.	Hoy inactiva, se explotaba del lecho y playones del río. Con reserva en áreas de inundación de 90.000m ³ por año en 3 Ha. Su productividad era de 750 /día, de lo que se procesaban 400m ³ de arena, 100m ³ de gravilla, 60m ³ de grava y 165m ³ de limo respectivamente. Con apoyo de palas mecánicas, payloadres, jumbo, retroexcavadoras y camiones roqueros.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se señalan las operadoras mineras (arenera) que intervienen dentro del área de influencia del río encontrándose activas tres de ellas, Aremateca o Puenteareas, La Marrón y El Ávila o Ávilarena; dos explotan en el lecho del río Grande, La Marrón y avilarena; y sólo una lo hace dentro del cauce, Puenteareas; una cuarta arenera está en situación inactiva desde hace cuatro años, La Ponderosa (ver Tabla N° 8 y Figura N° 8). Es necesario acotar, que una quinta arenera llamada El Marquez, fue explotada y no se aplicó el debido cierre de minas, dado que en inspección ocular y por medio de Fotos aéreas se observa aún las lagunas de sedimentación abandonadas que representan un pasivo dejado sin control por parte de la comunidad que la circunda.



Figura 8. Areneras que explotan en el río Caucagua

Fuente: Compilación de ortofotomapas, 1:25.000, Cartografía Nacional IVGSB.

Las operadoras, que sirven de termómetro para este estudio, vienen operando a lo largo del río por lo menos en los últimos 10 años. Las mismas se encuentran explotando los recursos dentro de la poligonal del Área de Aprovechamiento Agrícola de Barlovento y Plan Urbano Caucagua. Cada una de las mismas presenta, dentro de los requisitos para su operación, datos administrativos y legales solicitados rigurosamente por la Oficina Administrativa de la región del Ministerio del Ambiente, en Caucagua, estado Miranda. Estos sirvieron de referencia para conocer las condiciones de explotación, producción mineral y las consideraciones que éstos hacen desde le punto de vista ambiental.

Estas operadoras, lo vienen haciendo a lo largo del río por lo menos en los últimos 10 años. Las mismas se encuentran explotando los recursos dentro de la poligonal de Área de aprovechamiento Agrícola de Barlovento y Plan Urbano Caucagua. Cada una de las

mismas presenta dentro de los requisitos para su explotación datos administrativos y legales solicitados rigurosamente por la Oficina Administrativa de la región del Ministerio del Ambiente, en Caucagua, Estado Miranda.

➤ Índice de Desarrollo Humano (IDH)

La evolución que ha presentado Venezuela en general, en estos últimos 5 años ha ido incrementando su población económicamente activa, que se pasó de un índice considerado mediano alto, de 0,6917 en el 98, a un valor considerado alto, con 0,8144 en el 2005, incrementándose en 0,1227 su valor.

Este carácter no deja de presentarse en comunidades como la mirandina, caracterizada por un crecimiento demográfico asociado en gran medida por su localización geográfica a la capital de la República, asentada en urbanizaciones importantes consideradas como ciudad dormitorio, tanto para los altos mirandinos, como para la zona de Barlovento, representado en sus dos municipios más poblados, como son Plaza y Zamora.

➤ Estadísticas de Morbilidad

En cuanto a la calidad de vida de la población que ocupa esta subcuena Caucagua, se tienen estadísticas compiladas por el Ministerio Popular para la Salud (MPPS), desde 1996 al 2003, de la cual se extrae la siguiente información:

- ❖ De las 570 causas de muertes locales se seleccionaron aquellas que se piensa pueden estar vinculadas con los efectos ambientales ocasionados por la actividad extractiva de agregados en la zona.
- ❖ Aproximadamente más del 50% de estos decesos corresponden a personas del sexo femenino, y la mayor parte entre edades comprendidas de 20 a 25 años hasta 85 años.
- ❖ Entre las principales enfermedades vinculadas a la actividad extractiva, se encuentran: enfermedades infecciosas y parasitarias, diarreas y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, tuberculosis de tipo respiratoria no confirmada bacteriológica e histológicamente, tuberculosis miliar, tuberculosis miliar aguda de un solo sitio especificado, hepatitis viral, hepatitis aguda tipo B y sin agente delta y

sin coma hepático, micosis, otras micosis superficiales, sin otras especificaciones, y por lo menos 27 enfermedades del sistema respiratorio que comprenden a un importante número de muertes por dicha causa.

2.1.9. Marco Legal para la explotación

Previamente a la explotación, como expresamente lo solicita la normativa legal vigente, se tiene la imperiosa necesidad de realizar estudios de impacto ambiental para poder gestionar las correspondientes autorizaciones y permisos a que haya lugar y la puesta en operación de estas zonas para su respectiva explotación mineral. A este respecto, Padrón (2002) señala que “aunque estas empresas tienen estudios ambientales y geológicos elaborados para la explotación minera, en realidad no se cumplen a cabalidad”; las concentraciones de gravas y arenas cuarcíferas cuando se procesan económicamente generan grados cuantificables de contaminación ambiental, entre otras cosas, por las concentraciones de niveles limosos y arcillosos a lo largo de las secciones económicas.

Los tratados internacionales como la Convención de la ONU sobre cambios climáticos y el Protocolo de Kyoto son un esfuerzo por implementar medidas para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Pero en Venezuela, se han establecido puntualmente instrumentos legales que sostienen las acciones que controlan y sancionan aquellas actividades susceptibles de degradar el ambiente.

En este sentido, el artículo 129, capítulo IX sobre los Derechos Ambientales, en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, se especifica expresamente que: *todas las actividades responsables de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural. Y más adelante señala: En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que involucren a los recursos naturales, se considerará, aun cuando no estuviera expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico (...).*

En este sentido la Ley Orgánica de Minas, concretamente señala en su artículo 36, *el Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con el MARN, ejercerá la prevención de la contaminación del ambiente derivada de las actividades mineras;* y adicionalmente el artículo 38 incorpora que *los desmontes, escoriales o relaves de minas son parte integrante de la concesión que los origina y siguen el destino de ésta,* lo cual da una idea bien clara de que quienes son responsables de la explotación en un momento y tiempo determinados, lo son también de todos los efectos o consecuencias que de ello se genera, y son así mismo responsables para asumir los daños ocasionados y las soluciones a los mismos. Esto conlleva a revisar un poco lo que reza la Gaceta Oficial número extraordinario 4.358, de enero 1992, artículo 30, donde se discute sobre el cambio de flujos y sedimentación, el cual dice expresamente: *El que cambie u obstruya el sistema de control, las escorrentías, el flujo de las aguas o el hecho natural de los ríos, o provoque la sedimentación de éste, en contravención a las normas técnicas vigentes y sin la autorización correspondiente, será sancionado con arresto de tres (3) a nueve (9) meses y multa de trescientos (300) a novecientos (900) días de salario mínimo.*

En este mismo orden de ideas, es necesario que se vinculen, a cada estado o municipio a actividades como éstas de explotación, de manera más racional y responsable, para lo cual surge como auxilio, la Ley Orgánica de Descentralización, Delimitación y Transferencia de Competencias del Poder Público, Capítulo III, sobre la Transferencia a los Estados Regionales de Competencias Reservadas al Poder Nacional, que en su artículo 11°, numeral 2, refiere que *“el régimen, administración y explotación de las piedras de construcción y de adorno o de cualquier otra especie, que no sean preciosas, el mármol, pórfido, las arenas (...), entre otras, así como la recaudación y control de los impuestos respectivos, queda a competencia exclusiva de los Estados regionales”.* Esto plantea una mayor responsabilidad de estos entes en el control y planificación adecuada y sustentable de la explotación de los recursos mineros de su zona, queriendo con ello descentralizar y administrar más coherentemente lo que genere el aprovechamiento de estos recursos.

Por su parte en la Ley de aguas, Gaceta Oficial N° 38.595, del 2 de enero de 2007, se establecen las disposiciones generales que rigen la gestión integral de las aguas, como

elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, considerando ésta de carácter estratégico e interés de Estado. Así de esta manera en su Artículo 3, dicha ley expresa que insta al aprovechamiento bajo la gestión integral de las aguas, pero dirigiéndolas a la conservación y aprovechamiento colectivo, así como de las cuencas que las contienen. En este mismo sentido, en el Artículo 4, sobre los objetivos de la gestión integral de las aguas, se garantiza la conservación y aprovechamiento sustentable, además de señalar la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Posteriormente, se crea las Normas Complementarias de la Ley Penal del Ambiente, publicada en Gaceta Oficial 4.418 (27/04/92), donde se encuentran las “Normas para regular la afectación de recursos renovables minerales no metálicos”, en su artículo 7. Así mismo se consideran normas para la extracción de minerales, en su artículo 8, así como la que regula la limpieza del cauce del río y su sedimentación.

CAPÍTULO III. FUNDAMENTOS TEORICOS:

El presente capítulo presenta consideraciones básicas que deben ser tomadas en cuenta para un estudio metodológico de impacto ambiental acumulado en cuencas hidrográficas, a partir de un conjunto de variables integradas, lo que permite no sólo ser vista como el recipiente donde cae y se concentra el agua producto de la precipitación, fisiográficamente hablando, sino explicada desde la morfometría, entendida como el estudio de las formas del relieve. Este concepto es el que mejor se adapta para explicar las formas, consecuencia de la acción de los agentes en el trabajo erosivo fluvial, así como se consideran aquellos factores que producto del desarrollo económico y crecimiento poblacional con sus consecuentes demandas, confieren a las cuencas pasivos que cuesta mucho para ser degradados y reciclados por la propia naturaleza.

3.1. La herramienta de evaluación: IMPACTO AMBIENTAL ACUMULADO

3.1.1. Ambiente

Es considerado como el entorno vital donde se conjugan factores: físico-químicos, estético, culturales, sociales y económicos que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive (Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 1993). La definición resume que el ser humano no puede explotar un recurso sin pasar desapercibido el hecho de que ha alterado de alguna forma, su orden natural, lo cual hace al ambiente altamente sensible a los cambios, que controlado o no se ejecuten en el mismo.

De acuerdo a lo planteado en la “Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental”, los problemas ambientales se han agravado en los últimos 15 años debido a que el crecimiento económico producido en este período no considera la protección del ambiente en forma adecuada y se ha incrementado el binomio de la interdependencia economía-ecología, de dimensiones globales, transnacional, que obliga a hacer posible una serie de acciones que no pueden ser aisladas ni locales.

Los recursos sedimentarios que son arrastrados por los torrentes en una cuenca, al ser acumulados, se convierten en recursos minerales no metálicos valiosos, propicios a las actividades de explotación de interés para la industria de la construcción, del vidrio y para la construcción de obras civiles e infraestructuras (puentes, autopistas, etc.). Su explotación excesiva en cauce, por otra parte, genera impactos que a corto o mediano plazo pueden observarse en una localidad o región, afectando el patrimonio ecológico, biológico y humano de las zonas adyacentes afectando gravemente esos mismos recursos civiles y naturales ya señalados.

Dichos recursos que son aprovechados por el ser humano para satisfacer sus necesidades de vivienda, infraestructura y vialidad, muchos de ellos no son renovables, lo cual los hace mucho más susceptibles y delicados a la hora de explotarlos, se requiere por ello, un tratamiento racional para así evitar la anarquía de uso, que podría conllevar a su irreversible fin.

Cuando ese impacto o afectación es una sumatoria de efectos, la resultante es alarmante, pues se genera un efecto acumulado de alteraciones que son llamadas impactos acumulados. Al respecto el Impacto Acumulado o término “Efecto Acumulado”, data desde antes de 1928, dentro de la literatura hidrológica (Shephard, 1928). A este respecto los impactos acumulados resultan de la acción acumulada de algunas actividades, cada cual puede tener un efecto significativo cuando actúa sólo, pero cuando comienza a acumularse el efecto es más notorio (Dickert y Tuttle, 1985).

Se han discutido ya una serie de metodologías, desde principios del siglo XX, siendo seriamente consideradas para estudios de impacto de zonas con características similares al presente tema de estudio. Dichas herramientas metodológicas que están dispuestas al análisis de valoración de efectos acumulados, comprenden tanto una propuesta analítica que incluye análisis espacial, análisis estructural, biogeográfico, de matrices interactivas, modelado ecológico y opinión de expertos; como otra propuesta de planificación donde son clasificados en evaluación de multicriterio, modelos de programación, evaluación de perfiles de tierras y pautas de procesos.

3.1.2. Principales problemas ambientales

De acuerdo a Padrón (2002), uno de los principales problemas de aprovechamiento económico de algunas explotaciones en areneras, son las fracciones finas, pues “irremediamente, los almacenamientos de finos y extrafinos, no se pueden eliminar fácilmente debido a las concentraciones de cada uno de los niveles económicos”. Sin embargo, el 60% aproximadamente de este material puede ser aprovechado para la elaboración del vidrio o de lozas de arcilla.

Existen numerosas instalaciones en funcionamiento que están deteriorando la calidad de las aguas, atmósfera, así como nuestro riquísimo patrimonio arquitectónico y que generan residuos que no se controlan adecuadamente. Estos subproductos son vertidos en lagunas de sedimentación que tienen la finalidad de filtrar el material sobrante pero cuando ocurre una explotación excesiva estos son vertidos irremediamente a los cursos de los ríos, dando como resultado mayor turbidez del agua y si la potencia en el flujo de la corriente corresponde a una época de crecida, se genera una mayor erosión de las laderas, entre otros efectos.

El transporte más activo de sedimentos ocurre cuando el río está crecido y simultáneamente se produce la mayor erosión en la orilla de socavación, es la oportunidad que tienen los sedimentos gruesos para trasladarse aguas abajo y paulatinamente se depositan cuando la corriente va perdiendo fuerza (Creole Petroleum Corporation, 1976).

Esto se evidencia en los porcentajes de limos y arcillas que varían entre 10 y 54%, lo que indica un almacenamiento de finos y extrafinos arcillosos, conllevando a constantes cambios en la topografía local y serios problemas en el control ambiental (Rodríguez, 2002). De esta manera, si se realizaran los estudios pertinentes a estos depósitos, seguramente se solventarían gran parte del problema, además de reducir los niveles de contaminación ambiental generados por los finos.

Este trabajo no pretende ser tomado como una auditoria ambiental, sino un estudio integrado biofísico y socioeconómico que busca mejorar los sistemas de explotación de

arenas y evitar la sobreexplotación y debilitamiento de los recursos naturales explotados. Inclusive mejorar el aprovechamiento equitativo de estos recursos por las diferentes instalaciones ocupadas por cada arena en un área geográfica respectiva.

3.1.3. Impacto Ambiental

Se dice que existe impacto ambiental cuando la realización de un proyecto o conjunto de actividades altera o incide negativamente en algunos de los componentes del medio ambiente o en su globalidad. Por ello, los estudios de Impacto van encaminados a identificar, interpretar y comunicar los efectos que un proyecto determinado puede causar en un ecosistema y su realización limita inclusive la ejecución del proyecto de explotación minera. Y si la ejecución de estos proyectos de explotación es fuertemente aplicada a toda una cuenca, pues se observará una sumatoria de efectos que se conocen como Impacto Acumulado, CEI en sus siglas en inglés (Cumulative Environmental Impact).

En las evaluaciones de impacto ambiental, se evalúan el funcionamiento de las instalaciones y operaciones existentes y los efectos que propician en el ambiente, con el fin de conocer el grado de cumplimiento de la legislación que le concierne.

El insumo de este estudio, es pues las evaluaciones de impacto ambiental realizadas en un área de explotación en particular, entre otras razones porque se considera una herramienta necesaria para paliar efectos forzados por situaciones que se caracterizan por:

- Ausencia en la sincronización crecimiento poblacional-infraestructura-servicios básicos
- Exigencia creciente de espacios y servicios consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.
- Degradación progresiva del medio natural con incidencia especial en:
 1. Contaminación y mala gestión de recursos atmosféricos, edafológicos, hidráulicos, paisajísticos y geológicos.
 2. Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas, como consecuencia de la destrucción de diversas especies vegetales y animales

3. Perturbaciones relacionadas con desechos o residuos, tanto de origen urbano como industrial.
 4. Deterioro y mala gestión del patrimonio histórico-cultural.
- Ausencia de estudios integrados en las cuencas donde se observa la explotación de forma acumulada en sus efectos.
 - Ausencia total o bajo interés en propiciar soluciones ambientales en estas zonas de explotación con miras a disminuir los efectos acumulados de la explotación de recursos.

Debido a lo importante de esta serie de situaciones perturbadoras, se justifica la ejecución de estudios de impacto ambiental en áreas naturales, entre otras razones porque:

- ✓ Detienen el proceso degenerativo
- ✓ Evitan graves problemas ecológicos
- ✓ Mejoran nuestro propio entorno y calidad de vida
- ✓ Ayudan a perfeccionar el proyecto
- ✓ Defienden y justifican una solución acertada
- ✓ Canalizan la participación ciudadana
- ✓ Su control aumenta la experiencia práctica
- ✓ Así lo exigen las disposiciones en rigor
- ✓ Generan una mayor concientización social del problema ecológico
- ✓ Aumentan una mayor demanda social consecuencia del parámetro anterior

Todas estas razones justifican el presente trabajo siendo necesaria la evaluación de impacto ambiental para así responsabilizar al Proyecto de explotación de que cumpla con las disposiciones y normas medioambientales locales, autonómicas, nacionales e internacionales.

3.1.4. Estimación de Impacto Ambiental (EIA)

Esta tarea es realizada por el ente o autoridad competente en materia de ambiente, que mediante procedimiento abreviado, determina lo conveniente o no de permitir la actividad proyectada. En Venezuela, esta tarea es realizada por el Ministerio del Poder Popular para

el Ambiente (antes MARN), que en sus diferentes oficinas auxiliares de todo el territorio, hacen seguimiento de los proyecto de explotación que son presentados debidamente acompañados por un informe de impacto ambiental, dentro de los expedientes que son insumo de información técnica, administrativa y legal de este trabajo de investigación.

3.1.5. Estudio de Impacto Ambiental Acumulado

Un estudio de IAA correlaciona los efectos ambientales particulares de una serie de acciones que afectan un área geográfica de mayor extensión y en la que se encuentran entre otras consecuencias biofísicas y socioeconómicas, aquellas que se afectan las unas a las otras. Hay una fuerte tendencia de que se realicen EIA, incorporando en ellos EIAA. Los primeros estudian las consecuencias de una acción. Pero con los segundos, se evidencia en el tiempo la mayor devastación ambiental, efectos que son producto no de una acción particular sino de la combinación de efectos menores, de múltiples acciones durante un tiempo y espacio determinados.

Mahatha & Dutta, (2003), hacen referencia a la importancia de incorporar a los estudios de impacto ambiental (EIA), estudios de impacto acumulado, pues la tendencia es a considerar los factores que interactúan en su conjunto y no aisladamente. A este respecto se plantea que los EIA son desarrollados dentro de una poderosa y planificada herramienta de acción-decisión desde hace varios años, luego de su introducción por lo menos hace 30 años. En ella se proporciona información biofísica y socioeconómica acerca de un área donde se desarrolla un proyecto, bajo ella se actúa como una herramienta de decisión ambiental para el desarrollo y proporciona un documento público de consulta y toma de decisiones para las autoridades apropiadas.

Según comunicación personal con A. Castillo (2005), se hace mención especial a todas estas publicaciones y específicamente señala la preocupación actual de revisar los indicadores de extracción de minerales industriales como los de piedra, arena y finos, que pudieran estar causando graves efectos en el entorno, debido a que el “poco interés estratégico de estos recursos” y de conservarlos, conlleva a una mayor demanda y

degradación de cuencas hídricas relacionadas, así como las poblaciones que dependen de ella.

La explotación mineral de materiales disgregados como arena, limo y arcilla son reconocidos como uno de los procesos de explotación más rentables, especialmente por lo poco complicado de la maquinaria a utilizar y porque estas áreas de explotación se encuentran por lo general muy cerca a las zonas de mayor demanda de productos, lo que reduce considerablemente los costos de transporte.

Así se tienen, las cuencas internas de Valencia, Guarenas y el Tuy, ubicadas en depresiones de la Cordillera de la Costa, que guardan depósitos de arena, grava, arcillas y diatomitas, la mayor parte de ellas en explotación activa, con su participación en la industria de la construcción de las áreas metropolitanas de Caracas, Valencia, Maracay y Ciudades Satélites como Guarenas y Guatire, respectivamente (Rodríguez, 1986).

A continuación los autores Mahatha & Dutta (2003), señalan los insumos de la estructura básica para dirigir un EIAA, generalización adaptada a diversos recursos fuente y que son planteadas de acuerdo a los siguientes parámetros:

➤ Alcance:

Expandir los estudios de impacto ambiental para incorporarlos a Impactos Acumulados puede ser acompañado por el uso de la civilización como proceso de alcance. La amplia naturaleza regional y la complejidad en las evaluaciones permite que los alcances puedan ser aplicados estrictamente para evitar evaluaciones innecesarias. Este es un proceso de interacción que puede ser llevado por agencias consultoras, comentarios públicos, concedores analistas, y opinión de expertos entre otros.

➤ Identificación del significado del tema que concierne o está asociado al proyecto propuesto:

- Los impactos directos que proponen en el proyecto.
- Los recursos afectados, ecosistemas y comunidades humanas.
- El impacto en estos recursos importantes para una perspectiva de impacto acumulado.

➤ Establecimiento del límite espacial del análisis:

Este es un factor importante que necesita ser considerado durante el alcance. Las fronteras no pueden ser prescritas y pueden ser incluidas dentro de un proyecto base. Los límites de los diferentes recursos no necesariamente son los mismos. Para determinar los límites de estos recursos se debe:

- Determinar el área que podría ser afectada por esta acción. El área está en la zona de impacto proyectada.
- Hacer una lista de los recursos dentro de la zona que podrían ser afectados por el proyecto propuesto.
- Determinar las áreas geográficas ocupadas por los recursos bajo la zona de impacto en el proyecto. En muchos casos la amplitud de estas áreas podría ser apropiada para el estudio.

➤ Establecimiento de los límites temporales para el análisis:

Hasta que punto el tiempo pasado es necesario para ser considerado, podría depender del uso histórico y de la disponibilidad de la información. Así mismo, los efectos de algunas de las actividades del pasado podrían estar disponibles en la revisión de condiciones límite.

➤ Identificación de otras acciones que pueden contribuir a impactos acumulados:

Identificando otras acciones pasadas, presentes y futuras que hallan causado o puedan causar impacto y puedan interactuar con impactos causados por una acción crítica, es peligroso para establecer los límites geográficos y de tiempo para el CEI (Mining Environmental Management, 2003).

Es de hacer notar que los factores que impactan en proyectos de explotación individuales pueden combinarse juntos en el tiempo y en el espacio. Para su evaluación se han encontrado dentro de la literatura, herramientas como las listas de chequeo, que ayudan a identificar los elementos que sufren alteraciones como en aperturas de minas

Básicamente con este método de trabajo se pretende:

- ❖ La delimitación espacial del análisis, no siendo las mismas fronteras para todos los elementos.
- ❖ Establecimiento de una lista de recursos o elementos naturales dentro de la zona afectada por la explotación.
- ❖ Determinación de las áreas geográficas ocupadas por esos elementos afectados.
- ❖ Establecimiento del marco temporal de acción.
- ❖ Identificación de otras acciones que puedan contribuir al impacto acumulado, esto a partir de acciones pasadas, presentes o futuras comparables al impacto estudiado.

3.1.6. Metodologías de ejecución al aplicar EIAA

Dentro de la literatura básica sobre estudios de impacto ambiental, se hacen referencia a una serie de metodologías que se encuentran resumidas en listas de control, diagramas de redes y matrices de interacción (causa-efecto). Estas últimas seleccionadas para la evaluación de impacto ambiental acumulado (IAA) objeto de esta investigación.

Matrices interactivas

Las matrices interactivas (causa-efecto), unas de las primeras que surgieron, muestran las acciones del proyecto o actividades en un eje y por el otro eje los factores ambientales relacionados. Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se indica en dicha intersección dando además un valor de magnitud e importancia al mismo, lo cual hace cuantificable las apreciaciones efectuadas en las causas y consecuencias que muchas veces carecen de un “valor” designado.

Matrices simples

La matriz interactiva desarrollada por Leopold et al (1971), es un ejemplo. En ella se recoge una lista de por lo menos 100 acciones y 90 elementos ambientales, en las que se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Se coloca una diagonal en la casilla de interacción cuando se prevé un impacto, siendo ésta la relación magnitud/ importancia del impacto. Esto con el objeto de describir la interacción

en términos de magnitud e importancia asignándole para ello valores cuantificables y que conlleven a una connotación o descripción más racional.

Puede utilizarse entre otros casos para identificar impactos beneficiosos y adversos mediante el uso de símbolos adecuados (+ ó -) y adicionalmente se puede emplear para identificar impactos en varias fases temporales del proyecto, por ejemplo en fase de construcción, explotación y abandono, y para describir los impactos asociados a varios ámbitos espaciales, o lo que es igual, en el emplazamiento y en la región.

3.2. Aspectos morfométricos de una cuenca:

El estudio de la *Cuenca*, referido a toda aquella parte del terreno donde aguas superficiales se concentran y pasan por un punto determinado del cauce principal que la drena, se discrimina dependiendo cual sea su punto de salida, como son, las endorreicas, tipo Lago de Valencia, todas las aguas drenan hacia adentro; o las exorreicas (ver figura N° 9), tipo río Tuy o Caucaagua, donde las aguas salen hacia el punto más lejano o desembocadura, por lo general a otro cuerpo de agua.

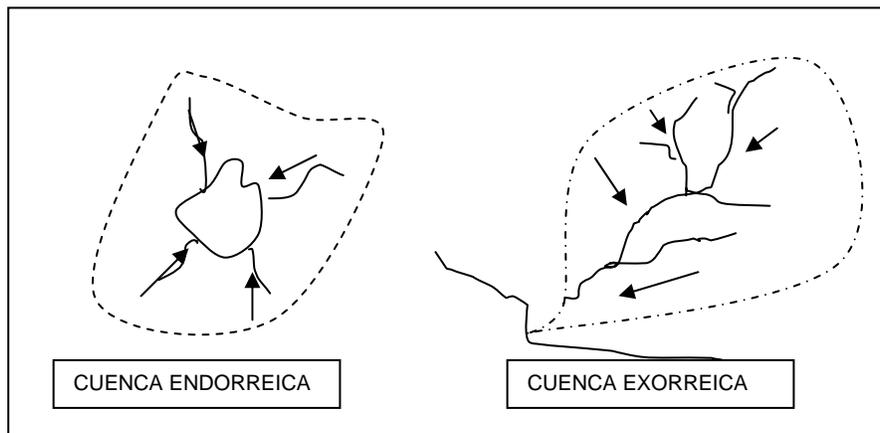


Figura 9. Tipos de Cuencas
Fuente: Elaboración propia.

“La morfometría fluvial, entendida como la medida de las propiedades geométricas de la superficie sólida de un sistema de erosión fluvial, permite incluir una serie de elementos y

factores del fenómeno hidrológico en una cuenca, la cual es la unidad básica de estudio de la hidrología, en la que se establecen relaciones de entrada y salida de materia y energía, a través del ciclo hidrológico. Estas relaciones se hallan jerarquizadas, pues se establecen en escalas distintas, para flujos de similar comportamiento” (Ruiz, 2002).

Cabe destacar, que existe cierta dificultad para relacionar las características físicas, de comportamiento estático, con las características hidrológicas altamente estocásticas de una cuenca, reflejando la imposibilidad de obtener relaciones más adecuadas. Pero, sin embargo se ha obtenido una visualización cualitativa del fenómeno hidrológico, partiendo para ello de unas relaciones cuantitativas, que incluyen a elementos o parámetros básicos.

3.2.1. Elementos Morfométricos:

Los tres elementos básicos considerados de una relación cuantitativa hidrológica, según Ruiz (2001) corresponden a:

- a. Propiedades superficiales de una cuenca de drenaje: área superficial y descripción de contornos, que resultan de los estudios planimétricos.
- b. Propiedades del relieve: que se refieren a las alturas relativas de las líneas y superficies con respecto a la base horizontal de referencia, es la dimensión vertical del paisaje, respecto a un datum, o diferencia de cotas, gradientes o pendientes, ya sea del cauce o de las pendientes.
- c. Propiedades lineales de la red fluvial: comprenden a las longitudes y combinaciones de segmentos lineales, resultantes de las diferentes líneas de flujo de ríos y quebradas, tanto de régimen perenne como intermitente.

El límite de la desembocadura permite generar la *divisoria o parteaguas* de dicha cuenca. Así pues, esta línea es la correspondiente a la máxima altura que permite la división de las aguas que precipitan hacia dos vertientes opuestas, lo cual hace que se separen en dos redes de drenaje distintas. Su trazado es posible con el auxilio de curvas de nivel bien definidas.

El *área de una cuenca*, comprende la superficie dentro de la divisoria de agua hasta un punto de la corriente, y puede ser expresada en km^2 o hectáreas. La misma es obtenida por el método de la cuadrícula transparente o por cálculo planimétrico.

Las *longitudes de los cauces* se pueden conocer a través de un instrumento conocido como Curvómetro que mide las longitudes de los cauces, la pendiente media del cauce principal y el perímetro de la cuenca.

El concepto de *tiempo de concentración* vinculado con el de escurrimiento, comprende la intensidad y cantidad de lluvia que permanece constante en todos los instantes, donde el escurrimiento total expresado en milímetros de espesor sobre la hoya, será el mismo sin tomar en cuenta el tamaño de la hoya.

Si en cuencas diferentes, los factores morfoedafoclimáticos permanecen invariables, el escurrimiento para ambas cuencas sería el mismo; lo único que variaría sería la tasa de suministro de agua, desde la parte más remota de la cuenca al punto de interés. En este sentido, los hidrogramas más violentos corresponderían a la cuenca menor, pues el tiempo de viaje o traslado del escurrimiento sería menor.

Los caudales mínimos corresponde a las aguas recibidas por precipitación y que forman parte del caudal o gasto del río en época de estiaje, se presentan un tiempo de duración tal que tiene que ver con factores como el tiempo de escurrimiento, la duración de la lluvia, las aguas subterráneas y la época del año o estacionalidad determinada. En época de estiaje, cuando el río corta su propio cauce, se mantiene aún la cantidad de agua corriente en la misma proporción del área de la cuenca, claro está teniendo igualdad de condiciones en el resto de los parámetros morfoedafoclimáticos. Se considera un caudal de permanencia o mantenimiento, alimentada por el agua subterránea de la corriente.

En *los caudales máximos*, la situación en época de máximas precipitaciones permite que el escurrimiento aumente en cualquier cuenca, pero en aquellas de menor tamaño, los hidrogramas muestran mayores crecidas y en las de mayor tamaño, los picos de esos caudales son mayores cuantitativamente hablando. En este mismo sentido, la intensidad de

la lluvia varía en forma inversa a la cantidad de área abarcada por la tormenta, es decir, que mientras menor intensidad mayor será el área cubierta por la lluvia.

Otro elemento de importancia es la *pendiente media del cauce*, el cual es estudiado por su relación con la velocidad del agua que circula por él. A través de la pendiente media del río principal se puede conocer si éste es el principal gran concentrador o integrador del escurrimiento superficial de la cuenca hidrográfica. Como la pendiente varía con el cauce, es preciso que se defina un promedio.

Existen ciertos aspectos que se deben tomar en cuenta para la comprensión de la dinámica hidráulica e hidrológica de una cuenca y que se ha resumido en una serie de variables, discutidas ampliamente por Suárez (1993) y señaladas a continuación.

3.2.2. Variables IDF, Relación entre: Intensidad, Duración y Frecuencia de la lluvia.

Así se tiene por ejemplo, la duración de la lluvia, que comprende el tiempo durante el cual la misma precipita sobre la zona en estudio y la intensidad a la cantidad de agua que cae durante ese tiempo. Las magnitudes de estas dos expresiones resultan en la duración en minutos o en horas, y la intensidad en mm/hora o litros por segundos por hectáreas, siendo: $1\text{mm/hora} = 2,78\text{ lps/ha}$.

Los registros pluviales se realizan en función del tiempo, pues ello es indicativo de cómo se comporta la intensidad. Por ejemplo, la intensidad decrece a medida que aumenta la duración de la lluvia, como también cuando aumenta el tamaño de la cuenca, debido a que la intensidad máxima focalizada en el centro de una tormenta, se va reduciendo hacia la periferia de la misma.

Por otra parte, la frecuencia de la lluvia, también conocida como período de retorno o intervalo de ocurrencia, se define como el número promedio de años entre la ocurrencia de una precipitación igual o mayor que la primera y se denomina T_r .

La determinación de estas tres variables es uno de los aspectos fundamentales para los cálculos de los *caudales de las crecidas*, pero se escapan de los objetivos de este estudio. Sin embargo, es importante señalar que algunos factores pueden modificar el comportamiento hidrológico de la cuenca, relacionadas con las variables IDF, de tal manera que generen respuestas extraordinarias o intensificadas del patrón de comportamiento normal.

El escurrimiento que ocurre sobre la superficie del terreno y a través de las capas más superficiales del mismo, depende de la cantidad y tipo de vegetación existente en la cuenca, de la configuración topográfica del terreno y de su permeabilidad, siendo también función de los antecedentes de humedad del suelo, intensidad de la lluvia y de la capacidad de retención de la vegetación la cual es función del grado de saturación del suelo.

Otros parámetros importantes como pendientes promedios y media de los tributarios, orientación de las vertientes hacia las tormentas, son de interés estadístico y no se consideraron en este estudio.

3.3 Aspectos Hidrológicos

Los aspectos que tienen que ver con la propiedad de los flujos de agua para transportar sedimentos y que influyen en su comportamiento hidráulico, dependen entre otros factores de la etapa de madurez del río, afectando en consecuencia el comportamiento de la cuenca donde es recibida sus aguas. Al ciclo sin principio ni fin, por medio del cual el agua se evapora de la superficie terrestre (océano, mares, lagos, ríos, vegetación, suelos), pasa a la atmósfera (nubes) y regresa a las fuentes originales por medio de la precipitación (lluvia, nieve y granizo) y escurrimiento, se conoce como *Ciclo Hidrológico*.

Ríos, torrentes y ríos torrenciales:

Los ríos se caracterizan por tener caudales importantes, aún en períodos de estiaje, observándose variaciones relativamente lentas, pues el curso del agua se encuentra alimentado por una extensa red de afluentes que drena una cuenca de mayor tamaño. Esto

permite que se presente una cierta inercia a los cambios climáticos, en especial al de las precipitaciones, que para poder “sentirse”, deben cubrir una parte significativa de la cuenca, pues en lluvias aisladas de pequeña extensión superficial no se afecta el caudal, pero las crecientes se forman lentamente y son de larga duración (días, meses).

Con una pendiente longitudinal constante, en tramos relativamente largos y de pequeña magnitud, no sobrepasando el 1%, ocasiona que los materiales transportados sean finos, como arena, limo y arcilla, predominando el transporte en suspensión sobre el de fondo (Ruiz, 2001).

En cuanto al cauce, comprenden dos partes, una profunda y definida, conocida como cauce de estiaje y otra más amplia y difusa que es ocupada durante las crecientes llamada llanura de inundación. Si el recorrido ocurre en zonas muy planas, se generan cursos divagantes, formando curvas alternadas llamadas *Meandros*. Estas curvas se caracterizan por presentar procesos de erosión en las márgenes cóncavas y de sedimentación en las convexas, o que en la parte más estrecha ocasiona estrangulamiento, haciendo que el flujo abandone el meandro, siguiendo una trayectoria ahora más recta, lo que da origen en la planicie de inundación a una madre vieja o meandro abandonado (Suárez, 1993).

Los ríos Tuy y Cauçagua, presentan comportamiento divagante, siendo alimentados en su devenir por cursos que bajo esta caracterización corresponden a ríos torrenciales, y estos a su vez por torrentes, los cuales presentan características resaltantes, como lo denso de la red que componen (Ver Figura 3, Capítulo II y en mejor detalle, el plano 3 del Anexo 2).

Los torrentes son cursos de agua provenientes de zonas montañosas, por tanto de pendientes longitudinales fuertes, mayores al 5% de carácter irregular. Con material grueso en su cauce como peñones, cantos, grava y arenas entremezclados, predominando el arrastre de fondo del transporte en suspensión. En cuanto a su extensión, son pequeños y muy abruptas sus pendientes, lo que hace su respuesta rápida a precipitaciones puntuales, dando como resultado crecientes violentas y de corta duración (horas) (Suárez, 1993).

Los *ríos torrenciales*, es una categoría intermedia, de carácter transicional entre los ríos y torrentes explicados anteriormente y que caracterizan muy bien a los cursos que aportan sus aguas al río Caucagua, desde su nacimiento por el río Guarenas, hasta su desembocadura en Boca de Caucagua, cuando intercepta al Tuy. Una de sus características resaltantes es que presentan cauces múltiples (trenzados) y pueden cambiar de posición constantemente, siendo el material del lecho grueso, formado por grava, cantos rodados y arena. Su sección transversal es muy irregular y cambiante. Uno de los ríos tributarios del Caucagua es el Araira, el cual presenta carácter torrencial.

La fisonomía de un torrente comprende:

- Una parte alta y muy extensa, cuyo objetivo es la captación del flujo de las aguas precipitadas de los aportes menores que lo integran, correspondiente a la cuenca contribuyente.
- Una zona profunda y de menor pendiente a la anterior que encauza las aguas que trae consigo los materiales movilizados y que dependiendo de la velocidad, longitud e intensidad de los aportes, los materiales son facetados, redondeados y depositados en él, correspondiendo esta zona al verdadero torrente o “garganta”.
- Por último, el cono de deyección es la parte final o más distal del torrente, comprende la desembocadura del mismo en la planicie o valle transversal, donde la pendiente se reduce bruscamente y sedimentan materiales, acumulándose en una especie de cono o vértice en la garganta y base en la parte más distal.

En la dinámica de todo curso de agua, éste comienza siendo un torrente en la zona montañosa, pasa a la categoría de río torrencial en el piedemonte y se transforma en río en la planicie de inundación aguas abajo, por lo que todo afluente de un río es torrencial y los de aquellos, torrentes (Suarez, 1993).

Estas relaciones cualitativas se pueden convertir en cuantitativas, pues un flujo de agua en movimiento, es considerado un torrente, el cual representa cierta potencia, proporcional a la masa (es decir, al caudal) y al cuadrado de la velocidad. El caudal a su vez es proporcional

a la sección inundada y al cubo de la velocidad $P = SV^3$, (S es la sección inundada y V la velocidad).

3.4. Parámetros Hidrológicos:

Dentro de estos parámetros, se tiene el régimen de flujo que se relaciona con la profundidad del canal (y su radio hidráulico) con la velocidad, la cual es controlada por la fricción en la superficie de arrastre y contra las paredes del canal (Coeficiente de Chezy) y con la configuración del cauce (Coeficiente de Manning de aspereza de fondo).

Por su parte, el régimen de flujo está relacionado con una serie de factores como: el tamaño de grano, la carga sedimentaria, el nivel del río y el tipo de corriente, pero fundamentalmente controla la forma de las estructuras sedimentarias en el fondo del Río.

Los ríos raramente se mueven en cauces rectilíneos, esta regla no es la excepción en el Río Caucagua, donde se observa claramente que el flujo de la corriente es de comportamiento meándrico es por eso que el “thalweg” o línea que une la parte más profunda del canal, cambia de un lado a otro del mismo. Esto permite que una de las orillas se erosione y por la otra se sedimenten de forma gradada sedimentos que van desde las arenas a los limos que sellan y dejan abandonado el meandro como parte de la llanura de inundación de este importante río.

Con el transcurrir del tiempo, la corriente se ha ido comportando de forma gradada, permitiendo que se construyan diques naturales a lo largo del cauce, lo cual lo ha elevado por encima del nivel de los pantanos que lo rodean. Esta condición le ha permitido repetidas veces al río Grande, en su sección del Río Caucagua que abandonara ocasionalmente su cauce original y por “avulsión” se desarrollara una nueva faja de meandros que hoy distan mucho de los levantamientos registrados en las cartas topográficas de 1978. Es interesante observar que con modelos sencillos como estos se puede predecir también de manera sencilla, cuál será el comportamiento del flujo de la corriente, basado por ejemplo en los modos de migración del canal.

El río Caucagua es de tipo permanente, con un caudal importante, donde la baja pendiente permite que las corrientes desarrollen meandros con moderada carga de sedimentos (una mezcla de varios tamaños de grano) y con fluctuaciones moderadas en la descarga, que tienen relación con las variaciones climáticas, momentos de altas precipitaciones o marcadas sequías. Adicionalmente la velocidad de corriente es mayor a lo largo del “thalweg”, y proporcionalmente con el transporte de sedimento, especialmente el más grueso. Este carácter se ve más intensificado cuando se presentan las crecidas que acompañan a un mayor flujo de la corriente, intensa erosión en la orilla de socavación y cuando esta velocidad disminuye, crecen lateralmente las barras de meandros y por tanto los depósitos, siendo éstos, depósitos gradados.

Es muy característico de estos ambientes sedimentarios que a lo largo de una barra de meandros exista una reducción en el tamaño del grano desde la base al tope, así como también una disminución en la magnitud de las estructuras sedimentarias (afinamiento), desde estratificación cruzada en gran escala hasta pequeñas rizaduras con láminas intercruzadas. Seguidamente la sedimentación continúa a lo largo de toda la barra, y a medida que se acentúa el meandro, las arenas de barra se amplían por un proceso de acreción lateral.

Esto permite la construcción arquitectónica natural de los depósitos de arenas dentro y fuera del cauce que son el interés económico principal que el hombre busca en estos ambientes, para extraerlos y procesarlos, ya sea de manera racional o empírica.

3.5. Variables que influyen en el mecanismo hidrológico

Si el agua fuese perfectamente fluida, sin resistencia al lecho ni carga de partículas sólidas o disueltas, la velocidad se aceleraría indefinidamente, en función de la pendiente. Pero en realidad, una parte de la potencia hidráulica es empleada en vencer las resistencias debidas a la viscosidad del agua, rugosidad del lecho y en el transporte de carga de la corriente. En el primer caso, la potencia bruta y la neta sería la misma, en el segundo caso la potencia

bruta sería mayor y la neta iría disminuyendo a medida que el curso se desplaza por la pendiente.

1er Caso: Si la potencia neta es inferior a la bruta, producto de ser absorbida por rozamientos y transporte de carga, se dice que la potencia neta es positiva y en ella, la corriente de agua puede excavar en un punto dado y al hacerlo, arranca los materiales de su lecho para transportarlos, con lo cual aumenta la carga y la energía producto de rozamiento. Al excavar, la pendiente del punto aguas abajo disminuye, siendo proporcional la velocidad y con ello la potencia bruta. Si la potencia bruta disminuye, aumentan las fuerzas inhibitoras, hasta que llega un momento en que la potencia neta es cercana a cero, donde toda la energía de la corriente está absorbida por los rozamientos y el transporte de carga.

2do. Caso: Si por el contrario, en un punto la potencia absorbida por los rozamiento y por el transporte de carga sobrepasan la potencia bruta, la potencia neta es negativa, en consecuencia la corriente debe abandonar en el sitio parte de su carga. Al hacerlo, eleva el lecho, aumentando la pendiente, la velocidad y por ende la potencia bruta. La potencia bruta tiende a igualarse con la potencia absorbida, de forma que la potencia neta se iguale a cero. Es así como la corriente hace que el lecho se colmate o excave en un punto considerado tal que la pendiente no colmate ni se excave más, alcanzando la llamada pendiente de equilibrio.

Una corriente de agua esta representada en cada punto del cauce por un complejo de partículas de agua animadas, las cuales se movilizan a distintas velocidades, pudiendo presentar movimientos laminares o turbulentos. La carga transportada por el agua no menos compleja, pues está formada por materiales en disolución, sólidos en suspensión y sólidos transportados sobre el fondo del cauce, presentando diferentes calibres y formas, desde redondeadas hasta alargadas y planas.

En cuanto a la naturaleza del lecho, esta puede variar de un punto a otro del perfil transversal, lo cual explica que la corriente no tenga un caudal constante, pues existen períodos de poco flujo, períodos de aguas medias y períodos de crecientes normales y de

crecientes excepcionales. Dependiendo del caudal, ocurrirán o no, procesos de transformación del lecho (Derruau, 1978).

En los tramos rectos del cauce se producen arrastres de sedimentos que difieren de aquellos que se producen en los tramos curvos y que causan la formación de meandros. La velocidad del agua en la parte cóncava de la curva es mayor que la que se registra en la parte convexa.

La dinámica de las corrientes fluviales:

La velocidad con la que fluye el agua en una corriente fluvial depende de tres factores o variables: la naturaleza del material que constituye el lecho, de la cual depende la rugosidad n del mismo; la pendiente hidráulica (i) y el Radio hidráulico, determinado por el cociente entre el área del líquido en una sección determinada y el perímetro mojado en la misma sección. La expresión que define la velocidad del flujo se debe a Chezy-Eysselwin y es la que se presenta a continuación:

$$V = C \sqrt{RI}$$

En la que V es la velocidad en metros por segundo, C es el coeficiente de Manning, R el Radio hidráulico en metros e I la pendiente hidráulica. El coeficiente C , a su vez viene dado por el factor de rugosidad n y la raíz sexta del radio hidráulico, razón por la cual la velocidad puede ser representada por la expresión:

$$V = n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Por cuanto $C \propto n \cdot R^{1/6}$, e introduciendo este valor en la ecuación anterior, se tiene:

$$\begin{aligned} V &= n \cdot R^{1/6} \cdot R^{3/6} \cdot i^{1/2} \\ &= n \cdot R^{4/6} \cdot i^{1/2} = n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \end{aligned}$$

Como quiera que el radio hidráulico venga expresado en metros, se asemeja a la profundidad del agua en el lecho y por ello algunos autores, dicen que la velocidad depende de la profundidad elevada a $2/3$ y de la pendiente hidráulica elevada a $1/2$.

Formas dinámicas de la corriente:

La marcha fluvial es en parte laminar y en parte turbulenta. Ello quiere decir que las líneas de flujo son paralelas al eje del canal en el caso del flujo laminar y toman direcciones oblicuas al eje entrecruzadas a él, formando torbellinos cuando el flujo es turbulento. Por

otra parte, las ondas de la superficie, que en casos de fondos rugosos se convierten en verdaderas olas, son otra forma de avance turbulento.

Sea laminar o turbulento el flujo, la velocidad de una corriente no es constante en toda la sección inundada, pues la velocidad media (útil para calcular el caudal), es tan sólo 0,6 a 0,8 veces la velocidad máxima. No precisa estar en el centro, más bien describe una línea sinuosa que se acerca tanto a una orilla como a otra, pasando por las máximas profundidades. En vertical, la velocidad es máxima algo por debajo de la superficie, pues el roce del aire la hace disminuir un tanto, y por otro lado, cerca del fondo tiende a disminuir por rozamiento hasta hacerse muy lenta bruscamente cerca del lecho, tanto que pasa en pocos centímetros de una velocidad mitad de la máxima a una casi cero.

La corriente de agua tiene una potencia que sobrepasa la energía gastada en rozamientos internos o contra el fondo, es capaz de transportar materiales y a veces de ponerlos en movimiento al arrancarlos. Esta potencia, teóricamente conocida en función de la velocidad y caudal, en la práctica es difícil de calcular en cada punto del fondo del lecho, ya que no sólo varía la velocidad, sino también la profundidad, la turbulencia aumenta o disminuye la velocidad, dando por tanto a la dirección de ataque una orientación oblicua.

En cuanto a la influencia de la profundidad, es poco conocida, al mantener los otros datos constantes, con la profundidad debe aumentar la potencia de arranque, ya que aumenta la presión sobre el fondo, pero también aumenta la coherencia de los granos, sobre todo cuando contiene cierta proporción de arcilla (Derruau, 1978).

Por otra parte, se tiene la carga que proporciona al fluido capacidad de arrastre, aumentando la densidad de este y por ende la capacidad inhibidora que llega a ser tal que paraliza la erosión cuando es muy abundante. Siendo así pues, una carga limitada aumenta la densidad del fluido, y con ello la masa del líquido y en consecuencia la potencia, siendo capaz de transportar elementos tan pesados como los grandes bloques generados en el deslave que ocurrió en el Estado Vargas. Así mismo, la carga provee al agua de partículas cortantes capaces de excavar más activamente que el agua pura.

Aunque no es sencillo calcular y analizar la potencia erosiva y de transporte de una corriente de agua, puede considerarse un buen índice, la dimensión de los materiales transportados, siendo una relación relativa, el peso límite de estos la sexta potencia de la velocidad (Derruau, 1978).

En este sentido, el diagrama de Hjulstrom que se muestra en la figura N° 10, establece la relación entre la dimensión de la carga y la velocidad que pudiera traducir ésta, dado que la dimensión de los materiales transportados varía sensiblemente con la velocidad.

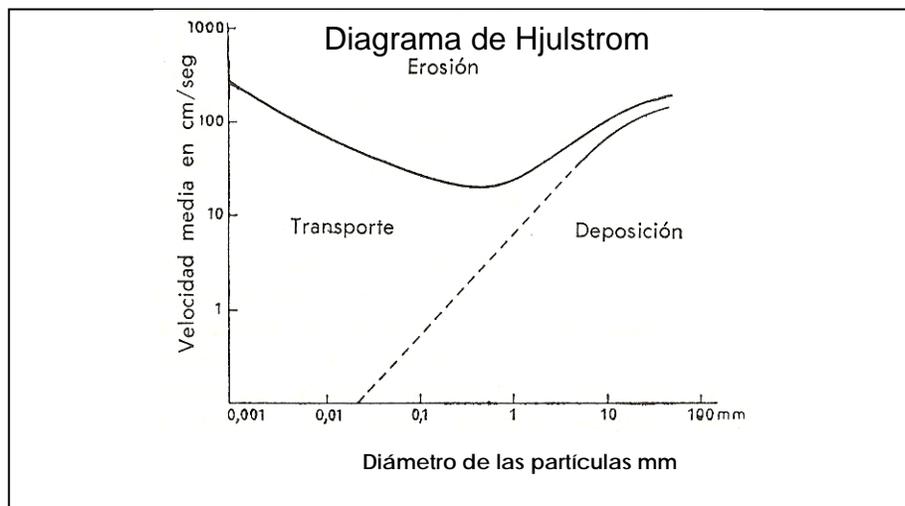


Figura 10. Diagrama de Hjulstrom
Modificado de: Derruau, 1979

De esta manera, se puede conocer cual será la velocidad necesaria para continuar transportándolos, bien la necesaria para poner en marcha los que están parados en el fondo, o bien si se considera un transporte rápido, o uno más lento que la corriente, una especie de creeping bajo el agua. La densidad de los materiales o según sean redondeados o angulosos también pueden inducir respuestas en el transporte .

Así se tiene, por ejemplo, que para transportar partículas de 0,1mm se requieren 0,15m/s de velocidad de fondo y para 2,5cm (redondeado) se requeriría de 0,70m/s (1m/s en la superficie). Cifras que indican que aun durante el estiaje, el río puede transportar arenas. Sin embargo, mientras que para los materiales gruesos la erosión por levantamiento se

alcanza cuando la velocidad es suficiente para el transporte, para arrancar los materiales finos es precisa una velocidad muy superior a la de transporte (Derruau, 1979).

Formas de transporte de carga:

Como se señaló en la sección anterior, el transporte de carga se efectúa como arrastre de fondo por saltación o rodamiento, generadas por corrientes ascendentes que disminuyen la presión de los más pesados sobre el fondo haciéndolos levantar y/o arrastrar por el lecho. En términos transicionales se presentan materiales siempre rodados sobre el fondo, con traslaciones sucesivas, movimientos rodados arrastrados a veces por capas hidráulicas superiores y por movimientos casi siempre en suspensión, como las turbideces. Estas últimas representadas por partículas finas menores a 0,8mm, siendo las velocidades mínimas capaces de mantenerlas en suspensión en dos aguas. Llegan a depositarse al final en su desembocadura o durante las crecidas excepcionales. Así mismo, las corrientes de agua transportan sustancias disueltas como carbonatos de calcio, siendo en ocasiones tan abundantes como las turbideces. Este arrastre de carga logra transportar (de fondo, en suspensión y disolución) sólo una pequeña parte de la potencia de la corriente, que se estima sea unas diez veces superior a la requerida para el transporte (Derruau, 1979).

Forma del lecho:

La definición más simple de lecho es la del espacio que puede ser ocupado por las agua de una corriente. Lecho mayor o lecho de inundación en cambio, es toda zona que se inunda y suele indicarse por aluviones modernos en los mapas de aluviones, siendo mucho más ancho que el lecho ordinario. Lecho aparente en tanto, es el alveolo bien determinado entre orillas, ocupado por los materiales rodados por las aguas y poco enmascarados, al contrario del lecho mayor, por la vegetación o la ocupación humana. Siendo ocupado en tiempo normal, por bancos de gravilla y arena.

El canal de estiaje comprende sólo una pequeña parte del lecho aparente, sobre todo en aquellos de régimen irregular, en los que no se delimitan claramente las márgenes, divagando así por el interior del lecho aparente, yendo de una orilla a la otra, pudiendo subdividirse en numerosos brazos.

La anchura es más precisa en el lecho aparente, siendo considerado que en ocasiones se han modificado por reducción entre diques o por muelles o pilastras de puentes. Tiende a ser más regular en la parte superior que en la inferior entre principales confluencias, así como más dilatado o no dependiendo de la naturaleza de los terrenos atravesados, materiales arrastrados y variaciones de la pendiente. Su aumento depende de lo friable de las márgenes, la obstrucción de los materiales transportados y de un mayor caudal.

Materiales del lecho transportados por la corriente fluvial:

En los materiales transportados por las corrientes fluviales, en su proceso de desgaste y depósito, el río excava y erosiona en márgenes continuas. Una corriente que no deposita puede discurrir por un lecho de importante espesor que logró concentrarse luego de cada crecida. Una corriente que deposita, puede por migración lateral cortar una vertiente rocosa y establecer en ella su lecho, que momentáneamente sería rocoso.

Un fondo rocoso está casi siempre cortado por sectores aluviales y la roca aflora en los umbrales de las concavidades parcialmente llenas de aluviones. Es más frecuente encontrar un lecho aluvial, aunque la roca aflore en las márgenes, siendo rodados los materiales del lecho aparente.

Las corrientes aluviales con aportes de numerosos afluentes, presentan materiales que se hacen cada vez más pequeños aguas abajo, pasando de bloques en los cursos montañosos hasta arenas y gravas, únicos representantes de cursos inferiores. El decrecimiento ocurre por el depósito progresivo de los materiales más gruesos, a medida que se reduce la pendiente, así como por la disminución debida al desgaste durante el transporte. La composición es heterogénea en tipos y tamaños. El río Caucagua se encuentra particularmente compuesto por materiales de carga, de fondo y de sus llanuras de inundación desde el rango de las arenas gruesas y cantos hasta finas arenas y limos, llevando en suspensión la carga de arcillas que le proporciona la turbidez característica a este río.

Durante las inundaciones, los lechos mayores llevan material fino hacia las vertientes cultivables y cultivadas, conocidas como riberas o vegas, liberando en ellas materiales finos (arena limosa orgánica), como el limo de inundación. La estructura profunda de estos depósitos revela a menudo una composición heterogénea, debida a las migraciones rápidas de los lechos aparentes sobre los de inundación, migraciones que son frecuentes después de las crecidas. A partir de la márgenes, la crecida deposita materiales de calibre decreciente, a medida que se aleja del lecho aparente, lo cual deja formados unos puntos altos producto de la acumulación de material más grueso, llamados burladeros aluviales, los que forman diques que limitan las sucesivas crecidas y los brazos que el cauce de la corriente tiende a variar del curso principal.

Carácter sinuoso de la corriente y sus consecuencias:

Aún cuando un lecho aparente sea rectilíneo, su canal siempre se comportará sinuoso debido a los afloramientos rocosos o a los depósitos de bloques voluminosos. Su trazado horizontal y perfil transversal están relacionados con la profundidad y la curvatura, el sector más profundo se le llama surco y el menos profundo y casi rectilíneo, umbral.

La pendiente superficial del agua es más fuerte en el umbral y su velocidad mayor. Durante las crecidas, umbrales y surcos se desplazan en tanto que la subida de las aguas colmata los umbrales y erosiona los surcos haciendo que el lecho alcance el equilibrio dinámico de las variables hidráulicas para ser modificadas de nuevo progresiva e interminablemente. (Derruau, 1978).

Tal sinuosidad según Derruau (1978), se conoce como meandro, término que define un trazado que se aparta sin motivo aparente de su dirección de escorrentía para volver a ella, luego de describir una pronunciada curva. Rasgo característico frecuente del trazado fluvial, tanto en ríos plácidos como en rápidos, maduros e inmaduros, no siendo frecuente en todo el recorrido fluvial alternando trechos curvos con rectilíneos.

Se pueden discriminar los meandros de valle o encajados de los aluviales o llamados también libres o divagantes, por la coincidencia entre las curvas y el lecho trazado por el

río. En el primero, las curvas no se modifican, ni migran, en el segundo es típico ver paleocauces solapados unos sobre otros (caso de este estudio).

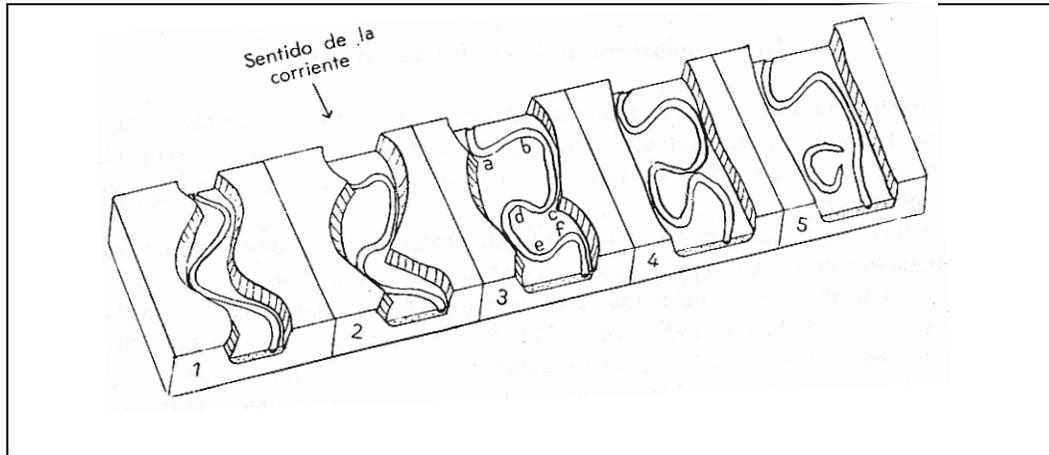


Figura 11. Migración de Meandros
Tomado de Derruau, 1978

Cuando la migración aleja de forma exagerada el cauce del lecho aparente como puede observarse en la figura N° 11, la corriente principal se traslada hacia el lado exterior del meandro, para pasar muy cerca del margen cóncavo. Así, en un conjunto de sucesivos meandros, la corriente lame la orilla derecha e izquierda, describiendo sinuosidades mayores que el eje del lecho aparente y tendiendo a exagerarlas, ya que el punto de mayor velocidad es el de máxima erosión. Resulta así que el margen cóncavo se excava más y en el convexo se deposita una ribera aluvial, de manera que se acentúa la curvatura.

El margen cóncavo es abrupto, mientras que el convexo de colmatación es bajo, si este carácter se acentúa los meandros vecinos se estrangulan por dos mecanismos, por desbordamiento o por tangencia. Por desbordamiento todo el llano se inunda y luego que pasa la crecida el curso continúa rectilíneo; por tangencia, fusión o contacto, la exageración de la curva reduce a nada el péndulo, lo que reduce el recorte o trazado más corto, generando un estrangulamiento, llamado meandro abandonado, collar de buey, oxbow o madre vieja. Todo este mecanismo de formación y destrucción continua se puede apreciar en la figura N° 12.

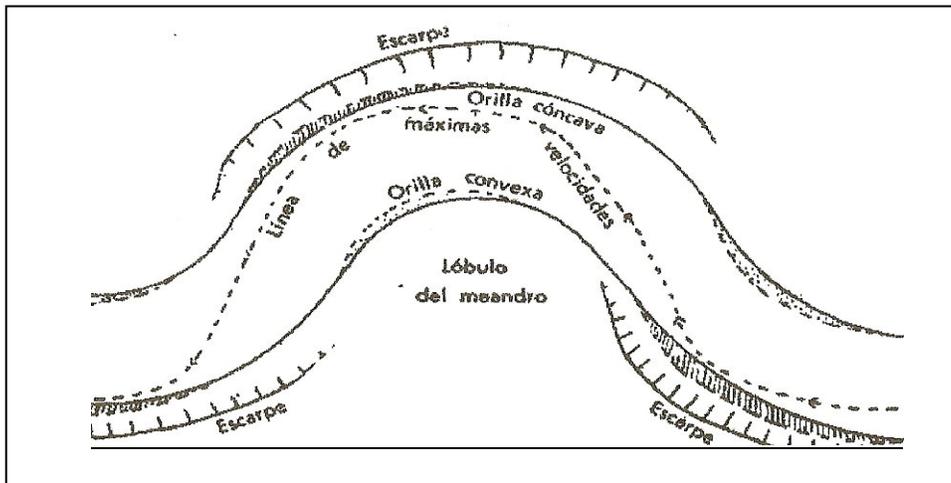


Figura 12. Evolución de un Meandro
Tomado de Derruau, 1978

Este mecanismo de cómo evoluciona un meandro, permite que éste se desarrolle aguas abajo, debido a que la corriente aborda cada meandro a contrapendiente del valle, uniformizando el lecho, pues la línea de máxima velocidad requiere un tiempo para alcanzar su desplazamiento máximo hacia la orilla cóncava. Esta migración acaba por equilibrar todo el valle a la dimensión de meandros, transformando los meandros de valle en falsos meandros de llanura aluvial.

Con este proceso de exageración si la corriente continúa encajándose, en la orilla convexa el perfil será inclinado, que una vez cortado en período de estiaje, se desprenderán fragmentos, simulando terrazas, llamadas poligénicas, falsas terrazas de los lóbulos de meandros inclinados.

Se necesitan ciertas condiciones para la formación de meandros, entre ellas:

- Una carga del río constituida por elementos en suspensión, que aunque es un fenómeno de dimensiones reducidas, no todas las sinuosidades se exageran.
- Teniendo la carga en suspensión, debe existir un equilibrio entre la pendiente, el caudal, la carga y la resistencia de las márgenes, o dicho de otro modo, entre la potencia neta del flujo y resistencia de las márgenes. Cabe destacar, que erróneamente se creía que los meandros sólo se formaban en pendientes suaves y al

final del recorrido fluvial, donde la corriente es incapaz de excavar, así como no se debe considerar relativo meandro-impotencia de la corriente, pues la evolución de un meandro supone una cierta potencia neta, en la que queda representado, como una forma de excavación o equilibrio, no de colmatación.

- La formación de meandros de llanura aluvial requiere se tallen los aluviones de las márgenes, en los de valle, se excava en roca *in situ* entrando en juego su resistencia.
- Para desarrollarse armoniosamente, requieren de una estructura homogénea, pues si el valle sigue la línea de debilidad, el río trazará una recta, pero en caso contrario lo frenará la roca *in situ*. Así pues, en regiones plegadas lo heterogéneo de los materiales aflorantes evitarán su formación.
- En la mayoría de los casos, las secciones con meandros corresponden a un equilibrio entre potencia neta y la resistencia de la roca encajante, lo cual varía de acuerdo a la geología de la zona atravesada y la relación de confluencias.
- Las condiciones climáticas pueden modificar en un sentido u otro la formación y desarrollo de un meandro, por lo que se ha estimado que actualmente ciertos meandros son activos y otros están en vías de regresión (Derruau, 1978).

Composición de los depósitos de valle:

Conforme la corriente madura con el tiempo y entra subsecuentemente en la vejez, tiende a formar meandros de un lado y otro del valle, resultando en la creación de un complejo recodo de cauces abandonados (paleocauces), rellenos, bordes naturales y depósitos de derrame. Al ocurrir crecidas sucesivas, el agua cargada de sedimentos, se descarga cercana al cauce, dejando arenas más gruesas y limos cerca del cauce, y más lejos el limo muy fino y la arcilla en la llanura de inundación. Esto lo hace con variada rapidez y se segregan o clasifican para que con sucesivas avenidas se depositen en forma laminar.

Los depósitos se componen de arena muy fina y limo con capas delgadas de arena fina o arcilla. Tienden a ser bastante uniformes sus depósitos en dirección horizontal, pero cambiando erráticamente de manera vertical. Su uniformidad horizontal explica la gran permeabilidad que presentan estos depósitos en el sentido horizontal comparados con el sentido vertical.

En cuanto a los depósitos de sedimentos más finos, se pueden hallar muchos de ellos en ambientes lacustres de muy poca profundidad y se mezclan muchos de ellos con materia orgánica de vegetación pantanosa, que conforman los suelos denominados “varvas”. Estos depósitos finos, presentan elevadas humedades naturales, alta plasticidad y compresibilidad con relación a los gruesos (Peck, et al., 1983).

3.6. Evolución Morfoclimática y sus consecuencias:

En el globo terrestre se hallan delimitadas virtualmente las zonas climáticas, pero no las morfoclimáticas, debido a que para su establecimiento se requerirían parámetros de varios tipos, entre ellos los microclimas, tipos de suelos, geomorfología y otros relacionados con el mosaico morfológico, con los procesos y mecanismos morfogenéticos, con la topografía, y la vegetación.

Por otra parte, hay que aclarar que los sistemas morfoclimáticos no son calcos del clima, ni lo son sus límites, además que estos pueden dar más de un sistema morfogenético bajo el cual se coordinan procesos y mecanismos.

Tricart, propuso una zonación, punto de partida interesante a esta clasificación. Los dividió por zonas, zona fría, de dominio glacial y periglacial; de zona forestal de latitudes medias con tres dominios, marítimo de invierno suave, continental de invierno duro (mayor influencia hielo-deshielo), y mediterráneo (veranos secos); de zona árida y subárida de latitudes medias y bajas, con recubrimiento vegetal escaso y escorrentía intermitente, que pueden subdividirse en función de la aridez y la temperatura invernal; y uno de zona intertropical que, a razón del total variables de temperatura y vegetación, presenta un dominio de sabanas (difusa acción química) y otro de bosques (fuerte acción química) (Martínez, 1985).

El cómo funciona la dinámica morfodinámica, está en el hecho más extendido de la “existencia del labrado del relieve de diversas, más o menos acusadas, de variados tipos morfoclimáticos, que han dejado sus huellas sucesivas, a veces alternadamente, a veces

opuestos”. Períodos de incisión y relleno, erosión y sedimentación en un terreno, retroceso y avance del mar, no son más que el reflejo de eventos de organización básica del paisaje, que a través de su expresión geomorfológica del paisaje, dan como resultado formas de evolución morfoclimática (Martínez, 1985).

Un aspecto importante a destacar es la antropización de estos espacios, que introduce también importantes perturbaciones del medio natural y que se traducen en cambios en las condiciones morfogenéticas. Tal es el caso de la ruptura del equilibrio natural, que desencadena la movilización de materiales alterados y suelos; se acelera la evolución de una vertiente o se altera la sedimentación fluvial o el trazado del río, su caudal y hasta sus efectos erosivos.

3.7. Aspectos sedimentológicos de la cuenca

Los ríos y torrentes en su mayoría transportan materiales sólidos junto con el agua, cuyo volumen se incrementa con las crecidas. El Caudal sólido Q_s representa a este volumen que pasa por la sección de un cauce por unidad de tiempo.

3.7.1. Factores que modifican el caudal sólido de una corriente fluvial.

Erosión de la cuenca:

Producto de los aportes de fragmentos de las pendientes, generados algunos por fracturamiento y destrucción de las rocas por cambios térmicos, lluvia, viento y raíces de plantas, los animales y el hombre; adicionalmente por la escorrentía y erosión laminar por los diferentes agentes, se suministra materiales sólidos a los cauces de una cuenca.

Más pronunciada y moderna ha sido la participación de alteraciones por deforestaciones y movimientos de tierra, efectuados por el hombre con el fin de urbanizar, construir carreteras, vías férreas, entre otros, suman los casos cada vez más frecuentes de las causas principales de aportes de sedimentos a los cursos de agua (Suárez, 1993).

Erosión del cauce:

Por el choque alternado de la corriente fluvial contra los márgenes, en curvas cada vez más pronunciadas, se presentan desprendimientos de sólidos que son incorporados al flujo, conocido como erosión transversal. Y si la erosión se presenta en el fondo del cauce, lo suficiente como para arrancar partículas o material suelto, sobre todo en las crecientes, se presenta erosión longitudinal.

Desplazamientos del terreno:

Ocurren en zonas alejadas del cauce, inducidos por presión hidrostática asociada a saturación de suelos y roca, efecto sumado a la disminución de parámetros resistentes de los materiales por la meteorización y condiciones topográficas (fuerte pendiente). Cabe destacar, que los deslizamientos pueden suministrar grandes cantidades de sólidos a los cursos de agua y en ciertos casos son responsables de la formación de lavas torrenciales de efectos devastadores.

El Transporte de sedimentos:

Los materiales sólidos en las corrientes naturales y torrentes son transportados de acuerdo a tres mecanismos:

- ✓ Transporte en solución por la disolución ocasionada por escurrimiento del agua de lluvia que disuelve y pone en movimiento en la corriente fluvial una serie de sales y minerales que más tarde descargan en mares y océanos.
- ✓ Transporte en suspensión que las corrientes fluviales y torrenciales llevan de partículas más finas como (arena fina, limo y arcilla), siempre y cuando la turbulencia contrarreste la sedimentación de los mismos, cuyas componentes oscilatorias dirigidas hacia arriba tienen capacidad de levantar y mantener en suspensión partículas finas, para su transporte en el seno de la corriente, permitiendo un estado de flotación y agitación permanente.
- ✓ Arrastre de fondo de partículas un poco mayor (arenas medias a gruesas, gravas y cantos o peñones) son transportadas por las corrientes como arrastre de fondo. Estas vencen la fuerza generada por la turbulencia que no logra mantenerlas en suspensión, cobrando importancia la fuerza cortante del flujo en el fondo, siendo

capaz de moverlas, hacerlas rodar y saltar una sobre otra, especialmente durante las crecidas.

- ✓ En crecientes violentas se movilizan bloques de mayor tamaño, siendo muy poco lo que transporta en períodos de estiaje, donde sólo la arena es arrastrada en el fondo.

Arrastre de sedimentos en cauces naturales:

En cauces naturales existe gran variedad de formas y tamaños de los materiales de fondo, así como irregularidades en secciones del cauce, modificando constantemente su profundidad, siendo el ancho variable de sección en sección, en consecuencia, en función del caudal, se forman cauces múltiples o curvaturas (meandros).

Variables que afectan la mecánica torrencial y fluvial:

Dependiendo de la capacidad de transporte del volumen de sólido total del cauce (V_s) y del suministro de sedimentos ($V's$) anual, se tienen las siguientes relaciones en la figura N° 12:

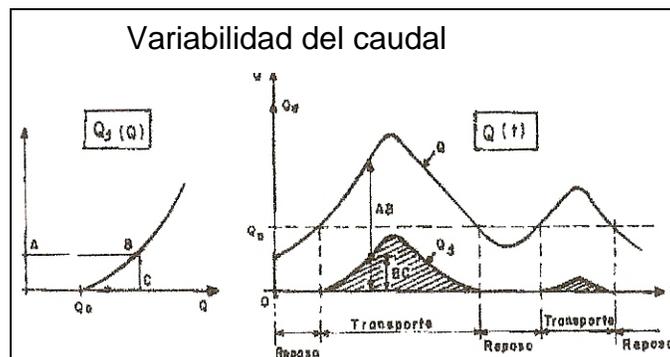


Figura 13. Variabilidad del Caudal
Modificado de Suárez, 1993

Si $V's > V_s$, se produce sedimentación del cauce

Si $V's < V_s$, se produce erosión en el cauce y

Si $V's = V_s$, hay equilibrio, el cauce es estable.

Influencia del ancho del cauce:

Su influencia es muy determinante, pues cierto caudal Q y una pendiente S dada, el esfuerzo t del flujo en el fondo disminuye al aumentar el ancho b del cauce. Por tanto,

existe un ancho máximo o límite de b_0 , tal que, para anchos mayores, no puede existir arrastre, ver estas relaciones en la figura N° 14.

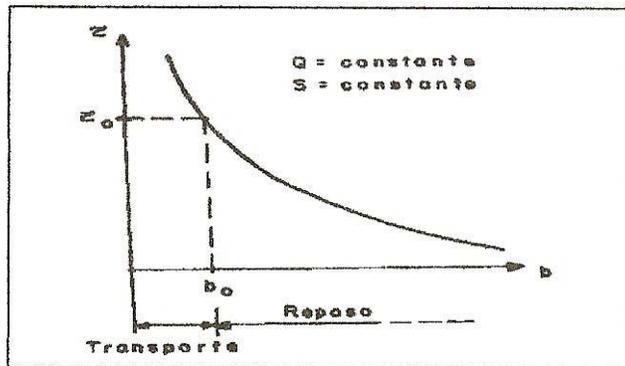


Figura 14. Variabilidad del ancho del cauce
Modificado de Suárez, 1993

Influencia de la granulometría:

En cauces naturales los fondos se caracterizan por presentar partículas con gran dispersión granulométricas, lo que hace que el fenómeno del transporte sea muy complejo y difícil de evaluar. Así, para cierto caudal, las partículas más pequeñas del fondo del cauce son desplazadas aguas abajo, mientras que las más grandes quedan en sitio. Sistemáticamente el lecho se llena de partículas mayores que el flujo no puede arrastrar y las menores a cierto diámetro son desplazadas. En consecuencia, el lecho se acoraza, como lo ilustra la figura N° 15, haciendo que se protejan las partículas menores por debajo de ella, cesando el transporte.

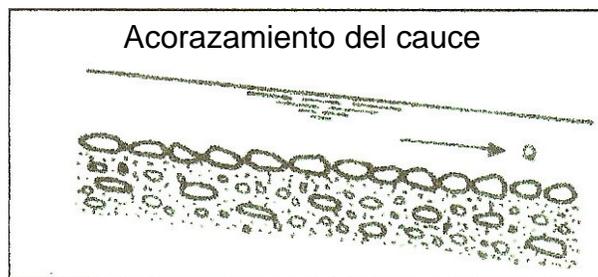


Figura 15. Acorazamiento del cauce
Modificado de Suárez, 1993.

Con este acorazamiento, se ha sobrepasado el “caudal crítico de arrastre”, lo que deja en el sitio partículas más gruesas. Cesa por tanto el arrastre de partículas de fondo, hasta que

ocurra una nueva creciente con caudal suficiente para el arrastre de grandes bloques o rocas, destruyendo el acorazamiento o hasta que los afluentes aporten sedimentos con diámetros transportables por el flujo normal del cauce.

En síntesis, la tendencia al acortamiento será mayor a medida que el rango granulométrico del material de fondo sea más amplio, o cuando el esfuerzo crítico de arrastre de los materiales más gruesos (por ejemplo D90), sea superado pocas veces al año.

El equilibrio de los cauces:

La tendencia al equilibrio puede ser resumida con la ecuación de Lane:

$$QS \sim Q_{sd}$$

Q=caudal

D= tamaño de partículas

S= pendiente

Qs= caudal sólido

Esta relación indica que en los cauces existe una tendencia al equilibrio entre las dos variables relativas, al flujo del agua y al transporte de sedimentos. Si una de ellas se modifica, se produce en consecuencia un cambio en las otras tres, tendiente al restablecimiento del equilibrio perdido.

3.8. Aprovechamiento Mineral:

Producción y consumo de arena en Venezuela

Debido a la inoperante Ley de minas, la falta de control de la producción de estas rocas y agregados explotados en el país en yacimientos que no poseen tipo de permisología trae como consecuencia que los explotadores no presenten información alguna. Un ejemplo de ello son las arenas del Decreto 600, explotadas en playas de mar y en las riveras navegables, por lo tanto son las que necesitan mayor atención en cuanto a los métodos y procedimientos en su extracción.

Para el año 1981, de acuerdo a los datos encontrados, la producción de arenas y gravas (en metros cúbicos) fue como se indica en la siguiente lista:

Arena	3.776.612
Arena (Decreto 600)	201.762

Arena silícea	175.936
Grava	3.062.261

La región central del país es una de las mayores áreas consumidoras de arenas y gravas para el sector de la construcción. Se estima que la región produce y consume más de 5 millones de toneladas anuales de arena y gravas, las cuales son utilizadas esencialmente en la manufactura de concreto, bloques, materiales estructurales y baldosas. El material es extraído esencialmente de las zonas de El Ereigüe, Cura, La Entrada, Tocuyito y Barrera. En la actualidad más de 50 empresas ubicadas en varias zonas industriales de los estados Aragua y Carabobo consumen un muy alto volumen de arenas y gravas.

Las rocas utilizadas por la industria venezolana de la construcción, provienen principalmente de rocas sedimentarias de origen químico, seguidas en importancia por rocas sedimentarias de origen clástico y en muy pequeña escala de rocas ígneas y de rocas metamórficas. En la tabla N° 9, se presenta la producción registrada en el Ministerio de Energía y Minas de las rocas utilizadas en la industria de 1971 a 1981(OCEI, 2007).

Tabla 9
Producción de minerales según tipo

Mineral	En miles de toneladas.		
	1993	1994	1995
Arcilla	977	2.434	3.380
Arena y grava	2.071	4.165	4.629
Arena silícea	483	141	598
Caliza	7.291	11.649	12.189
Caolín	35	10	3
Feldespató	139	137	170
Granito	...	264	236
Yeso	210	135	135

Fuente: Oficina Central de Estadística e Informática. Venezuela - Actividades del sector primario - Recursos minerales www.cideiber.com/infopaises/venezuela/Venezuela-04-05.html (01-2007)

3.8.1. Prospección y exploración

Para que un yacimiento mineral pueda ser explotado, es decir, antes que produzca el material requerido por la industria, debe comenzarse por probar su existencia y comprobar

sus posibilidades industriales. El conjunto de trabajos orientados a la búsqueda de un testigo para comprobar la existencia de un yacimiento se conoce como prospección; mientras que el conjunto de tareas para comprobar la cantidad y calidad de minerales básicos existentes se denomina exploración o comprobación de reservas.

La prospección va precedida de un estudio geológico encaminado a conocer datos relativos a la constitución estratigráfica y petrográfica de la región, así como su tectónica. Una vez analizados los datos geológicos relacionados con la zona de estudio, se ubica el yacimiento y se investiga, con los datos geológicos obtenidos en el sitio, si es aconsejable proceder con la exploración y adelantar cuál sería aproximadamente el costo de llevarla a cabo. Es la búsqueda de los afloramientos expuestos del yacimiento.

La exploración tiende a comprobar si el yacimiento mineral prospectado puede ser explotado económicamente, estableciendo su naturaleza, su estructura geológica y su grado de consistencia económica. Puede ser dividida en preliminar y final, y debe dar como resultado la cantidad o reservas del mineral investigado dentro de los límites del yacimiento explorado. Dichas reservas se expresan en los términos siguientes:

Reservas probadas. Son aquellas en que el tonelaje y la calidad (grado) del mineral que forman –y que puede ser económicamente extraídas– han sido computados de las dimensiones y muestras obtenidas de los afloramientos, trincheras, sondeos y laborales de exploración, utilizando los análisis de cada una de las muestras.

Reservas probables. Son aquellas en que el tonelaje y calidad del yacimiento es computado en parte con las dimensiones y muestras obtenidas del yacimiento y en parte de la estimación del cómputo de la posible continuación estructural del yacimiento dentro de una distancia razonada de la estructura.

Reservas posibles o inferidas. Son aquellas en que se presume la estimación de la cantidad de mineral existente en un área donde geológicamente debería existir el yacimiento. Se basa en un conocimiento generalizado del carácter geológico de la región en la cual se presume la existencia del yacimiento, solamente por conocer algunas muestras del mineral. La

estimación se basa asumiendo la continuidad o repetición de las pocas evidencias que se tienen, dentro del área considerada.

Las rocas que surten esencialmente a la industria y suplen las necesidades actuales del hombre provienen de las sedimentarias de origen clástico y no clástico, mientras las rocas ígneas y las rocas metamórficas desempeñando un papel secundario en la industria. Por consiguiente la prospección de las rocas sedimentarias clásticas y no clásticas es de importancia para el continuo mantenimiento de la materia por ellas suplidas a la industria a medida que las reservas explotadas se extinguen. En la prospección de las rocas sedimentarias no clásticas hay que tomar en cuenta la geología estructural de la región y, en especial, la litología de las rocas sedimentarias y su secuencia.

3.8.2. Explotación

La explotación de las rocas sedimentarias clásticas se efectúa a cielo abierto, debido, por una parte, a su localización y, por la otra, a su formación fluvial reciente. Estos yacimientos, por sus propiedades y emplazamiento en llanuras o terrazas, presentan un nivel más o menos cercano a la superficie de afloramiento. Cuando están situados en los cauces de los ríos, una parte del yacimiento se encuentra bajo el agua y otra parte en la superficie.

Un yacimiento de canto rodado es una cantera natural de balasto situada por debajo del nivel freático del río y, por lo tanto, bajo el agua; mientras que en las graveras el yacimiento está en seco. Una cantera de arena es un yacimiento de este material que puede estar bajo el agua o en seco. En realidad, los yacimientos de cantos rodados están tanto en agua como en seco, debido a las variaciones del nivel freático o de los cursos de agua, además contienen en general una cierta porción de grava y arena. Se encuentran también canteras de arena que contienen una notable proporción de grava y cantos rodados.

Si el yacimiento está bajo el agua, la maquinaria apropiada como la ilustrada en la figura N° 16, sería una excavadora equipada con dragalina, draga excavadora de cangilones, draga de cuchara, draga de cable o draga de succión. Si el yacimiento está sobre la superficie, se

utilizarían scraper bulldozer, pala con equipos de empuje o retroexcavadora. El transporte de la carga desde el yacimiento a la planta de tratamiento se efectuaría con camiones, cintas de transporte etc.

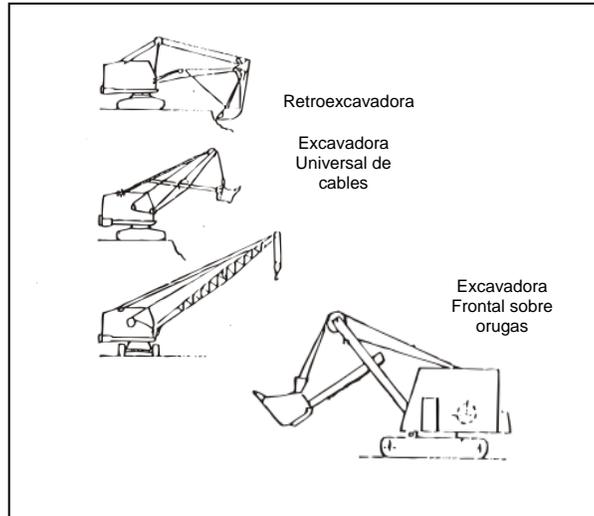


Figura 16. Equipos de extracción de minerales
Fuente: Modificado de Rocas Industriales de Venezuela, 2007

3.8.3. Preparación

La preparación tiene por objeto transformar el “todo uno” compuesta de elementos de todas las dimensiones –desde grandes bloques hasta elementos finos, en material propiamente comercial clasificado en las distintas granulometrías requeridas y tan homogéneas como sea posible. Los principios en el tratamiento del todo uno son simples, siempre y cuando las propiedades físicas de la roca sean de carácter sólido. Se basan prácticamente, en un problema de tamaño de fragmentos, de aquí que la operación sea dimensional.

Operaciones de preparación

La preparación de los materiales de canteras, graveras, areneras y minas en general, se realizan mediante una serie de operaciones obligatorias como las que se ilustran en la figura N° 17, que pueden comprender eventualmente las siguientes:

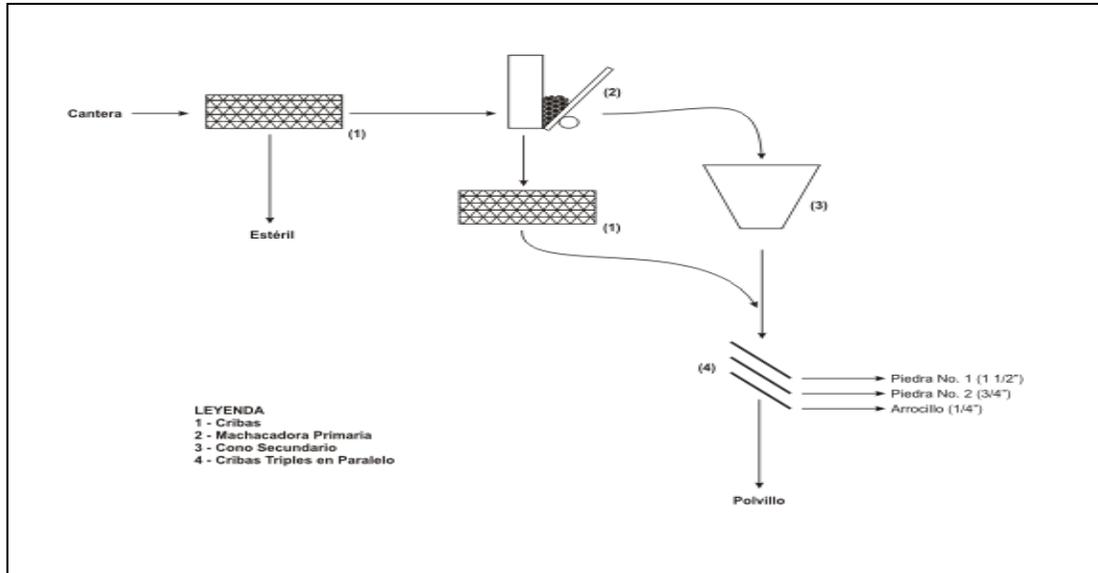


Figura 17. Flujo generalizado proceso de preparación mecánica de cantera de piedra caliza, observado también en arenas donde abundan gravas y gravillas
 Fuente: Modificado de Rocas Industriales de Venezuela, 2007

Trituración, fragmentación o machaqueo

Operaciones que se ejecutan durante el proceso de preparación de los diferentes productos y tienden a reducir la dimensión de los diferentes fragmentos de piedra producidos sin reducirlos a polvo, para alcanzar fragmentos de las dimensiones deseadas a partir del todo uno de cantera, gravera o arena.

Molienda

Operación que tiende a reducir los fragmentos muy pequeños a polvo.

Clasificación

Operaciones que se ejecutan durante el proceso de preparación para agrupar por tamaño los fragmentos producidos en cada operación de fragmentación.

Lavado

Operación a la cual son sometidos los fragmentos, cuando es necesario, con objeto de eliminar parte del material indeseable que los pueda acompañar.

Almacenamiento

Operación para retener una reserva suficiente del material que se pueda requerir durante el proceso.

Precibado

Tiene por objeto eliminar los mayores elementos del todo uno que puedan ser una molestia para las operaciones ulteriores. Sirve para eliminar los elementos inferiores a un determinado calibre para no someterlos a manipulaciones inútiles subsiguientes.

Fragmentación o resquebrajamiento

Operación que consiste en la reducción de las piedras de dimensiones grandes a elementos de dimensiones inferiores. Según la reducción obtenida, la fragmentación tomaría los nombres de:

- ◆ Machaqueo o fragmentación primaria para la reducción del todo uno hasta un calibre máximo, igual o superior a 100 mm.
- ◆ Machaqueo o fragmentación secundaria para la reducción a un calibre comprendido entre 25 y 100 mm.
- ◆ Granulación para la reducción a calibre entre 6,5 y 25 mm.
- ◆ Trituración fina para la reducción en grano fino de 0,1 a 5 mm.

Clasificación granulométrica

Se obtiene comenzando a pasar los materiales a granel a través de los orificios de un cedazo o criba, con objeto de separar sus fragmentos por grosores diferentes hasta alcanzar dimensiones superiores a 1 mm, luego a cedazos de mallas tupidas o tamices –para la clasificación sobre mallas de 0,15 a 1 mm– y finalmente a cernidos de clasificación en seco, sobre telas y finas de aberturas comprendidas entre 40 y 150 micrones. La operación final es la decantación diferencial, operación por diferencia de los pesos específicos de los elementos, también llamados gravimétricos.

Para obtener los materiales libres de impurezas y de polvo, se procede a varias operaciones de lavado realizadas en diversas fases del proceso. El lavado de la fragmentación o sobre productos premachacados tiene por objeto eliminar la arcilla e impurezas. El lavado se efectúa sobre criba para eliminar los residuos finos. El lavado se hace en una fase cualquiera de la preparación, para eliminar el exceso de polvo.

3.8.4. Productos de las operaciones de preparación

Cada operación en el proceso de preparación exige productos con características de granulometría, limpieza y forma bien definidas. No es cuestión de expedir el premachacado. El todo uno deberá, por el contrario, sufrir una serie de tratamientos que lo hagan apropiado al uso que se propone.

En la práctica, se dividen los productos de las diferentes operaciones en:

- ❖ Piedra picada: 60/150 mm. Para utilizar en composición de hormigones, masa y como materiales de relleno en terraplenado.
- ❖ Balasto: 45/60 y 20/45. Para utilizarlo en masa, en trabajos de carretera y construcción y como balastos en vías férreas.
- ❖ Grava: 20/60. Uso en hormigón y para fundaciones con arena.
- ❖ Gravilla: 6/10. Uso en hormigón y obras ligeras.
- ❖ Arena: Arena 0/3 mm: Uso en hormigón.
- ❖ Arena: -0/2 mm. Para usarla en filtros.
- ❖ Arena: 2/3 mm. Para obras especiales.

El todo uno del machaqueo primario, la piedra picada, se compone de un conjunto de productos de distintos tamaños, llevando en particular un cierto porcentaje de materiales de dimensiones y de pesos incompatibles con el material clasificado. Los premachacados son raramente utilizados en este estado, por consiguiente hay que someterlos a una clasificación primaria, o sea, a un precibado. En este precibado el material generalmente se lleva a una criba con gran pendiente, situada en un emplazamiento fijo, y se utiliza usualmente el tromel clasificado. El tratamiento primario o premachaqueo tiene por objeto someter el todo uno a una primera fragmentación a un calibre máximo (generalmente comprendido entre 150 y 200) que facilita el tratamiento ulterior y la manutención de los productos.

Generalmente la fragmentación primaria recurre a uno de los siguientes procedimientos aplastamientos, percusión, cizallamiento o esfuerzo combinado. Las máquinas de fragmentación por aplastamiento, que son las más usuales, provocan la ruptura de la roca comprimiéndola entre una parte fija y un órgano animado de movimiento alternativo, el machacador de mandíbulas. Las que realizan la fragmentación por percusión provocan la

ruptura por medio de masas o martillos pesados articulados o en machacadores con percutores rígidos, la machacadora de martillos y la machacadora de percusión.

Los elementos finos, arena y arcillas que provienen del todo uno del lavado sobre la criba, como se puede apreciar en la figura N° 18, de la eliminación del polvo y del recribado, son recuperados y llevados a la clasificación de arena, operación que se realiza por vía seca o húmeda.

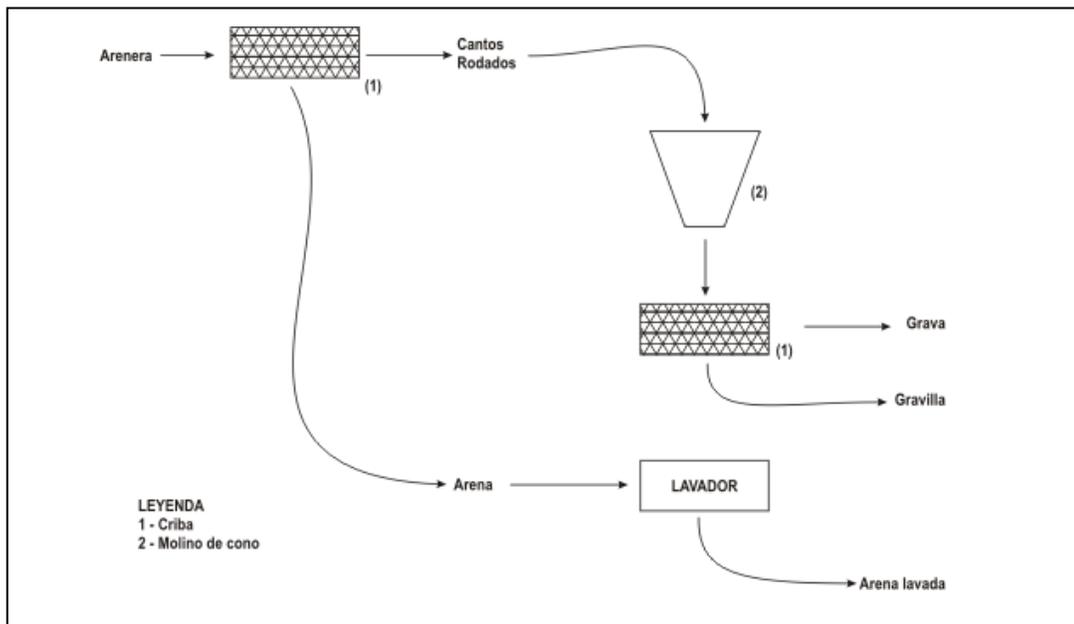


Figura 18. Diagrama de Flujo de una Arenera.

Fuente: Modificado de Rocas Industriales de Venezuela, 2007

El almacenamiento de los productos clasificados se efectúa en las diversas operaciones del proceso de preparar los productos. Usualmente se organiza de la manera siguiente:

- Línea de tratamiento primario que da un producto igual o superior a 100 mm.
- Línea de tratamiento secundario que da un máximo de calibre comprendido entre 25 y 100 mm.
- Línea de tratamiento terciario que da un máximo de calibre comprendido entre 6,3 y 2,5 mm.

Línea de tratamiento de arenas.

En estos procesos se utilizan máquinas como trituradoras de mandíbula y de martillo, molinos de barras, balas de cadenas, conos de trituración, de rodillos y otros, cribas fijas y móviles, tromeles, etc.

Tanto la fragmentación primaria como la secundaria tienen por objeto reducir las dimensiones del material. Estas máquinas funcionan bajo los mismos principios, sólo difieren en sus dimensiones y en pequeños detalles. La clasificación de los materiales que provienen de estas máquinas se verifica en cribas vibrantes y tamices, para lo cual se utilizan varios tipos.

Cada planta debe disponer de reservas importantes de los materiales clasificados en diversos puntos de la cadena de preparación, para regular las demandas de las puntas del mercado. Conformar reservas de los productos clasificados es importante para responder de la demanda de un mercado de estación o intermitente. El almacenamiento en tolvas suscitaría problemas de inversiones exageradas, por lo cual se debe resolver con el almacenamiento en pilas sobre el suelo (En línea, Rocas Industriales de Venezuela, 2007).

3.9. Modelo Teórico Morfodinámico de Facies- Modelo FPR

En la sección siguiente, se establece una explicación completa del desarrollo y depósito de un ambiente fluvial meandroso, donde existen variables que afectan la erosión-sedimentación constante dando como resultado un ambiente muy particular, típico con las características que lo diferencian de otros ambientes fluviales. Basado en tres elementos considerados esenciales por Cant (2002), este modelo teórico incluye:

- ◆ Fuentes de emisión de sedimentos
- ◆ Proceso de erosión sedimentación-factores externos
- ◆ Recepción de sedimentos

En la figura N° 19, se muestra el clásico afinamiento hacia el tope de los sedimentos de un río meandroso, modelado por Bernard et al (1970), citado por Cant (2002.), este modelo de

los depósitos de un río meandroso ha sido utilizado durante muchos años para ilustrar la manera como se presentan los depósitos de sedimentos en ambientes fluviales de este tipo.

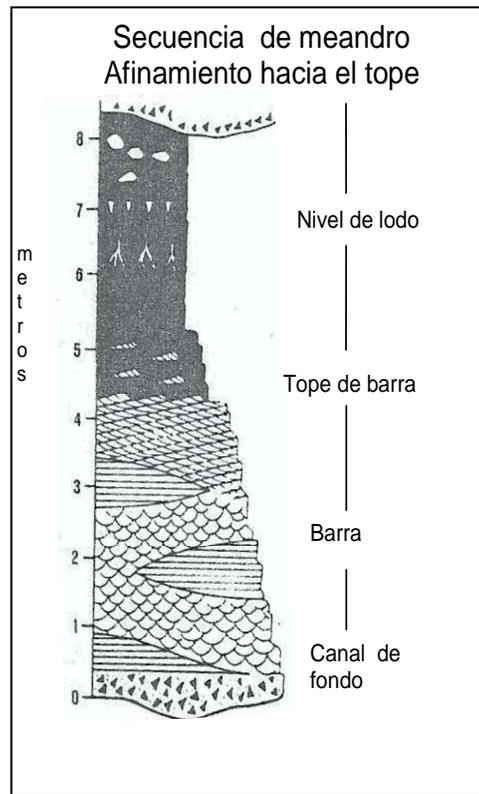


Figura 19. Secuencia de sedimentos típicos de meandros de un río. Modelo Adaptado según Allen (1970). Tomado de Cant, D.

La secuencia comienza con una base rica en conglomerados intercalados, presentando algunas laminaciones de arena con estratificación cruzada y con laminaciones de arena más fina, para finalizar en un nivel lodoso en la llanura de inundación. Así pues, la dinámica que comprende la formación de ambientes fluviales meandrosos es:

Fuente de emisión de sedimentos

Ciclos de erosión y Perfil de equilibrio de un río con meandros:

Como punto resaltante de este modelo es la sucesión de ciclos de erosión. A este respecto, la mayor parte de sus topografías ofrecen un relieve policíclico, es decir, han sido modeladas por ciclos de erosión sucesivos.

Una de las causas más comunes de la aparición de un nuevo ciclo erosivo se puede dar por un movimiento relativo del nivel de base, vale decir, por un ascenso o descenso del nivel del mar en relación al continente, siendo eustático el movimiento, si es el nivel del mar, o epirogénico si es un movimiento de conjunto del continente.

Así pues, si el movimiento es positivo (inmersión), la pendiente de la corriente disminuye a partir de la desembocadura, la corriente colmatará progresivamente, por extensión regresiva, el nuevo ciclo, es un ciclo de colmatación. Esto es debido a que la elevación del nivel de los océanos, luego de la fusión de los grandes glaciares cuaternarios, ha provocado en cursos inferiores un ciclo de colmatación que tiende a restablecer el perfil de equilibrio. Si por el contrario el movimiento es negativo, la línea de costa retrocede y ocurre lo contrario. Dicho mecanismo se puede visualizar a través de la figura N° 20:

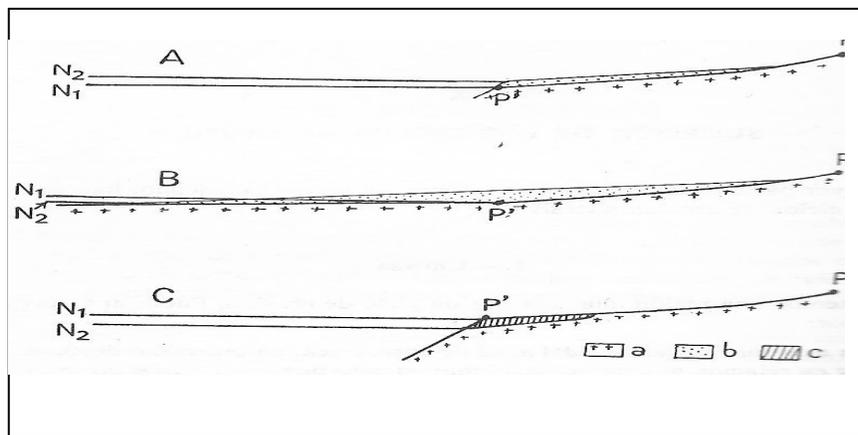


Figura 20. Evolución de un Perfil de equilibrio después de una variación de nivel de base. Tomado de: Derruau (1978)

Se establece el perfil de equilibrio, de acuerdo con las aguas más altas, ya que la potencia crece con el caudal, no obstante en ciertos casos, sobre todo cuando el lecho está moldeado en rocas bastante blandas para ser cortadas por aguas bajas y medias, pero suficientemente duras para resistir la erosión lateral, puede suceder que el perfil de estiaje se inscriba, formando una garganta en el interior del perfil de crecida. No obstante esto, se emplea la llanura de inundación para establecer el perfil de un río, más cercano al nivel de las aguas altas que al perfil de estiaje, aunque ha prevalecido la costumbre de referirse al nivel de estiaje o de las aguas medias.

Para establecer un perfil de equilibrio en un río se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Cuando se ha logrado el equilibrio entre distintas variables: caudal, velocidad y carga (por su masa y composición granulométrica), de las cuales la única que puede modificar la corriente es la velocidad, que es función de la pendiente, razón por la cual ésta tiende a establecerse por colmatación o erosión, de tal forma que asegure el equilibrio entre potencia (caudal-velocidad) y carga.
2. Dependiendo del carácter de las variables, el perfil de equilibrio no siempre será una curva cóncava, pues en sectores aguas abajo donde disminuya el caudal pero sin sentirse cambios en masa pero no en calibre, entonces la curva tenderá a ser convexa, ya que las condiciones de equilibrio exigen una pendiente creciente aguas abajo.

Sin embargo, cada confluencia crea una rotura (quiebre) en el perfil de equilibrio para modificarse la relación carga-caudal. Esto es, si el río se frena por ser de mayor caudal que aquel sobre el cual desemboca (semejante al caso de estudio), esto hace que se disminuya la pendiente del primero. En cambio la pendiente aumenta cuando recae en ríos de mayor carga hidráulica.

3. No obstante este comportamiento de las variables, la mayoría de los perfiles de equilibrio son cóncavos, pues,
 - El caudal por lo general aumenta desde la cabecera hasta la desembocadura
 - La carga (sedimentos) disminuye de calibre por el desgaste al transporte dejando material por abandono selectivo y porque los valles, por lo general más anchos aguas abajo aportan más materiales finos.
4. Es improbable una fórmula matemática que permita dar con una curva del perfil de equilibrio, pues se presentan roturas y modificaciones de pendientes que se cambian de un extremo a otro en función de las condiciones locales, complejas en extremo, pero una aproximación sería de acuerdo a la siguiente figura N° 21:

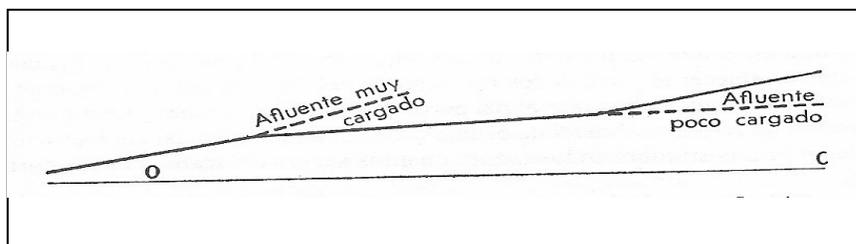


Figura 21. Roturas del perfil de equilibrio por confluencias que modifican relación carga/caudal. Tomado de Derruau (1978).

5. En un perfil de equilibrio al final de su evolución no necesariamente dará lugar a un acumulo de aluviones, por el contrario, la pendiente de equilibrio es una pendiente de transporte que tiende a disminuir (por erosión continua), pues el relieve disminuye debido a la misma exportación de materiales por la corriente, y la carga también disminuye, por lo menos con la misma rapidez que el caudal por el descenso de las precipitaciones en relieves más bajos y al aumento de pérdidas de agua en un lecho mayor cada vez más ancho.

La disminución del caudal después del último período frío -sobretudo por el aumento de la evaporación-, la abundancia de derrubios que procesos de erosión periglacial han dejado en los interfluvios, y por último, la deforestación y el cultivo han traído consigo un aumento de la relación carga-caudal. Este aumento se traduce con una tendencia a depositar aluviones y que al encontrarse sus corrientes por debajo del perfil de equilibrio, determinan nuevas condiciones climáticas elevando su lecho.

En definitiva, a toda relación carga-caudal corresponde una pendiente de equilibrio, por lo cual ríos que trabajan en condiciones y caudales semejantes, si no han intervenido movimientos recientes del suelo, presentan pendientes comparables.

El perfil de equilibrio de un río se alcanza bastante rápidamente en el curso de la evolución. Es reconocido porque el lecho aluvial es casi continuo y la pendiente sensiblemente constante, en una misma sección del lecho aluvial o de los afloramientos rocosos ocasionales. Si el manto aluvial es muy espeso, sobrepasando incluso el valor de la amplitud de las máximas crecidas, indica que el río colmata por hallarse por debajo de su

perfil de equilibrio. Si se trata de un recubrimiento de obstáculos, como las columnas de los puentes, puede estar por debajo o por encima de su perfil de equilibrio. Si se encaja en su lecho subactual de manera que lo transforme en terraza, está por encima de su perfil de equilibrio (Derruau, 1978).

Proceso de erosión sedimentación-factores externos

Para discutir este aspecto es necesario hablar del trazado del caudal de estiaje de un río sinuoso o meandroso. Como ya se ha definido con anterioridad, un meandro es el “trazado que se aparta sin motivo aparente de su dirección de escorrentía para volver a ella después de describir una profunda curva” (Derruau, 1978). Es además un rasgo característico de los trazados fluviales pudiendo observarse en ríos plácidos como en rápidos. Así mismo, es raro que un río describa meandros durante un largo recorrido, pues se alternan cortas secciones de estos con simples sinuosidades.

Los meandros pueden ser de valle o encajados, en los que las curvas descritas por el valle coinciden en tamaño con las dibujadas por aquellos; o de llanura aluvial, mal llamado meandros libres o divagantes, cuando las sinuosidades son independientes o a menor escala que las del trazado del valle.

En cuanto al trazado de los meandros se pueden considerar dos aspectos relevantes:

1. La tendencia a la exageración, lo cual es relativo a las modificaciones regulares de la corriente y caudales.
2. La condición para la formación de un meandro no siempre es constante en un sistema meandroso, este puede modificarse y alterarse varias veces en un mismo sistema.

Recepción de sedimentos

Con relación a los depósitos de ríos meandrosos, estos son generalmente más estables lateralmente hablando, que los ríos entrelazados, pues presentan mayor grosor, vegetación densa, suelos de fondo más cohesivos que los hace más difícil de erosionar, se emplazan en áreas de baja pendiente y además presentan un patrón regular de descarga.

Estos ríos son también confinados lateralmente pero abandonan capas de lodo en las curvas del meandro, conocidos como collares de buey (lagos de oxbow, o en herradura), los cuales son comunes en los depósitos de fondo de muchos ríos meandrosos tal y como se pueden detallar en la figura N° 22:

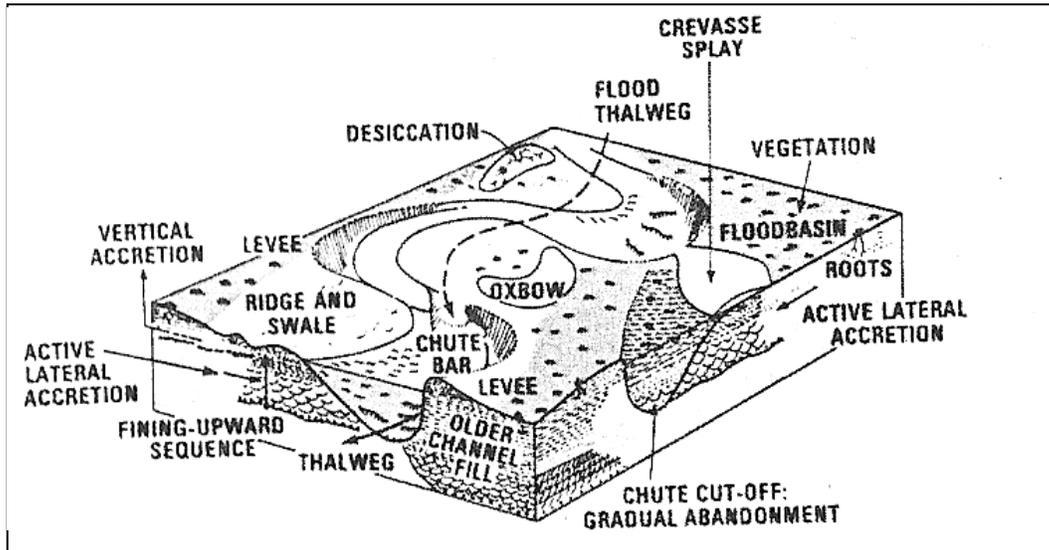


Figura 22. Principales elementos morfológicos de un río con meandros.
Tomado de: Cant, D.(2002)

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO

4.1. Evaluación Ambiental:

4.1.1. Estudio de Impacto Ambiental

Para la construcción del instrumento de evaluación ambiental fue necesario revisar y filtrar la información que los estudios de impacto ambiental de las actividades extractivas y construcción de la autopista Rómulo Betancourt, así lo permitieron. De esta forma se logró revisar los indicadores de extracción de minerales industriales que pudieran estar causando graves efectos en el entorno. Entre los estudios analizados están los ofrecidos por las areneras Rodifre, El Marquez y La Ponderosa (hoy inactiva), así como el estudio de impacto ambiental para la construcción de la autopista hacia Oriente-Higuerote.

Por otra parte, en reunión con la comunidad organizada de Caucagua en mesas de trabajo, se realizó una entrevista sobre la percepción social de los efectos del comportamiento del río Caucagua en los últimos años, así mismo la autora presenció una reunión del VIVA (vigilantes ambientales), auspiciada por la oficina auxiliar de Caucagua y Río Chico, donde se discutieron los efectos cada vez más negativos de las crecidas del río sobre las actividades económicas y de subsistencias de comunidades como El Café, Caucagua, Aragüita, Marizapa, Cholondrón, Río Negro, etc.

4.1.2. Metodologías de evaluación aplicadas:

Entre los instrumentos aplicados para la recolección de datos, se tiene la entrevista, cuestionario y lista de chequeo de aspectos que se consideraron importantes, luego de la revisión de los informes de impacto ambiental que cada elemento perturbador del ambiente presenta al municipio y a la Dirección regional del MARN.

Una vez realizado este primer paso, se efectuaron las visitas respectivas a cada punto de control o muestreo y se constató el elemento perturbador presente y se corroboró luego con la descripción fotogeológica hacia el pasado en la misión de 1970.

Una vez recopilada la información se construyó una matriz de tipo interactiva (causa-efecto), en la que se relacionaron las acciones del proyecto o actividades en un eje y por el otro eje los factores ambientales relacionados. Cuando una acción determinada provocó un cambio, éste se marcó asignándole un valor de magnitud e importancia, de manera tal que se pudo cuantificar el efecto acumulado a través de un valor asignado.

Aún cuando una matriz puede identificar aspectos beneficiosos, los adversos se consideraron, pues el problema o efecto se siente y las consecuencias de la explotación se están dando en continuo, en el presente.

4.1.3. Geoindicadores Ambientales

La base de datos necesaria para efectuar este estudio, se apoyaron en aquellos fenómenos que afectan a la subcuenca Caucaagua, como producto de la sumatoria de todas aquellas alteraciones o modificaciones inducidas por las actividades humanas principalmente y que se han agrupado en las siguientes actividades:

- Desequilibrio en cuanto al crecimiento poblacional-infraestructura-servicios básicos
- Presión creciente de espacios y servicios demandados por el aumento poblacional en el municipio.
- Degradación progresiva y acumulada de los elementos del medio natural en cuanto a:
 - Contaminación por afluentes cloacales, desechos sólidos y mal drenaje de aguas superficiales.
 - Deforestación y cambio de uso de los recursos agrícolas por otro uso o ninguno.
 - Aumento de la polución de partículas sólidas en la atmósfera y ruido.
 - Afectación de infraestructura civil como carreteras y riesgo de afectación en puentes.

- Inexistencia de integración en los estudios de explotación y de mitigación de riesgos por parte de los entes y elementos de explotación de la subcuenca.
- Poco interés de los involucrados en la explotación y presión de los recursos minerales y urbanísticos en la sustentabilidad de su aprovechamiento.
- Debilidad en la planificación urbanística de los espacios y sus usos reales, lo que ocasiona conflictos de diferente índole y que se traducen en problemas ambientales, sociales y económicos ya nombrados anteriormente.

4.2. Evaluación de variables hidráulicas

4.2.1. Cálculo de áreas de influencia de la subcuenca Caucaagua.

Para cuantificar las áreas de influencia de la zona de estudio, se utilizaron los datos señalados por Zambrano (1978) y se corroboraron por el método de la cuadrícula, para el cálculo de áreas. Se consideran áreas de influencia para este río, todas las confluencias que a él llegan, lo cual incluye toda la red hidrográfica que aporta por el norte y sur desde su nacimiento al este de La Urbina Norte, en la quebrada Valencia, hasta su desembocadura al río Tuy. Estos datos se han obtenido en parte por cómputos realizados con planímetro y por otra parte con el uso de la cuadrícula de puntos comparados.

4.2.2. Cálculo de la pendiente del río Caucaagua:

La longitud total estimada desde su nacimiento hasta su desembocadura con el río Tuy, se estimó 62,99Km aproximadamente, de lo cual se estudió en el presente trabajo 12,70Km. El área ocupada de 804 Km², es una de las más amplias de toda la cuenca del Tuy, luego del río Guaire. Para el cálculo de la pendiente promedio del río, ilustrada en la tabla N° 10, se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

Tabla 10
Pendiente promedio del río Caucaagua

Altura h (msnm)	70	65	55	50
Distancia Horizontal (m)	0	2100	5600	9200

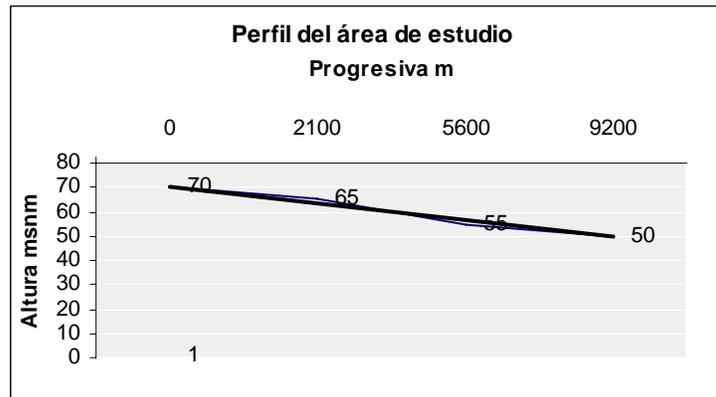


Figura 23. Pendiente promedio del río Caucaagua

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de este parámetro morfométrico se tomó como base la relación entre la variación del cauce y el de su valle por cuatro (4) tramos, en función de las estaciones o puntos de muestreo ya señaladas. Dichas mediciones se realizaron con curvómetro en fotografías para dos misiones separadas en el tiempo en 27 años. Se apoyaron las observaciones en los mapas topográficos hallados en escala 1:5000 y 25.000, respectivamente. A continuación detalles de estas mediciones en la tabla N° 11 e ilustrada en la curva de la figura anterior (23).

Tabla 11
Cálculo comparativo de la sinuosidad del río Caucaagua entre 1970-1997

TRAMO	PROGRESIVA	LONG. DE VALLE (m)		LONG. DE CAUCE (m)		SINUOSIDAD	
Puente Aragüita a Puente Áreas-Aremateca	0+000 a 0+550	474,06	415	632,08	518,75	1,3	1,25
Puente. Áreas-Aremateca a M.A.T.	0+550 a 5+000	2686,34	2697,5	4108,52	3735	1,53	1,38
M.A.T. a Terminal	5+000 a 6+300	632,08	830	948,12	933,75	1,5	1,13
Terminal a Avilarena	6+300 a 8+750	3160,4	3112,5	4424,56	4772,5	1,4	1,53
Avilarena a Puente Mendoza	8+750 a 12+700	2528,32	1660	3792,48	3112,5	1,5	1,88

Fuente: Datos calculados sobre mapas cartográficos 1:5000 del área de estudio.

Nota: estos datos se aproximan \pm al valor de las progresivas pues son el resultado de las mediciones en base a fotos aéreas (Ver Evolución Histórica, Figura 34, Capítulo VI)

4.3. Evaluación sedimentológica:

Como parte de la caracterización a la subcuenca en estudio, se realizaron una serie de ensayos físicos sencillos y ensayos químicos a las muestras de agua y suelo colectadas.

4.3.1. Ensayos y evaluación granulométrica de muestras de suelo

Se colectaron en campo 59 muestras de sedimentos, de aproximadamente 1000g c/u extraídas de las columnas y muestras de canal, correspondientes a 7 columnas o canales de muestreo, localizadas geográficamente como lo señala la tabla N° 12, fueron colocadas en bolsas plásticas transparentes con cierre mágico, rotuladas y protegidas con cinta adhesiva, numeradas y recolectadas en 3 visitas sucesivas al área de estudio. A continuación se presentan estos puntos de muestreo y su localización geográfica:

Tabla N° 12
Localización de puntos de muestreo.

Punto de Muestreo	Coordenadas	Altitud(m)
1)Puente Aragüita	10°18'31''/66°23'27''	75
2)Puenteáreas	10°18'30''/66°23'30''	70
3)M.A.T.	10°17'03''/66°22'38''	+/-60
4)Terminal	10°16'45''/66°22'19''	+/-55
5)Avilarena	10°16'22''/66°22'02''	+/-47
6)Mendoza	10°14'31''/66°21'49''	+/-45
7)Mendoza abajo	10°14'12''/66°21'46''	+/-42

Nota: Estas localizaciones fueron realizadas en campo con apoyo de un GPS y posteriormente comparada con el mapa de ubicación cartográfica.

Se practicó evaluación textural de los depósitos producto del trabajo del río Caucaagua a través del análisis de curvas granulométricas, así como de la forma de los granos (tamaños arena y grava) (Ver Anexo 4), depositados en un tramo o subcuenca y se logró describir con bastante aproximación los bancos de sedimentos que componen las márgenes de esta sección del río. De esto se puede observar a continuación la distribución granulométrica en tres grupos: gruesos compuestos por grava y gravilla; medios compuestos por arena gruesa y fina y los más finos, constituidos por limo y limo arcilloso.



Figura 24. (Fotos a, b y c) Algunas secciones de muestreo

Las distribuciones presentadas en las tablas y gráficas resumen (revisar tablas y gráficas, en el capítulo VII de resultados (Ver Anexo 4), permiten observar el comportamiento tanto vertical como horizontal de las secuencias de sedimentos colectadas. Las mismas distribuciones se han colocado sobre el mapa final con la intención de que el lector se ubique espacial y texturalmente hablando.

Para aquellas muestras con tamaños mayores a una pulgada (1pulg), se describieron con detalle sus características más resaltantes, tal y como puede verse en la siguiente figura:

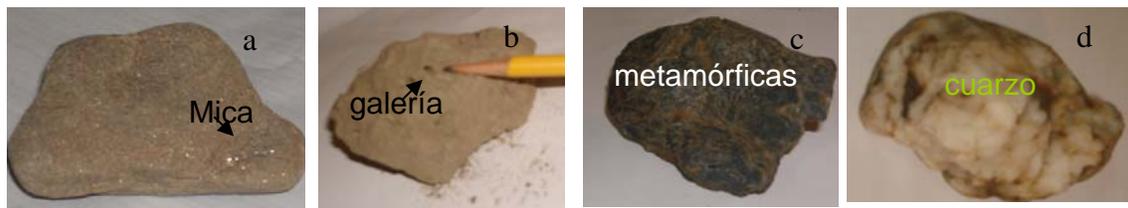


Figura 25 (fotos a, b, c, d). Grava y fragmentos de minerales provenientes muestras de canal.

Como puede observarse en la figura N° 25 (fotos a, b, c, d), se hallaron fragmentos de roca metamórfica, provenientes de las formaciones aguas arriba que los ríos en su trabajo

erosivo traen consigo y dejan algunos de ellos depositados en los recodos de estos, dentro de los meandros.

4.3.2. Procedimiento de análisis por sedimentación:

El Ingeniero Celso Ugas (1985), afirmaba que “el tamizado por sí solo es un ensayo incompleto, excepto cuando se trata de suelos predominantemente arenosos”. Esta afirmación justifica el uso del ensayo del hidrómetro como método alternativo, pues muestras con predominio de finos como limo y arcilla, no pueden realizarse sólo por tamizado, por lo que se recurre en estos casos a ensayos por sedimentación.

La norma COVENIN 256:1977 rige el método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas de 20 micras en agregados finos. Este método de ensayo, basado en el principio de sedimentación expresado por la ley de Stokes, tiene por objeto la determinación cuantitativa de los rangos de valores correspondientes al diámetro de las partículas de limo, arcilla y coloides.

Es el método más usado para la determinación indirecta de los diámetros que pasan la malla N° 200 (0,074mm), pues es posible conocer la variación de la densidad que experimenta la suspensión (partículas de suelo y agua), a medida que las partículas sedimentan, mostrando en el tiempo una disminución de las densidades de la suspensión, hundiéndose cada vez más el densímetro. Previamente se utilizó un dispersante y se consideró las temperaturas para su posterior corrección, tal y como lo indica el ensayo.

Son las lecturas del densímetro con simultáneas temperaturas, referidas a un instante inicial, y el peso seco inicial, los datos que determinan el diámetro y peso de las partículas que quedan en suspensión en un momento dado. A continuación se muestra en la figura N° 25, la aplicación de este ensayo en algunas de las muestras.

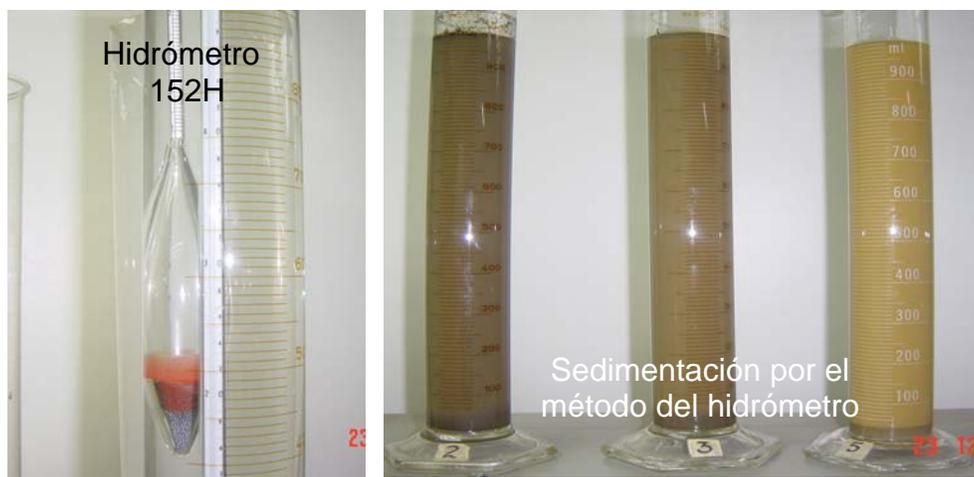


Figura 26 (fotos a y b): Ensayo por Hidrómetro realizado a 10 muestras seleccionadas

Así mismo, se realizaron análisis adicionales para cerciorar los resultados granulométricos de algunas muestras con gran porcentaje de finos como fue el de azul de Metileno. El mismo se empleó sólo en 10 muestras. Sus resultados a continuación.

4.3.3. Análisis de nocividad por el Método de la Mancha de Azul:

Toda muestra que reflejó concentraciones importantes de finos, pasante 200, se seleccionó para ser ensayada con solución al 1% de azul de Metileno medicinal certificado por el fabricante a fin de determinar la nocividad de sus coloides. Un total de 10 muestras se consideraron ricas en partículas finas lo que obligó a su análisis por este método.

La prueba de la mancha, como se define el ensayo de Azul de Metileno, indica ser positiva cuando la aureola que se forme en el papel de filtro, como puede observarse en la figura N° 27 (fotos a y b), para un volumen de solución añadido se mantenga estable durante cinco minutos. Con la finalidad de determinar la nocividad en estas muestras de suelo, fue indispensable determinar el porcentaje de coloides empleando para ello el ensayo del hidrómetro. Correspondientes estos a las esferas equivalentes cuyo diámetro fuera un micrón (1/1000) de mm, al ser determinadas en la curva granulométrica del suelo representada en escala semilogarítmica (Ver Anexo 5).



Figura 27 (fotos a y b): Ensayo de azul de Metileno realizado a 10 muestras

El índice de nocividad fue determinado al dividir el valor Azul (cc gastados en la formación de la aureola) expresado en gramos de azul en polvo, por 100 gramos de suelo seco, entre el porcentaje de coloides del suelo expresado en forma decimal. Dicho valor cuando era mayor a doce (12) se consideraron coloides del suelo nocivos, lo que refiere un suelo muy susceptible al agua, pudiendo formar lodo pesado al saturarse.

4.4. Evaluación Físico-hidrodinámica

4.4.1. Toma de muestras

La toma de muestras de agua se efectuó en un día completo de campo desde las primeras horas de la mañana, con un cielo despejado, pues se quiso controlar variaciones de tipo hidráulicas debido a la cercanía de la época de lluvias; así mismo, se escogió un día de semana laboral, evitando de esta manera inconvenientes por factores como tráfico de temporadistas. Las estaciones que se consideraron fueron 5 y se tomaron en cuenta diferentes factores, uno de ellos fue aguas arriba y abajo de la zona de estudio y otro factor fue la confluencia de algún río, quebrada, cercanía de arenera, etc.



Figura 28: Foto en recolección de aguas antes del Banqueo

Las muestras de agua colectadas se tomaron en 5 puntos a lo largo del área de estudio, así como se muestrearon a tres intervalos de profundidad, por cada punto, lo que arrojó un total de 15 muestras. La razón para ello está basada en que se presumía una variación importante de sedimentos suspendidos en función con la profundidad (Tabla 12). Las muestras se tomaron en tres niveles: fondo, intermedias y superficiales, dando un total de 15 muestras para este análisis.

Por otra parte, la modalidad de captación fue manual (Figura 28), realizada directamente, lo que permitió observar situaciones variables o no previstas, pudiéndose hacer cambios en la programación, además que resultó, económico y rápido.

Las aguas de este estudio, se pueden catalogar como aguas servidas, ya que de acuerdo a la norma COVENIN 2634-89, se conocen como *aquellas aguas que habiéndose aprovechado para varios usos, han quedado impurificadas*. Estas se componen fundamentalmente por líquidos y desechos provenientes del urbanismo y edificios comerciales, pudiéndose incluir aguas industriales, aguas de lluvia, subterráneas o superficiales, pues como se pudo evidenciar, las aguas del río Grande, recogen de Guarenas y Guatire, todos los afluentes que traen aguas de actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias de toda la parte alta, aguas arriba de la subcuenca.

4.4.2. Resguardo de muestras

Los envases se seleccionaron de acuerdo al volumen y tipo de muestras pues cumplían con las regulaciones de APHA WWA (1995) y la SW846 (1997). Tales regulaciones o aspectos incluyeron capacidad de la botella, tipo de material y tiempo de preservación para su posterior análisis.

En este caso, las botellas utilizadas fueron botellas de agua mineral comercial de plástico con tapa, de capacidad 1000ml, colocadas una vez rotuladas y selladas con tirro en una cava con hielo para su preservación y completar la cadena de custodia hasta ser llevadas al final de la jornada a la Planta de tratamiento de agua en la Universidad Central de Venezuela (UCV), lugar donde se prestó el apoyo para su análisis. Así, paulatinamente se tomaron las muestras de agua y se anotaron los detalles que se consideraron importantes en la recolección y que se resumen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 13
Observaciones para la recolección de aguas en el estudio físico-hidrodinámico del río
Caucagua en su tramo de estudio

Punto o control adyacente	Localización (GPS)	Hora	Descripción in situ	Variables hidráulicas	Margen
1/La Ponderosa	10° 16' 28,7"/ 66° 21' 44"	a.m.	Viento en calma, poca turbulencia. Profundidad 50 cm.	V= 0,42 m/s; 80% despejado	Izquierda
2/Avilarena	10° 16' 22,7"/ 66° 22' 02,2"	a.m.	Brisa tenue, mayor turbulencia	V= 0,6 m/s, 85% despejado	Izquierda
3/Rodifre	10° 18' 07"/ 66° 23,4' 27,9"	p.m.	Turbulencia, brisa moderada, piso fangoso	V= 0,75 m/s; 100% despejado	Derecha
4/Aragüita	10° 18' 55"/ 66° 20'59,7"	p.m.	Bastante turbulento	V= 0,5 m/s; 100% despejado	Izquierda
5/ El Banqueo	10° 20' 27,9"/ 66° 26' 57,7"	p.m.	Flujo rápido, turbulento.	V= 0,75 m/s; 50% despejado	Derecha

En cuanto a la metodología para la toma de muestras de aguas (descritas en la tabla N°13), ésta se basó en la norma COVENIN 2709-2002, bajo la cual se tipifica al tipo de muestra de acuerdo a la variabilidad de las corrientes y los recursos disponibles, en muestras instantáneas, compuestas e integradas, siendo esta última, la seleccionada en el estudio. **Las muestras integradas** consisten en la mezcla de muestras instantáneas, captadas en

diferentes sitios simultáneamente y que son encontradas especialmente en los ríos, lagos y aguas costeras, donde ocurren variaciones (esperadas en este estudio) a lo largo y ancho del canal. Es por ello, que las muestras fueron captadas en perfil vertical, a diferentes profundidades de la masa de agua, para una estación determinada; y en perfil horizontal, captadas de acuerdo a variables como cercanía o lejanía a una arenera, río secundario o entrada y salida del sistema sedimentario.

4.4.3 Ensayos aplicados

Los ensayos considerados importantes para los objetivos planteados, consistieron en determinar conductividad, sólidos totales, disueltos y como resultante los suspendidos bajo la metodología descrita por Trillos y Marciales (1998).

Conductividad:

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica, la cual depende de la concentración total de las sustancias ionizadas disueltas en el agua, de la temperatura y de la movilidad de los iones, su concentración y valencia (Trillos, G.C. y Marciales, L., 1998).

El ensayo para la determinación de la Conductividad o Conductancia, se realiza con ayuda de un instrumento de medición ajustado para ello. La conductividad es generalmente expresada en micromhos por centímetro ($\mu\text{mhos/cm}$). Por el Sistema Internacional de Unidades, SIU, la recíproca del Ohm es el siemens (S) y la conductividad es reportada como milisiemens por metro (mS/m);

Procedimiento:

Se tomaron 50ml de cada muestra de agua, para cada nivel y estación, y en un cilindro graduado, se introdujo el sensor del conductímetro, previamente ajustado con solución equilibradora (agua destilada), y se tomaron las lecturas de cada una para posteriormente colocarlas en la tabla que se presenta a continuación:

La determinación del parámetro Conductividad en estas muestras se realizó basado en su utilidad para:

- ✓ Establecer grado de mineralización para evaluar efectos de su concentración en los efectos fisiológicos en plantas y animales, tasas de corrosión, entre otros.
- ✓ Para verificar el grado de pureza del agua.
- ✓ Para evaluar las variaciones en la concentración de minerales disueltos en aguas o aguas residuales.
- ✓ Estimar los sólidos disueltos totales de una muestra (en mg/L), que se obtienen de multiplicar la conductividad en $\mu\text{mhos/cm}/25^\circ\text{C}$ por un factor empírico que puede variar de 0,55 (hidróxidos y ácidos libres) a 0,9 (alta salinidad o aguas de calderas), dependiendo de la concentración, de la naturaleza de los componentes y de la temperatura.

Posteriormente a la recolección, los análisis a realizar incluyeron, Sólidos Totales, Disueltos y Suspendidos, que en la norma COVENIN 2461-87, se encuentran extensamente detallados.

En sólidos totales: Son el resultado de la materia que permanece luego de evaporar la muestra a una temperatura de $103^\circ\text{-}105^\circ\text{C}$, a peso constante.

En sólidos disueltos: Es la porción de sólidos totales que pasa a través de un filtro con fibra de vidrio y que permanece, luego de evaporar y secar a peso constante a una temperatura de 180°C .

En sólidos suspendidos: Es el material retenido en un filtro de disco de fibra de vidrio, después de la filtración de una muestra de agua de desecho bien mezclada. Se puede obtener por pesada del filtro o como la diferencia entre sólidos totales y disueltos. Evidencia de ello se puede observar en la figura N° 29:



Figura 29. Fotos de ensayo de los sólidos totales y suspendidos de las muestras de agua colectadas.

Capítulo V. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DINÁMICO

5.1. Modelo dinámico FPR de una sección del río Caucagua:

Fuente de emisión de sedimentos:

Para la caracterización integral de todos los factores estudiados en el presente trabajo, se diseñó el presente modelo detallado en la figura N° 30 como ejemplo de un sistema integrado por una entrada, tránsito y salida de materia y energía asociada a una sección del río Caucagua.

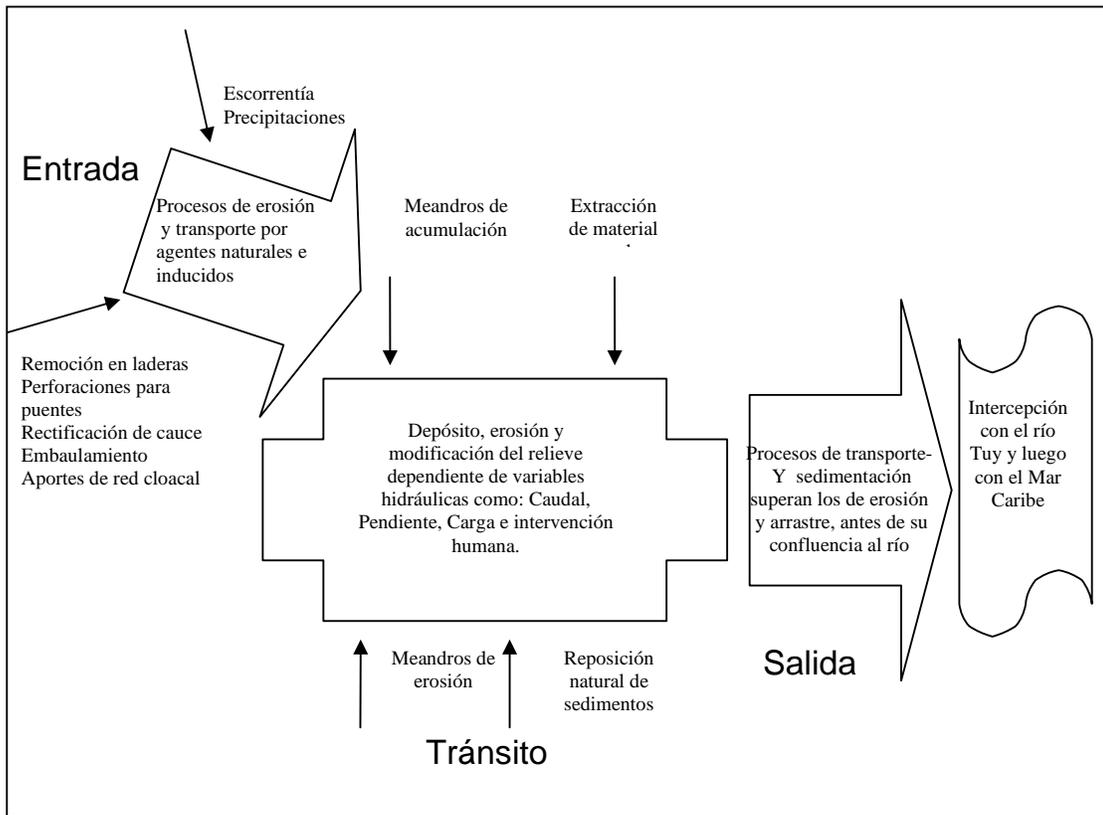


Figura 30. Modelo dinámico FPR del río Caucagua
Modificado de: Ericsson, P., 1994

La fuente de emisión de sedimentos (Entrada), corresponde a la carga de sedimentos que el caudal de este río se ha encargado de llevar desde su nacimiento en Caucañiita (sector al Este de la Urbina), carretera Petare-Guarenas, hasta la garganta del valle del carpintero-La Encrucijada.

Hasta este punto el río venía dejando sus aguas y sedimentos en un estrecho canal rodeado de montañas parte de la Cordillera noreste del Ávila, que al llegar a este punto, justo al pasar por debajo del puente hacia Aragüita, sufren un cambio de pendiente de 5m (75m a 70m), y luego paulatinamente va perdiendo altura hasta llegar casi a los 45m sobre el nivel del mar cercano a puente hacia Mendoza, lo que hace que el material quede en gran medida depositado en este sector.

En este sentido, como fuentes de emisión de sedimentos se encuentran:

- Sedimentación Potenciada por procesos naturales.

Se pueden ilustrar en la figura N° 31, con las Fotos 1 y 2, y comprenden las diferentes litologías ya discutidas en la descripción física y que han caracterizado a los sedimentos granulares de estos depósitos sedimentarios, que de manera natural, son llevados a esta zona como parte de la carga suspendida del río.



Figura 31. Fotos 1 y 2. Afloramientos en Puente Aragüita y bajo el puente del mismo nombre.

- Sedimentación Potenciada por efectos antrópicos.

Los fenómenos inducidos o potenciados se muestran en las Fotos 3 y 4 de la figura N° 32. Estos son por efecto de aquellas actividades que incluye a la Industria de la construcción urbanística y de infraestructura vial, respectivamente, lo que ha incrementado los problemas de erosión fluvial muy sentidos en este municipio Acevedo, reflejado en un comportamiento fuera de lo normal en el patrón de crecidas y migración lateral del río, tanto aguas arriba como aguas abajo del área de estudio.



Figura 32. Fotos 3 y 4. Afloramientos en Puente Aragüita y bajo el puente del mismo nombre.

Particularmente, uno de los factores más detonantes de la erosión de la cuenca es la construcción de la vialidad que incluye obras de envergadura por su costo económico y ambiental. En primer lugar, la construcción de la autopista Gran Mariscal de Ayacucho, que dejó atrás a la carretera vieja hacia oriente, fue el principio de este proceso de desarrollo vial. Posteriormente, la propuesta de la construcción de la troncal 9 cuyo estudio geomorfológico e hidráulico llevó a cabo Falcón A. (2001), motivó una campaña para la ejecución y finalización de la vía a oriente y la autopista hacia Higuerote, Rómulo Betancourt, ahora llamada Antonio José de Sucre, de la que actualmente solo falta un tercio para su culminación.



Figura 33. Fotocomposición vista hacia el Este, de trabajos de remoción de material en Puente hacia Aragüita.

La construcción de la autopista a Higuerote ha efectuado profundos cambios en la topografía y comportamiento hidráulico de las vertientes, llanura de inundación y río Cauçagua respectivamente. Así lo muestra la figura N° 33, donde se observa los efectos

de una fuerte denudación y posterior remoción de material para la construcción del distribuidor en Puente Aragüita. Su ejecución demandó mayor cantidad de material de préstamo por lo estratégico de su cercanía, fue directamente extraído del río; adicionalmente a la extracción efectuada por las areneras, lo cual generó una gran modificación fisonómica que ya puede ser percibido.

5.2. El proceso erosión-sedimentación como indicador de sustentabilidad

Erosión de sedimentos:

Como se denotó en el marco teórico, un río con patrón de meandro puede en ocasiones exagerar o suavizar las curvas de sus meandros, que al final de cuentas no es más que una respuesta a la búsqueda de equilibrio de corrientes y caudales. En este sentido, dentro de la zona de estudio, se realizan procesos de erosión y sedimentación de forma continua y simultánea, pues mientras en una curva se erosiona (orilla cóncava), en la siguiente se deposita el sedimento (orilla convexa), estableciéndose una especie de equilibrio entre lo que sale y lo que llega (Tránsito). Una vez que, por alguna de las modificaciones en las variables cauce, carga, caudal, pendiente, se genere un desequilibrio importante en la variación lateral del eje del río, se obtiene como resultado un cambio en el patrón de meandro exagerando su movimiento a tal punto que deja abandonadas parte de estas llamadas media lunas, lagos de oxbow o lagos en herradura. Uno de estos indicadores generó un efecto negativo en obras civiles que las pusieron en peligro de perderlas. Tal es así el caso del Terminal de pasajeros y manga de coleo, ubicadas en el centro del pueblo de Caucagua, que estuvieron bastante cerca de ser inutilizados por la amenaza de un meandro que llegó a rozarlos en su margen cóncava, afectando el material base donde se encuentran estas obras desde hace mucho tiempo.

Así mismo, a unos metros de allí la vía de acceso hacia Marizapa fue vulnerada en su sección derecha (margen izquierdo) sentido Caucagua-Marizapa, pues el río erosionó profundamente su base lo que obligó a la colocación de bolsacreto y posteriormente a ello la rectificación del cauce que hizo que el río se alejara lo suficiente.

En este mismo sentido, las quejas que las comunidades agrícolas hacen, de que cada vez es más difícil utilizar la vega del río para su explotación, pues ha vulnerado sus siembras, acortando su extensión y hasta llevándose en su paso parte de la cosecha destinada para su consumo y comercialización.

El empleo de actividades extractivas de material granular, dentro y fuera del cauce por parte de las operadoras mineras, hace que se modifique una de las variables hidráulicas del río, como es la carga, e imprime también efectos en la pendiente y por tanto la velocidad de la corriente del río lo que repercute en su comportamiento general.

Recepción de sedimentos:

La carga de sedimentos a lo largo del camino va sufriendo modificaciones que han ido imprimiendo una mala gradación a los depósitos de meandro, y por otra parte, han ocasionado suspensión de materiales finos mucho más lejos que antes, (Salida). Este comportamiento se puede corroborar examinando los diagramas granulométricos a lo largo del río, detallados en cada punto de muestreo (ver anexo 6), pudiéndose observar un afinamiento aguas abajo de los depósitos superficiales de las primeras capas colectadas, si comparamos los diagramas de distribución entre sí.

Si se extrapola este comportamiento aguas abajo, en la confluencia con el Tuy, se podría esperar mayores proporciones de finos que antes, pues al extraer los gruesos en el trayecto, se van concentrando los finos con mayor frecuencia. Prueba de ello son los depósitos de la llanura de inundación de la muestra única del punto M₇, correspondiente a Mendoza Abajo, que se compone en su mayoría de un limo en un 100% (que pasa 200).

4.3. Integración de las secuencias cartográficas para la creación de un modelo

La serie de mapas hallados del área de estudio en Cartografía Nacional, comprendió escalas desde 1:100.000 (año 1910) hasta 1:5.000 (año 1974), pasando por otras escalas variables de 1:50.000 y 1:25.000. Esta última tomada como base para la colocación de la información compilada y producida en la versión final del estudio.

La integración de mapas, se efectuó con ayuda de la herramienta Autocad, donde se integraron variables litológicas, topográficas, geológicas, hidráulicas, granulométricas y geomorfológicas, generando el modelo final aportado en este estudio.

Para el resultado final, se tomaron todos los rasgos importantes en las secuencias cartográficas halladas, que arrojaron información acerca de la variación de cauce o meandro resaltante en el río Caucaagua. Esto incluyó los estudios geológicos y

geomorfológicos que fueron destacados en los antecedentes de este trabajo y que dieron una caracterización completa de la subcuenca.

Finalmente, la disparidad entre las distintas escalas obligó al diseño de un mapa base final de escala apreciable y que permitiera integrar todos los datos procesados. Sobre el Ortofotomapa del año 1994, se plasmaron todas aquellas variables que se conjugan para dar como resultado el modelo Morfodinámico de la subcuenca Caucahua.

CAPÍTULO VI. Recopilación y aportes de herramientas de interpretación de datos:

6.1. Fotointerpretación de la subcuenca del río Caucaagua:

Como se señaló en el capítulo anterior, la descripción de la conducta del río Caucaagua en los últimos años, con ayuda de la herramienta fotogeológica sólo fue posible en 2 períodos de misiones alejadas entre sí por lo menos 24 años; éstas son la 03-01-98 y 03-03-207, respectivamente del año 70 y 94. Aún cuando lo planteado en principio en esta investigación fue más tiempo, misiones más antiguas se han contaminado y no son accesibles al público esencialmente por lo peligroso de su manipulación. A pesar de ello, se contó con estas dos misiones y se hallaron aspectos importantes:

En líneas generales, el área de estudio está circunscrita en un relieve bien diferenciado, topográficamente, y básicamente está separado topográficamente en un área elevada y otra deprimida, la cual es atravesada casi de noroeste a sureste por el río Caucaagua.

El área elevada es parte del sistema montañoso de la Cordillera nororiental del Ávila, cuya geología ha sido descrita en líneas anteriores, mostrando un patrón casi regular en la dirección de los ejes anticlinales, aproximadamente E-W y sus componentes geográficas; así mismo, un patrón de escarpes de falla y sistema de fracturas casi N-S, invadidos por la red hidrográfica que alimenta al río Caucaagua comprendiendo algunos ríos y quebradas de menor envergadura.

En contraposición se observa un área llana, al sur de la primera, correspondiente al emplazamiento de la llanura de inundación del río en estudio y que luego se continúa al este para integrar lo que se ha denominado la llanura de Barlovento (Ver mapa de cuenca en anexo 1), finalizando en la costa o litoral con el mismo nombre. Cabe destacar que ésta muestra cierta complejidad por el tono en la vegetación que se ha desarrollado sobre los sedimentos que allí se depositaron y que el drenaje, posteriores veces se encargó de tallar. Esto permite señalar, que en esta misma llanura de inundación se pueden encontrar por lo menos 2 sistemas de terrazas que muestran posible rejuvenecimiento de este río, como lo señala la figura 34.

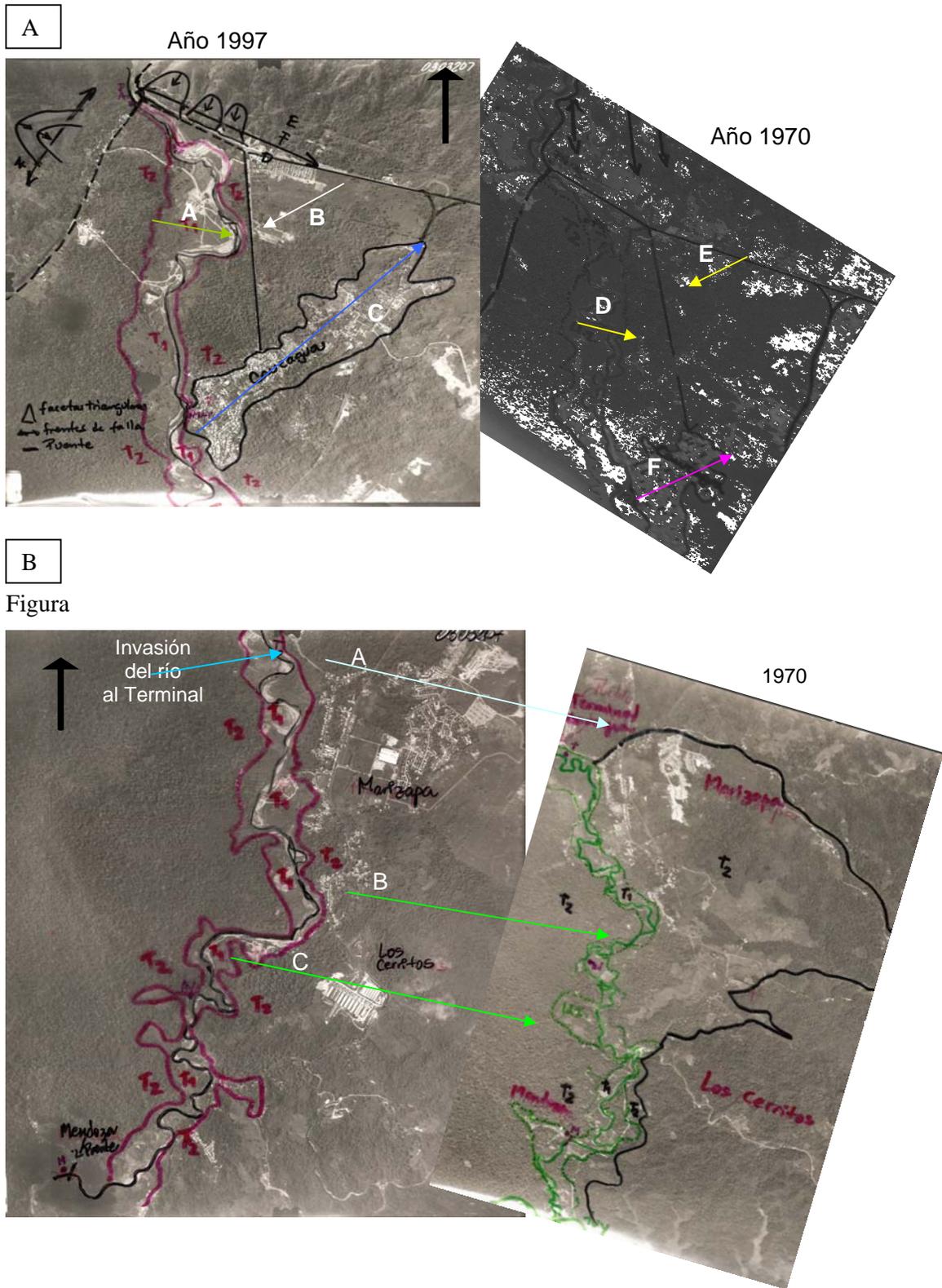


Figura 34. Fotointerpretación comparada del área de estudio para 1970-1997.

Es importante destacar, que el río Grande o Caucagua, está influenciado por el cambio de pendiente, pues este discurre encajonado en un sistema de valles y escarpes intramontano antes de la progresiva 0+000 en puente a Aragüita, donde se expulsa el caudal que trae el río, y que dada la baja pendiente, el eje del curso del río tiende a divagar para así alargar más el trecho y poder dejar depositado la gran carga de material que trae consigo.

Al Sur, hasta que el río hace conexión con el Tuy, se presenta claramente un relieve más homogéneo, con un grupo de pequeñas elevaciones sin importancia al suroeste correspondiente al sector Los Cerritos, rodeado al norte por el sector Marizapa donde se señala una posible Terraza secundaria T₂, que se halla bordeando por ambas márgenes al Caucagua. La Terraza T₁ primaria corresponde a la llanura de inundación de este río.

Como puede notarse en las fotografías anexas del índice 030198 y 0303207, se demarcaron los ejes del río Caucagua para cada fecha respectiva (1970 y 1997), observándose que la sinuosidad aparente es mayor en los años 70 que en fecha más reciente. Para la obtención de este parámetro morfométrico se tomó como base la relación entre la variación del cauce y el de su valle por tramos, en función de las estaciones o puntos de muestreo ya señalados en líneas anteriores.

En esta planicie o llanura de inundación se han reflejado algunos cambios importantes, como son la invasión de áreas agrícolas durante las crecidas del río, pronunciada acción de las crecidas en época de invierno o período de precipitaciones, modificación del ancho del cauce, así como varios fenómenos que corresponde a cambios que indican que algo pasa aguas arriba, principalmente y en el trayecto puente a Aragüita, progresiva 0+000 y puente Mendoza, progresiva 12+700.

CAPÍTULO VII. RESULTADO Y ANÁLISIS

En esta sección se establecen los factores y actores que desencadenan la sedimentación tanto desde el punto de vista natural, como aquellos donde la mano del hombre ha efectuado cambios que han pronunciado su respuesta, reflejando la morfología de la cuenca en estudio.

7.1. Relación causa-efecto en matriz de evaluación sobre la salud ambiental:

A partir de la matriz de observación (anexo 7), se pudo conocer la participación de variables ambientales, socioeconómicas y culturales sobre el medio ambiente, lo cual permitió señalar, que el aire se halla impactado de manera importante, pues se encuentra afectado por partículas suspendidas y ruido producto de la actividad extractiva principalmente, lo que afecta otras variables como la disminución de la fotosíntesis y la migración de especies.

La ocurrencia de inundaciones y mala planificación en el manejo de sólidos aguas arriba, ha afectado las márgenes que hacen que el río traiga consigo desechos que va dejando abandonados dentro de sus depósitos sedimentarios o que va obstruyendo su libre cauce, desencadenando migraciones forzadas del mismo.

La dinámica que el río ha protagonizado en los últimos años, está permitiendo depósitos de finos y material grueso que eventualmente ha favorecido inundaciones, así como migraciones imprevistas del cauce, en épocas de máximas crecidas. Un ejemplo muy reciente fue el ocurrido en el evento del 2002, donde uno de los estados más afectados fue el mirandino, específicamente, los municipios Plaza, Zamora, Acevedo y Brión, con la crecida pronunciada que registró el río Caucaagua y sus afluentes, así como embalses como el Guapo que se surten de la red hídrica.

Así mismo, la erosión de las márgenes ha repercutido negativamente en la vegetación allí emplazada, así como las siembras programadas (conucos).

Aunque no tan extensamente, los sectores hoy ocupados por la extracción de agregados granulares fueron en otrora áreas de práctica agrícola, lo que representa una sustitución de uso que debe armonizarse de tal forma que ambas prácticas económicas logren el equilibrio. No se justifica un espacio baldío donde no se aprovechen los recursos existentes, pero al hacerlo se deben cumplir normas básicas de conservación, respetando al entorno. Aproximadamente el 80% del área es baldía en la zona de estudio, o es utilizado pocos focos para la agricultura de subsistencia, el resto corresponden a zonas desmalezadas o de llanura de inundación del río, tal y como se puede observar en la figura 34 (Capítulo VI).

Aún cuando no se realizaron estudios bacteriológicos, pues se escapaba de los objetivos planteados, se puede afirmar que el río Caucaagua que surte de agua dulce a esta cuenca, no es apta al consumo humano, los desechos cloacales que recoge de los municipios aguas arriba, así lo determinan. Adicionalmente, la continua remoción de material granular hace que sus aguas no se “oxigenen” lo que les da un color y olor muy característico. Esto no permite dar uso recreativo al río, como lo son los ríos Chuspita o Araira por ejemplo, que es utilizado como balneario por los visitantes propios y foráneos.

El río Caucaagua lamentablemente sirve de sistema de drenaje cloacal a este y otros municipios y lleva sus aguas comprometidas en sedimentos y baja calidad a las del río Tuy, adicionando a éste no menos efectos de la explotación al que es sometida toda su cuenca, en el Tuy alto y medio. Situación que se empeora pues hay ausencia de plantas de tratamiento y edificaciones que se encarguen de promover su utilización; los desechos y aguas servidas se drenan al río sin ningún control aparente.

Existen infraestructuras de higiene y salud del municipio como el Hospital General de Caucaagua, medicaturas y centros de diagnóstico primario que han llevado estadísticas de enfermedades ocasionales y frecuentes de los usuarios del nosocomio y que son discutidas en el capítulo II, en el punto tratado sobre morbilidad. En cuanto al Índice de Desarrollo Humano (IDH), de acuerdo a lo investigado en el mismo capítulo, la subregión está impulsada por el creciente urbanismo, explotación de recursos minerales no metálicos, agrícolas “ruta del cacao”, y turístico recreacionales que hacen al municipio Acevedo

partícipe importante de este crecimiento del IDH. Esto ha generado un flujo de oferta y demanda de recursos e insumos que hace elevar el crecimiento económico de esta aparte del estado Miranda. Así mismo, lo hace partícipe del mercado interno y foráneo que surte de recursos al estado.

En conclusión, el instrumento de matriz evaluativo diseñado para este estudio, recoge una serie de observaciones que permiten evaluar y cuantificar la magnitud de los cambios que se han presentado en esta sección del río Grande o Caucagua, por lo menos en los últimos 30 años. Se estima que estos cambios se acentúen de continuar la política de explotación no sustentable lo que resultará en un agotamiento de los recursos disponibles. De ser lo contrario, al planificar la ocupación y uso de los espacios disponibles, así como los recursos naturales de manera sustentable, se traducirá en un equilibrio significativo, lo que permitirá el desarrollo armónico de esta subregión para la presente y futura generación.

7.2. Respuesta de factores y actores en la sedimentación de un río sinuoso:

7.2.1. Factores y actores Granulométricos

Con ayuda de la herramienta granulométrica, se pudo obtener una aproximación de las sucesivas capas de sedimentos que caracterizan un ambiente sedimentario de río sinuoso (con meandros). Estas aproximaciones se lograron a través de la construcción de curvas granulométricas (anexo 4) y posteriormente el gráfico de frecuencias respectivo, que facilitó su descripción horizontal y verticalmente. Éstas se encuentran descritas en las tablas de datos de perfiles que acompañan cada curva granulométrica. Las descripciones permiten a grandes rasgos dar una evaluación sedimentológica básica de las facies halladas en la zona de estudio.

Granulometrías por nivel:

Específicamente este comportamiento se halla ilustrado por los siguientes resultados:

Puente Aragüita, la mayor parte está compuesta por arena limosa, con cierta proporción de grava hacia el tope y a 146cm se vuelve a repetir para volver a presentarse a 2,28m de manera cíclica.

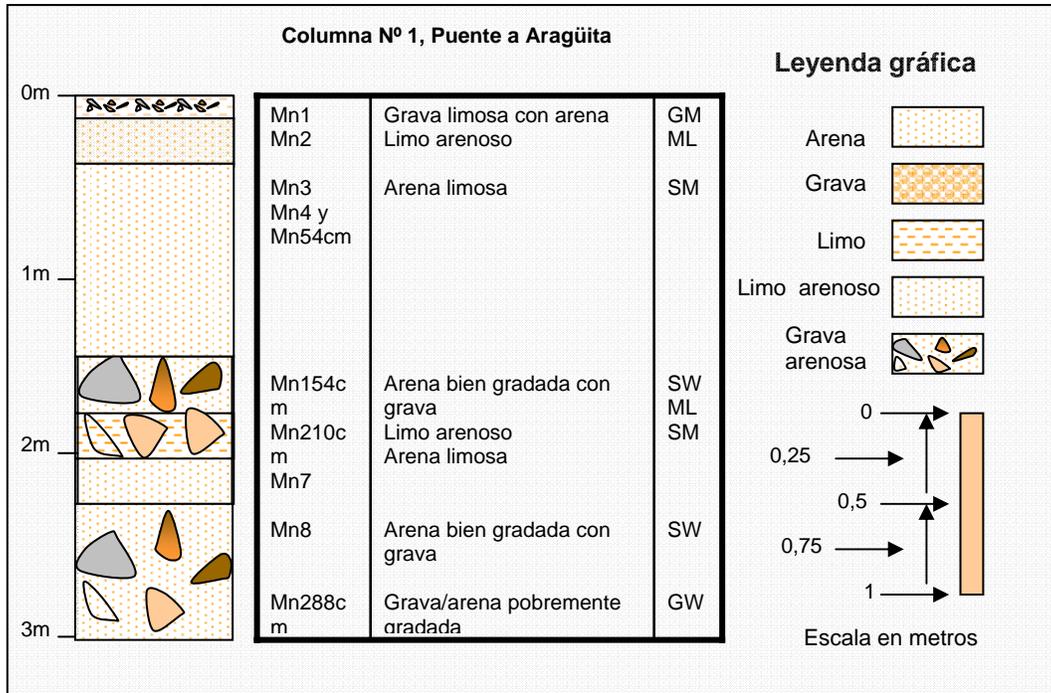


Figura Nº 35. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Puente Áreas, Como se observa, la secuencia corresponde a un gran lente de arena limosa protegido arriba y abajo por niveles de grava con arena, presenta las siguientes granulometrías por nivel:

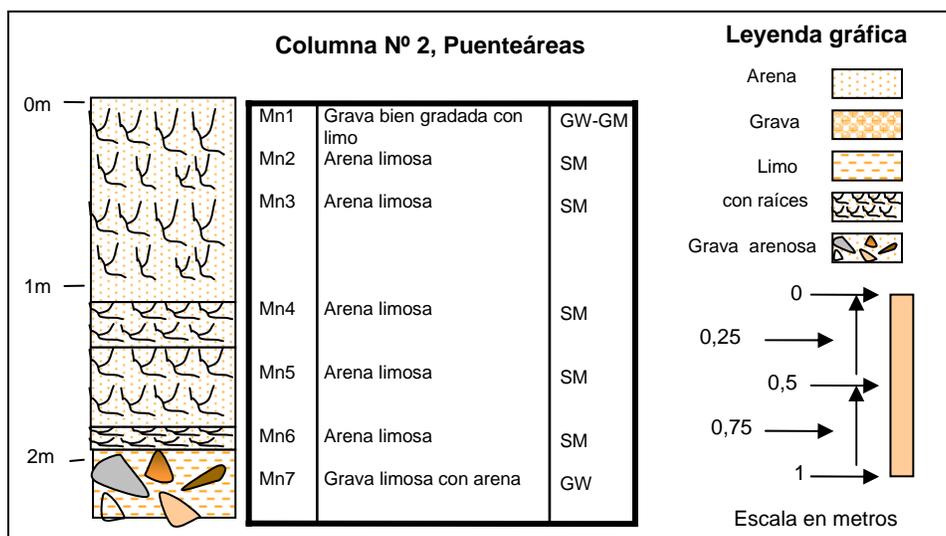


Figura Nº 36. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Ministerio de Agricultura y Tierras MAT, presenta una secuencia con abundantes finos y restos vegetales en casi toda su extensión:

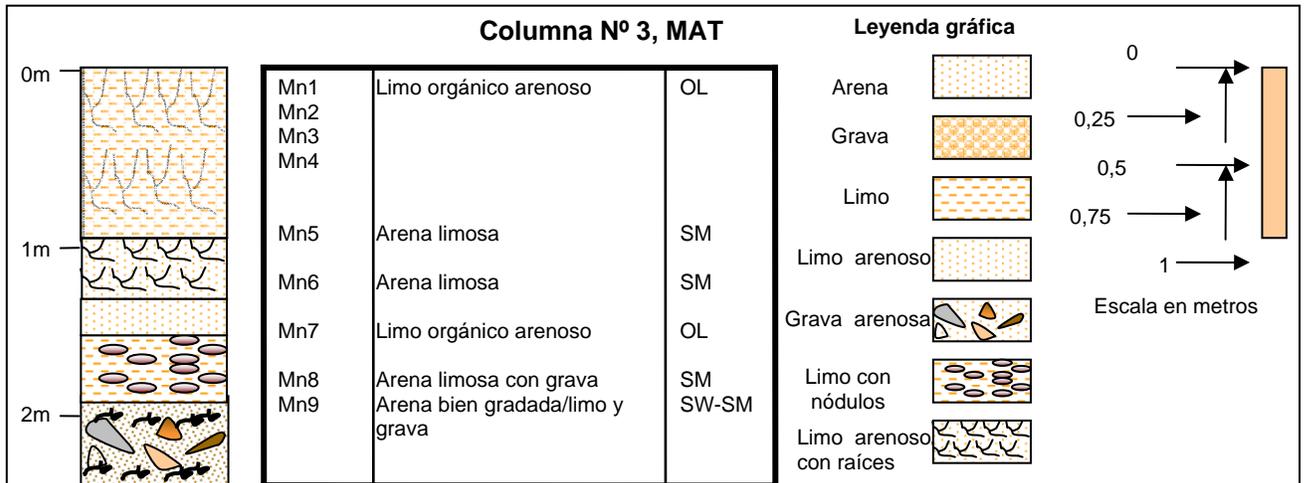


Figura N° 37. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

En este mismo sentido y siguiendo aguas abajo, se tiene la sección levantada en el sector frente al Terminal de Caucaagua margen izquierda del río. **Terminal**, presenta las siguientes características texturales:

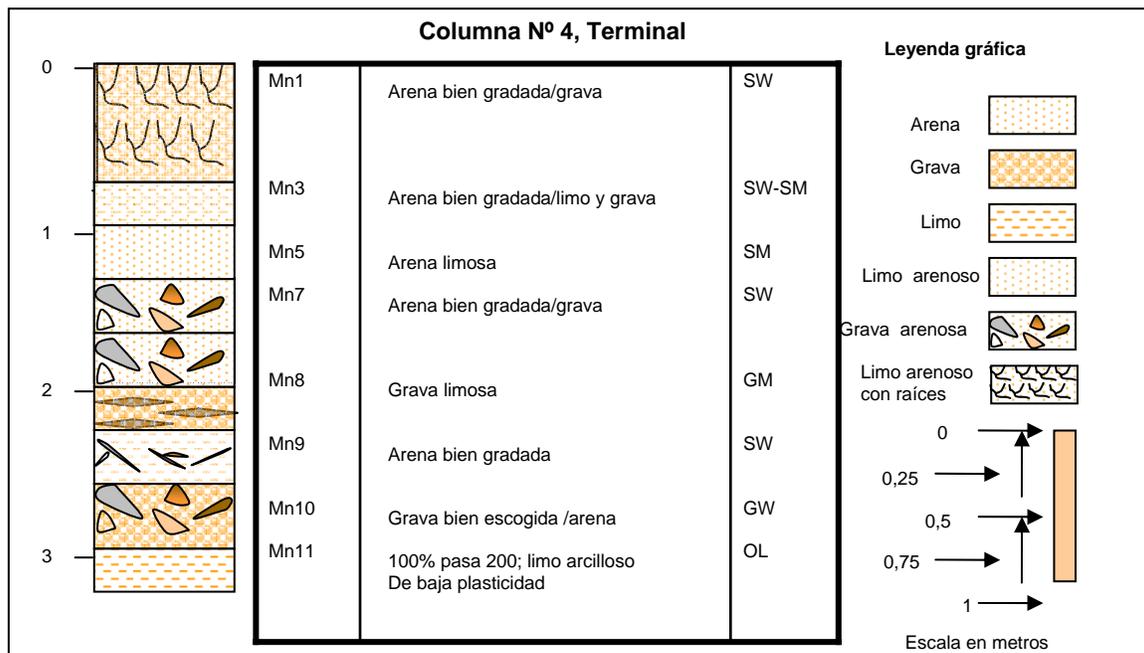


Figura N° 38. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Ávilarena. En esta sección, se encontraron mejor preservadas secuencias en la margen derecha, por lo que se llegó a ésta atravesando el río Cauca:

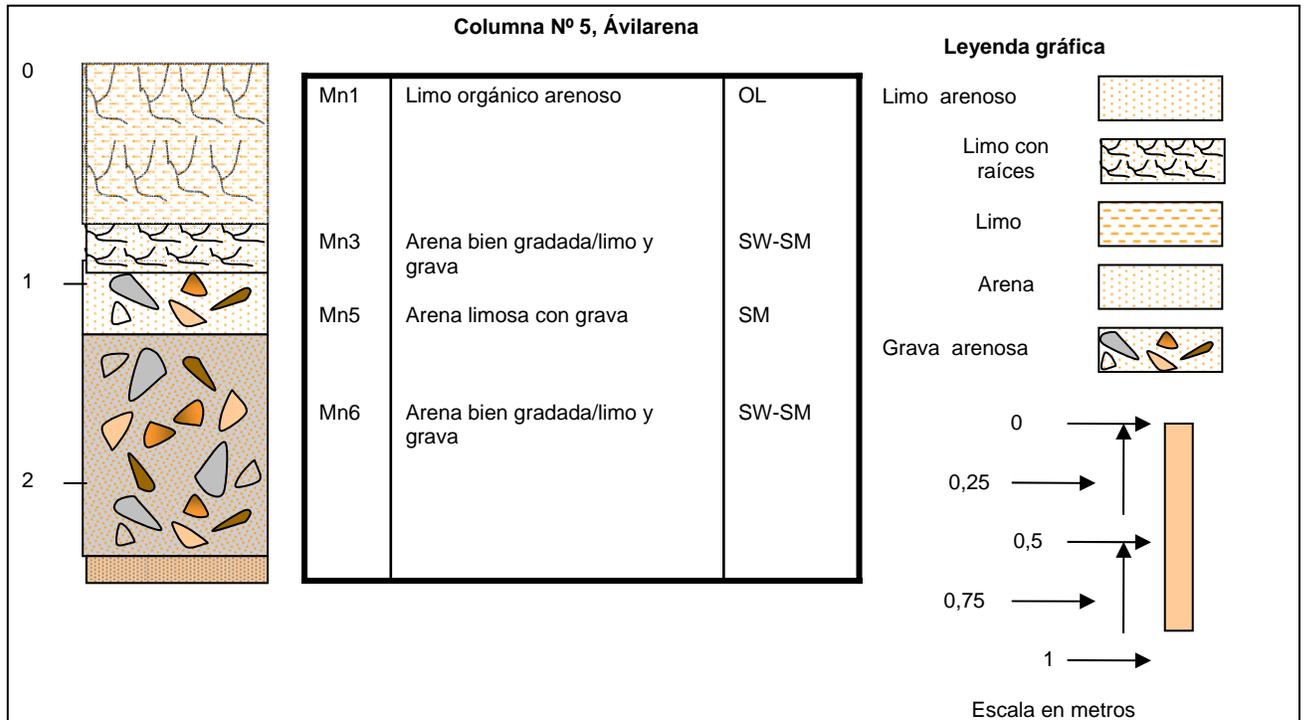


Figura Nº 39. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia

Puente Mendoza, en esta sección el material presenta características bien distintas a las halladas aguas arriba, en cuanto a textura y color lo que refleja un posible aporte distinto al registrado en el resto de las secuencias levantadas.

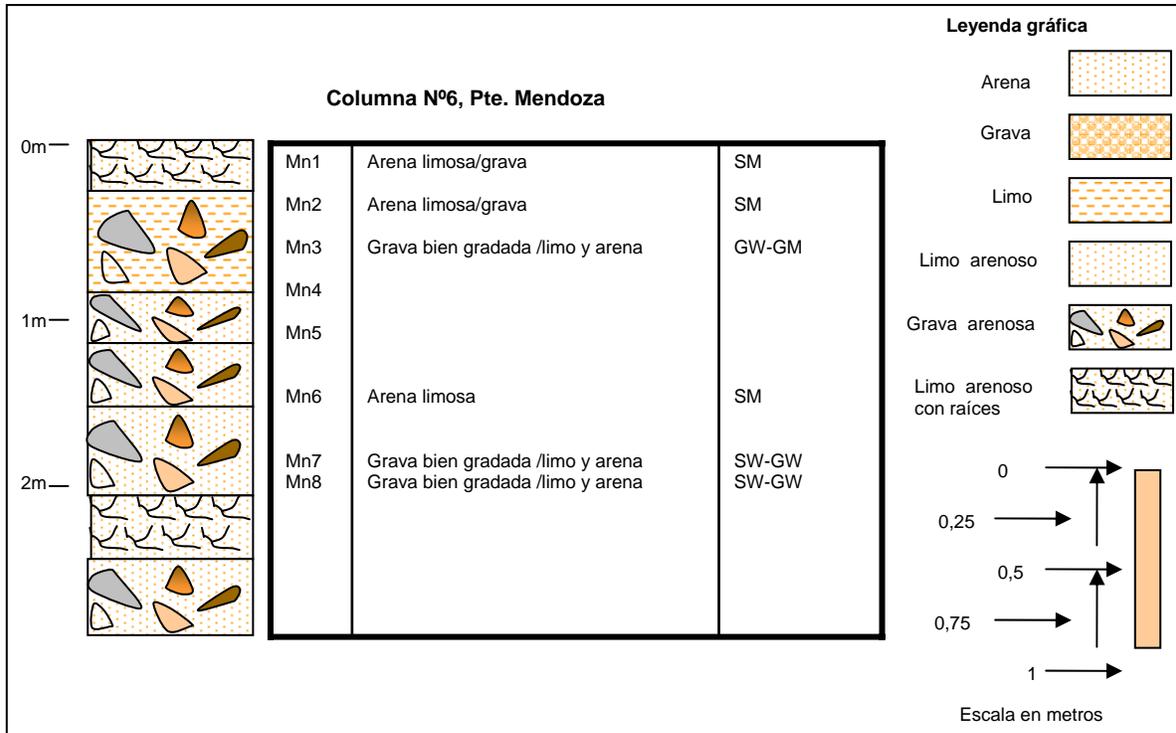


Figura N° 40. Columna de los sedimentos de canal levantados durante la realización de este trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Mendoza abajo, es el punto final, encontrado en una localidad localizada aguas abajo de Puente Mendoza, correspondiente a un sector compuesto en gran parte por la llanura de inundación del río Caucaagua. No se encontraron secciones verticales para muestrear, por lo la única muestra se caracterizó como arena limosa y de acuerdo a la nomenclatura se clasifico como SM.

Una secuencia con material bastante grueso con cantos de hasta 10cm, como lo muestra la tabla N° 14, donde se señalan las características de la granulometría mayor a 1 pulgada:

Tabla 14
Descripción de granos mayores a 1 pulg

Muestra	Dimensiones	Rugosidad	Mineralogía	Tipo de Roca	Observaciones
M4N2	1 a 8 cm	Sub.-angulares.	Qz, feld., Cuarcita, calcita, pátina muy oxidados	Gneiss	Embebidos en arena gruesa y gravilla
M4N3	5 a 10 cm	Sub.-angulares.	Cuarcita, calcita, pátina muy oxidados	Gneiss	Embebidos en arena gruesa y gravilla
M4N4	1 a 6 cm	Sub.-angulares	Cuarcita, calcita, pátina muy oxidados	Gneiss	Embebidos en arena gruesa y gravilla
M5N8	1 a 5 cm	Sub.-angulares	Qz., pátina amarillo latón en filita.	Filita, Gneis Cuarcítico	Embebidos en capas de finos y bandeadas
M5N11	1 a 2 cm	Sub.- angulares	Qz., pátina amarillo latón en filita, óxido de Fe, calcita.	Filita, Gneis Cuarcítico	Embebidos en capas de finos y bandeadas
M6N1	2 a 7 cm	Mediana a baja	Cuarcita, Gneiss	Metamórfica	Amorfos
M6N5	5 cm	Alta	Gneiss , cuarcita	Metamórfica	Redondeados
M6N8	1 a 2 cm	Planares y ang.	Gneiss, cuarcita	Metamórfica	Planares

En el examen de las muestras más finas, se encontraron que nueve de ellas requerían de ensayos más específicos como el de hidrómetro (anexo 4) y de mancha del azul de metileno (anexo 5), de cuyo resultado se obtuvo la tabla N° 15, para descartar la presencia de arcillas nocivas en estos sedimentos.

Tabla 15
Resultados de ensayo de azul de Metileno

Muestra	Localidad	Valor Azul	Fracción arcillosa %	Indice de nocividad	Significado práctico de Nocividad
M1N1	Ávilarena	15	14	11,01	Activo
	Ávilarena	15	8	19,09	Muy Nocivo
M1N2	Puenteareas	10	9,3	11,19	Activo
M3N5	MAT	10	9,3	11,56	Activo
M4N3	Mendoza	12	21	5,82	Normal
M5N4	Mendoza	12	21	5,82	Normal
M5N8	Terminal	15	21	7,25	Normal
M6N1	Terminal	10	8	12,76	Nocivo
M6N3	MAT	10	7	14,48	Muy Nocivo
M8N3					

Así se puede observar en la tabla 16, los resultados de estos ensayos, de los mismos se obtuvo que la mayor parte presentó velocidades medias a moderadas de caída de sedimentos, lo que en conjunto en relación a los índices de erosividad y coloides, se logró concluir que 30% de estas muestras tienen suelos de carácter nocivo y peligroso, otro 30% moderadamente erosivos y el resto corresponden a niveles cuyos finos se consideran con un comportamiento normal.

Tabla 16
Resultados de granulometría por hidrómetro

Muestra	Localidad	% de finos pasa 200	Fracción arcillosa%
M1N1	Ávilarena	98,04	14
M1N2	Ávilarena	97,60	8
M3N5	Puenteareas	82,84	9,3
M4N3	MAT	86,34	9,3
M5N4	Mendoza	92,88	21
M5N8	Mendoza	88,12	21
M6N1	Terminal	100	21
M6N3	Terminal	92,46	8
M8N3	MAT	67,24	7

7.2.2. Factores y actores físico hidrodinámicos:

En cuanto a las muestras de agua colectadas de los 5 puntos a lo largo del área de estudio, muestreadas a tres intervalos de profundidad, por cada punto, se analizaron y chequeó una variación importante de sedimentos suspendidos en función con la profundidad, como se encuentra detallado desde la tabla 13 (Capítulo IV). Las muestras que se tomaron en tres niveles: fondo, intermedias y superficiales, dando un total de 15 muestras para este análisis, se les practicó los análisis de sólidos suspendidos, disueltos y totales, para lo cual se requirió en principio de la medición de la conductividad como a continuación se puede observar en la tabla N° 17 y 18 respectivamente.

Es de hacer notar que los resultados en sólidos totales presentan una marcada tendencia a aumentar de aguas arriba (punto El Banqueo) a aguas abajo (Mendoza); pues los valores tienden a incrementarse hacia éste último punto. Por otra parte, dentro del mismo punto de muestreo o localidad, se observa un aumento de este parámetro en las tomas intermedias, donde el sedimento es transportado por el cauce en parte por saltación y en parte como carga suspendida.

Tabla 17
Conductividad (micromhos/cm)

Muestras	T°C	Conductividad	mS
Ma1ps	26,4	500	0,5
Ma1pim	26,3	499	0,499
Ma1pf	26,2	502	0,502
Ma2ps	26,3	487	0,487
Ma2pim	26,4	487	0,487
Ma2pf	26,5	488	0,488
Ma3ps	26,3	488	0,488
Ma3pim	26,3	488	0,488
Ma3pf	26,4	488	0,488
Ma4ps	26,4	465	0,465
Ma4pim	26,3	465	0,465
Ma4pf	26,3	466	0,466
Ma5ps	26,3	511	0,511
Ma5pim	26,3	511	0,511
Ma5pf	26,4	510	0,51

Sólidos disueltos/Conductividad= relación (0,5-0,6)

Tabla 18
Tipo de Análisis: Sólidos Totales (mg/L)

Nº muestra	Volumen ml	Peso Inc mg	Peso Fin mg	PF-PI (mg)	S.Tot(mg/L)
Ma1ps	50	27544,4	27565,1	20,7	414
Ma1pim	50	31208,8	31323,4	114,6	2292
Ma1pf	50	28167,3	28192,2	24,9	498
Ma2ps	50	36255,9	36283	27,1	542
Ma2pim	50	33180,2	33214,7	34,5	690
Ma2pf	50	28677,3	28708,2	30,9	618
Ma3ps	50	32282,9	32312,4	29,5	590
Ma3pim	50	31547	31576,9	29,9	598
Ma3pf	50	27237,4	27267	29,6	592
Ma4ps	50	33178	33195	17	340
Ma4pim	50	26254,2	26,271,8	17,6	352
Ma4pf	50	21209,3	21226,8	17,5	350
Ma5ps	50	27543,1	27560,2	17,1	342
Ma5pim	50	28677	28695,7	18,7	374
Ma5pf	50	28165,8	28183,8	18	360

El comportamiento descrito era de esperarse, pues por una parte está la acción erosiva, acumulativa que el río Cauçagua ejerce sobre los sedimentos a lo largo del mismo, pero

también se entiende como producto de los movimientos y turbulencias asociados a la explotación mientras que ocurre concretamente en el tramo en estudio.

Esta aseveración puede ser apoyada con los resultados obtenidos en los dos puntos aguas arriba de la zona afectada por la explotación mineral. Dichos resultados, indicados en la Tabla N° 19 en color rojo, dejan ver valores mucho menores que en el resto de los puntos, lo cual permite asegurar la observación dada. Se puede observar las diferentes características de los sólidos totales y suspendidos en cada punto de muestreo.

Tabla 19
Sólidos suspendidos de muestras colectadas en zona de estudio

Nº platillo	Nº muestra	Volumen ml	Peso Inc mg	Peso Fin mg	PF-Fi (mg)	PF-PI/50x1000 (mg/L)
3	Ma1ps	50	1324,5	1330	5,5	110
10	Ma1pim	50	1389,3	1393,9	4,6	92
11	Ma1pf	50	1327,9	1336,5	8,6	172
1	Ma2ps	50	1385,4	1400,3	14,9	298
7	Ma2pim	50	1329,9	1345,8	15,9	318
6	Ma2pf	50	1326,4	1333,6	7,2	144
13	Ma3ps	50	1387,9	1399,9	12	240
5	Ma3pim	50	1391,5	1402,2	10,7	214
16	Ma3pf	50	1318,2	1330,8	12,6	252
2	Ma4ps	50	1326,7	1330,2	3,5	70
8	Ma4pim	50	1334,7	1339,1	4,4	88
23	Ma4pf	50	1320,3	1324,4	4,1	82
24	Ma5ps	50	1323,5	1328	4,5	90
9	Ma5pim	50	1328,7	1332,5	3,8	76
4	Ma5pf	50	1329	1332,4	3,4	68

En cuanto a los sólidos suspendidos que van directamente referidos a los sedimentos finos que el río logra llevar más lejos en su recorrido, se observa un evidente aumento de aguas arriba hasta aguas abajo, pero sobre todo en áreas cercanas a las zonas de explotación, como es el caso de las dos areneras de mayor explotación, Puente Áreas y La Marrón.

Puede observarse por ejemplo, como de valores de 70 mg/L en los puntos fuera del alcance de la explotación mineral (aguas arriba), se presentan valores que llegan hasta 318 mg/L, es

decir casi cinco veces más sedimento suspendido. Estos valores de sólidos suspendidos también presentan similar comportamiento en los sólidos totales.

7.3. El proceso erosión-sedimentación como indicador de sustentabilidad

La distribución granulométrica modelada para este estudio está apoyada en la ubicación por proporciones de los tamaños representativos de los sedimentos analizados. En el triángulo GAF mostrado a continuación en la Figura N° 35 (Grava-Arena-pasante 200, modificado de Shepard), se presenta dicha distribución:

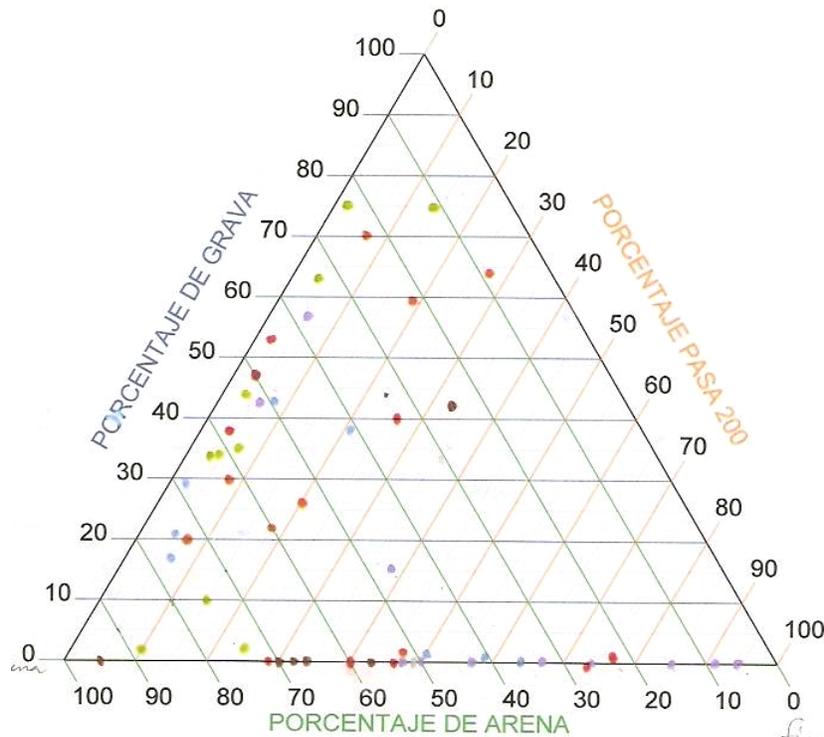


Figura 41: Triángulo de distribución granulométrica
Modificado de: Shepard (Casanova O., E. 1996)

En líneas generales, hay una tendencia de que la mayoría de las muestras ploteadas en el gráfico sean de texturas gruesas, es decir, gravo-arenosa, pues $20/56=35,08\%$, presenta menos del 10% de material fino que pasa 200, por tanto el rango coloca el grupo como gravo-arenosa.

Por otra parte, se puede observar una tendencia muy marcada de muestras que se ubican entre un 10% a 70% con granulometría A-F, siendo aquellas ricas en finos correspondientes al 36,8%, cantidad considerada importante. El resto, que está representado por el 28,12 % presenta un rango granulométrico más homogéneo pues se pueden encontrar en ellos proporciones importantes de los 3 grupos texturales.

Con respecto a la disposición areal de las proporciones granulométricas, se tiene en general que superficialmente las secuencias tienden a ser más arenosas hacia aguas arriba y más de textura fina a gruesa, aguas abajo. Esta sección es utilizada por los lugareños como vega para la cosecha de sus productos de subsistencia.

7.4. Valoración y Significancia de las variables aplicadas en este estudio de Impacto Ambiental Acumulado (EIAA).

En el anexo 7, como se señaló en la sección 7.1 del presente capítulo, se discutieron los resultados arrojados por las variables consideradas como relevantes en la matriz de evaluación diseñada.

En esta sección, se pretendió valorar o ponderar estos indicadores con la utilización de elementos seleccionados por el “método de los criterios relevantes integrados”. Parte de la metodología es aplicada para estudios de Impacto Ambiental desde hace más de 10 años por la consultora Ingeniería Caura S.A. (1985).

En este sentido, los indicadores tomados en cuenta para la valoración incluyen el de cambio de uso, de agrícola a industrial-minero y las inundaciones; siendo los elementos de la evaluación ponderados a través de los siguientes criterios:

1. Probabilidad: los datos plasmados en la sección 2.1.8., capítulo II, en la tabla 8 sobre “Areneras que explotan en el río Caucagua”, se indican las reservas estimadas producto de una revisión por parte de la Gobernación del Estado Miranda en el año 2005. Estos valores no son suficientes para estimar los años de explotación que quedan en estos depósitos de material granular, pero permiten establecer según el criterio del especialista, que la

probabilidad que el impacto “cambio de uso” se produzca durante la vida del proyecto es de “media” a “alta”.

2. Intensidad: esta valoración se refiere al grado de perturbación y su valor socioambiental, el cual fue considerado para ambos como “medio”, de ponderación 5. Es decir, medio (valor 5) de acuerdo al grado de perturbación, y medio (valor 5) de acuerdo al valor socioambiental.

3. Extensión: en cuanto a la medida del ámbito espacial o superficie de afectación se indicó una amplitud de un 30% de áreas afectadas por el cambio de uso y por las inundaciones, haciendo la salvedad de que estas últimas se van potenciando aguas abajo de la primera arenera en adelante, pues las transformaciones que se dan en cada una de las explotadoras se van sumando y pronuncian sus efectos en las otras (efecto en cadena).

4. Duración/Desarrollo: en relación al período en el cual se sienten las repercusiones del proyecto de explotación, se piensa que son permanentes, es decir, que se presentarán durante todo el período de explotación de la cuenca. En este sentido, la durabilidad del evento tendrá repercusión directa sobre la intensidad de los efectos. En este caso, las inundaciones serán más frecuentes y pronunciadas; y las áreas afectadas por cambio de uso serán cada vez más densas. El valor asignado de 7 corresponde a cada aspecto, de desarrollo y duración del efecto.

5. Reversibilidad: finalmente, este aspecto señala la capacidad que tiene el medio de retornar a una condición similar a la original, que en la subcuenca de Caucagua puede ser analizada considerándose en ella una buena capacidad del medio para restituir las condiciones similares a las originales. Este carácter se relaciona con la capacidad del río Caucagua de reponer los sedimentos que las empresas explotadoras extraen constantemente dando oportunidad para que se desarrollen comunidades vegetales pioneras que evolucionan rápidamente ayudado por el clima y propiedades del suelo en la zona.

Así mismo, la riqueza de sus suelos permite la aplicación de prácticas agrícolas, lo que devolvería en poco tiempo el uso original que se les dio a estas tierras. Se considera que el nivel correspondiente a esta valoración es “media” (valor 5), lo cual señala un índice de reversibilidad a mediano plazo, entre 1 y 5 años, una vez cesen todas las actividades de explotación (tanto aguas arriba como aguas abajo).

Al aplicar la fórmula lineal sugerida por el método de Ingeniería Caura S.A., para la valoración del impacto ambiental (V.I.A.), se tiene:

$$V.I.A.= 0,4 (5) + 0,2 (5) + 0,1 (7) + 0,1 (5)$$

$$V.I.A.= 4,2$$

Este resultado, ubica a este factor de valoración V.I.A. en 4,2; como un índice de probabilidad media, tipo IV, que puede ser consultada en el anexo 8, lo que permitió catalogarla como **correctiva, mitigante o compensatoria y preventiva** sólo en caso de ser muy económica.

Cabe destacar, que dada esta cuantificación del impacto, se puede llevar a cabo con políticas de planificación atenuantes en el presente, como correctivas y preventivas a futuro, de los efectos acumulados de modificación del espacio agrícola por el industrial-extractivo-minero, así como de las inundaciones periódicas a zonas agrícolas y urbanizadas.

7.5. Acciones Correctivas, Mitigantes y Preventivas.

Es importante destacar en esta sección que sólo el consenso entre los diferentes entes que se encuentran beneficiados y afectados por las prácticas económicas en la subcuenca Caucaagua, puede conjugar las piezas claves para dar un uso racional a la cuenca y obtener de ella los máximos beneficios sustentablemente.

Las acciones correctivas corresponderán a la toma en consideración de las vulnerabilidades que poseen los recursos explotados y explotables de la subcuenca y su revisión conciente y comprometida por los entes involucrados, tanto privados (areneras) como estatales

(alcaldías), nombrando para ello árbitros eclécticos que incluyan a la academia (UCV), dándole oportunidad a la misma de aplicar aquellos métodos que mejor se puedan adaptar a la problemática ambiental presente. Esto asegurará una acción correctiva, conciente y sostenida.

Por otra parte, las acciones mitigantes actuarán de forma inmediata sobre aquellos conflictos que surjan con la puesta en práctica de acciones correctivas y de la explotación misma de la cuenca. En ello, las autoridades estatales, municipales y entes gubernamentales como el Ministerio del Ambiente jugaran el rol principal como orientadores y las comunidades como vigilantes de que ello se cumpla.

Por último, las acciones preventivas, surgirán por efecto de las antes aplicadas, lo que a través de una red de planificación de todos los actores involucrados, se puedan incluir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los recursos naturales y humanos de la subcuenca Caucaagua con el objetivo de hacerla sustentable.

CAPITULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

8.1. Conclusiones:

En el presente trabajo de investigación se han empleado herramientas como la sedimentológica, geológica y fotogeológica de análisis secuencial de pares estereográficos, para evaluar el impacto ambiental acumulado en la subcuenca del río Caucagua. Con ello se logró evaluar, de manera histórica, dinámica e integral el tramo del río Grande o Caucagua, perteneciente a la cuenca baja del río Tuy, de los procesos extractivos (arenas y arcilla) y de explotación urbanística aguas arriba y aguas abajo, aplicando herramientas del estudio sedimentológico bajo la metodología de impacto ambiental acumulado, como aporte en la búsqueda de mejorar tanto decisiones en planificación minera, en control de sedimentos y en el manejo integral de recursos naturales y socioeconómicos en el área de estudio hacia la sustentabilidad en el sector extractivo mineral.

Se delimitó el área de estudio en detalle con descripción de los factores biofísicos naturales y socioeconómicos del área y se realizó el levantamiento de información descriptiva de los sistemas y métodos mineros del área de estudio.

Se aplicó una metodología de evaluación ambiental a partir del reconocimiento en campo para lo cual se recopiló información topográfica, geológica, sedimentológica, hidrogeológica e hidráulica en campo, a partir de informes técnicos e imágenes fotogeológicas, cartográficas y satelitales.

Se recuperaron muestras de suelos y de aguas próximos a los sistemas mineros y ensayaron análisis físicos y químicos en muestras recuperadas, con lo que posteriormente se analizaron los resultados de los trabajos de campo y laboratorio.

Se establecieron correlaciones entre cambios físicos y morfodinámicos con impacto ambiental acumulado y ofrecieron recomendaciones para mejoramiento de procesos de extracción mineral en el cauce del río Grande o Caucagua.

Es de esperar, que tanto las conclusiones como las recomendaciones que se han generado con motivo de este trabajo de investigación, sean analizadas y discutidas por profesionales de diferentes especialidades, que en consecuencia podría traer discrepancias de criterios en el momento de evaluar el trabajo. Es por ello que con el objetivo de buscar un consenso entre quienes deban leer o analizar el contenido del trabajo, se han separado las conclusiones relacionándolas con cada una de las especialidades involucradas.

A continuación se presentan las principales conclusiones de la investigación que constituyen una visión global en torno a los principales hallazgos y resultados del trabajo, así como de los objetivos que fueron planteados.

- ✓ El área de que abarca el río Caucagua, desde Carpintero (por el norte) hasta su confluencia con el río Tuy (por el sur), se encuentra cartografiada hasta 1977, basada en fotografías de la última misión conocida de 1994 (030198) y que fueron utilizadas en el estudio comparativo con la misión de 1970 (0303207). En este sentido, la comparación se realizó en una ventana de tiempo de 27 años, donde se logró identificar 3 terrazas fluviales lo que muestra un posible rejuvenecimiento de este río.
- ✓ En este mismo sentido, se pudo evidenciar un cambio importante en la sinuosidad del río, que aún cuando las variaciones en el meandreo son consideradas como un proceso natural, la amplitud de estas curvas, reflejan un cambio pronunciado asociado a procesos naturales potenciados por el desarrollo urbanístico, agrícola y minero de la cuenca.
- ✓ En consecuencia se observó una tendencia a la disminución de áreas de explotación agrícola por la frecuente invasión de las crecidas del río sobre las siembras programadas (conucos), lo que ha influenciado negativamente a ésta práctica económica de subsistencia local e informal. Este efecto, se ha visto más pronunciado en los últimos años, tal y como lo apoyan las intensas precipitaciones acaecidas en los últimos 30 años.

- ✓ El aumento en la sinuosidad hacia la parte más al sur de la subcuenca y cauces más suaves en las progresivas más al norte, se cree responden en gran parte a la acción de las areneras en su rectificación para mejorar la captación del material explotado y aminorar los efectos de las crecidas extraordinarias acaecidas en los últimos años (1992). En consecuencia, una mayor sinuosidad ha incrementado la erosión de los márgenes y nuevos aportes de material sólido al río, así como la disminución de la pendiente, lo que al final genera mayor sinuosidad respectivamente.

- ✓ Se evidencia una clara sustitución de uso del espacio, de agrícola a extractivo-minero y vialidad en las áreas vecinas al cauce del río, lo que ha generado consecuencias negativas en la economía de subsistencia a pequeña escala de los pobladores, obligándolos a migrar a otros lugares para ejercer en muchos casos actividades distintas, lo que repercute sobre la idiosincrasia y costumbres de los pobladores.

- ✓ Las comunidades organizadas de las parroquias Aragüita y Cauçagua dirigieron sus principales quejas a las empresas dedicadas a las actividades extractivas, pues éstas consideran que no son tomadas en cuenta sus necesidades y propuestas como comunidades afectadas por crecientes, inundaciones, pérdidas de cosechas, así como el aumento de epidemias asociadas a vectores que proliferan en lagunas dejadas por las empresas explotadoras.

- ✓ Se estima que todos los cambios evaluados y analizados en las fotografías, sedimentos y aguas, se acentúen de continuar la política de explotación no sustentable lo que resultaría en un agotamiento de los recursos disponibles de esta importante subcuenca.

- ✓ Se identificaron efectos negativos sobre las infraestructuras como vías de acceso (carretera a Marizapa), manga de coleo y Terminal de pasajeros, que obligaron a la rectificación del cauce en esta área para detener el avance del meandro de erosión en dichas estructuras. Avance que puede ser observado en la comparación fotogeológica realizada

- ✓ La construcción del distribuidor Aragüita, como parte de la continuidad de la autopista Rómulo Betancourt, demandó una mayor extracción de material de préstamo lo cual influenciará negativamente la dinámica hidráulica y la estabilidad de las vertientes a futuro.
- ✓ La subcuenca del río Caucagua o Grande, que incluye al río Guarenas y el resto de sus tributarios, por poseer un área de 804Km es considerada una de las 500 cuencas con cualidades que exigen su conservación y vigilancia, tanto por los recursos naturales que presenta, como por las infraestructuras que permiten el enlace con otras regiones, como son puentes, autopistas, carreteras y los embalses que en ella se encuentran.
- ✓ La afectación del curso del río que ha generado su rectificación en su parte media, cercano al centro del municipio Acevedo, se piensa que en respuesta el río busque equilibrar dicha modificación invadiendo de la misma manera áreas de producción agrícola, así como ha efectuado invasiones en áreas de explotación de arenas vecinas, lo que ha generado conflictos entre comunidades y empresas extractivas.
- ✓ La aplicación de la herramienta sedimentológica permitió principalmente investigar la tendencia de los sedimentos que se van depositando en estas llanuras de inundación, donde el componente arenoso fue mayoritario en casi todo el trayecto de muestreo, señalando un comportamiento a disminuir aguas abajo y aumentar por consiguiente los gruesos y finos (pasa 200).
- ✓ La extracción de la fracción arenosa aumenta las proporciones en las otras fracciones granulométricas, lo que explica la presencia de cantos en sedimentos aguas abajo, así como la carga suspendida (finos), que da un aspecto turbio a las aguas del río Caucagua. Comportamiento que afecta la estabilidad de laderas y hace más propicio los derrumbes producto de la erosión fluvial.
- ✓ Debido a un bajo rango granulométrico por los efectos antes señalados, existe una tendencia a disminuir la capacidad del acorazamiento del lecho del río, más bien erosivo, que de acumulación sobre todo que rangos granulométricos arenosos (casi

siempre +50% es arena) son más frecuentes, cuyo efecto erosivo se encuentra asociado a lo pronunciado de la curvatura de los meandros del río Cauçagua.

- ✓ Los sedimentos tienden a concentrarse hacia los finos luego de cada punto de extracción y a concentrarse en los rangos granulométricos más gruesos aguas abajo de esta zona.
- ✓ Para la identificación de aspectos impactantes se aplicó una matriz de evaluación ambiental causa-efecto de doble entrada donde se hicieron coincidir los efectos que sobre el medioambiente tienen los diferentes escenarios que se reportaron como indicadores ambientales. En ellos se obtuvo una puntuación de 47/59 (aprox. 80%) de impacto.
- ✓ Siendo Cauçagua una de las subcuencas más importantes, que aporta agua dulce a la cuenca del río Tuy, sus aguas no son aptas para el consumo humano, en alto grado generado por las aguas servidas que recibe de los municipios Plaza y Zamora y por la continua remoción de materiales granulares que impiden la oxigenación del agua y su proceso de autopurificación natural. Aspecto que se encuentra asociado con el aumento de sólidos totales obtenidos en ensayos de aguas.
- ✓ Las actividades de presión ambiental como las deforestaciones y movimientos de tierra aplicados a la subcuenca Cauçagua, producto del urbanismo y construcciones de nuevas vías de comunicación (autopistas), ha incrementado la cantidad de sedimentos hacia los cursos de agua, principalmente al río Cauçagua. En consecuencia, la erosión transversal se pronuncia en las márgenes cóncavas al flujo y la longitudinal actúa sobre todo durante las crecidas extraordinarias llevando material de fondo con una mayor capacidad de arrastre.
- ✓ Existen numerosas acciones en la subcuenca Cauçagua que están deteriorando la calidad del agua, atmósfera, así como su patrimonio arquitectónico, en parte porque generan residuos que no se controlan adecuadamente y por otro, porque no se ha seguido un plan para ordenar las actividades económicas secundarias donde se ven sus efectos pronunciados más fuertemente .

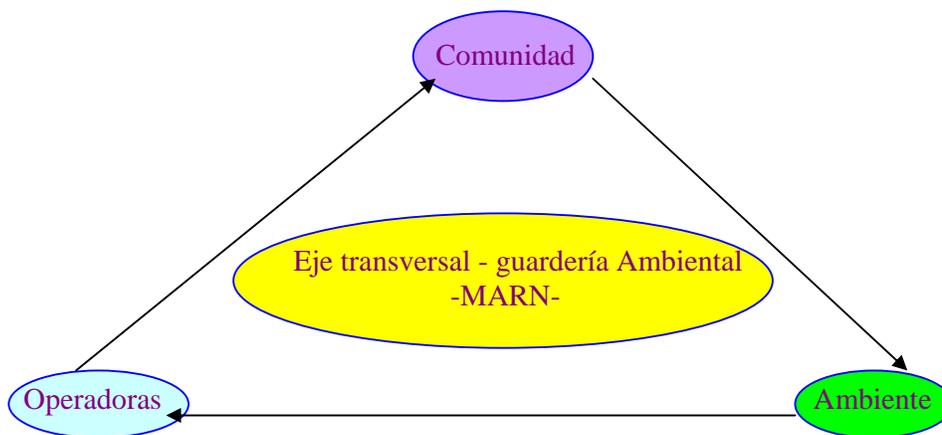
- ✓ Este estudio correlacionó los efectos ambientales particulares de una serie de acciones protagonizadas en la subcuenca Caucagua, medioambientales, socioculturales y económicas de forma tal que se observara su incidencia en el tiempo, perfilando su desencadenamiento a futuro.

8.2. Recomendaciones:

El ecodesarrollo, no limita el crecimiento de una comunidad, pero busca orientar los pasos que esta dará para recibir del ambiente los beneficios que satisfagan sus necesidades a cambio del respeto a sus vulnerabilidades.

A continuación se enuncian un conjunto de sugerencias que podrían paliar un tanto las irregularidades detectadas, orientadas a un crecimiento sustentable tal que, ambiente, comunidad y factores económicos acoplen sus particulares intereses y los combinen para la obtención de beneficios comunes, por lo que se recomienda:

- ❖ La creación de comités eclécticos donde participen todos los sectores involucrados para fijar las normas y los acuerdos que permitan la explotación de recursos de la subcuenca Caucagua en armonía mutua.



- ❖ Mayor seguimiento y exigencia de las autoridades del MARN estatales y municipales a los diferentes factores económicos, tanto extractivo-mineros, de infraestructura vial y urbanísticos de los planes de explotación, solicitando para ello estudios más profundos que consideren a la cuenca integralmente.

- ❖ Demandarles a las comunidades de todos los municipios y sus respectivas parroquias del estado Miranda, participación activa en los planes de ordenamiento, exigiendo que sean elaborados considerando al estado como un sistema, donde los municipios son la suma de sus partes, integrando en ello sus recursos, fortalezas y debilidades (matriz FODA).
- ❖ La construcción de un sistema integrado, donde todos los factores y actores involucrados trabajen por un mismo fin con ayuda de instrumentos jurídicos que permitan la base legal necesaria, comenzando por la Ley Penal del Ambiente y como última generación, la Ley de Aguas. Se insta a seguir sus directrices, vigilando la eficacia de su cumplimiento.
- ❖ La continuación, reactivación y registros pluviométricos y de misiones de vuelo más modernas. Los estudios integrados son cada día más demandados pues con ello, se resuelven innumerables problemáticas, por lo que los insumos de estas investigaciones requieren de la obtención de data registrada y almacenada estrictamente pero que debe estar al alcance de todos.
- ❖ Se recomienda especialmente la consecución de estudios como el presente en cuencas aledañas y su posterior integración para lograr vincular los cambios, sus causas y consecuencias.
- ❖ Se propone a la comunidad de Caucagua, la activación de la participación pública, como un esfuerzo planificado de implicarlos en el proceso de toma de decisiones y de prevenir y resolver los conflictos mediante el feedback de información. Bajo esta forma de organización hay toda una serie de consideraciones que se deben tomar en cuenta para que los involucrados lleven con éxito a término la resolución de sus problemas como comunidad. Se insta a su revisión y estudio.
- ❖ Se recomienda la profundización de estudios de capacidad hidráulica de esta cuenca, que incluya un inventario de aguas subterráneas, lo que obligatoriamente conllevaría a la conformación de una normativa para su uso, explotación racional y conservación.

- ❖ Se sugiere el estudio hidráulico del río Cauçagua por lo importante de esta subcuena para la del río Tuy y lo interesante de la respuesta de su sinuosidad con el grado de explotación al que éste es sometido.

- ❖ Se sugiere a los entes gubernamentales locales y regionales la consideración de la presente evaluación para la construcción de una planificada estrategia de acción que permita la prevención, corrección o mitigación de los efectos acumulados de la explotación de la subcuena Cauçagua.

BIBLIOGRAFÍA:

Canter, L. (1998). Manual de Evaluación de Impactos ambientales: Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Mc. Graw-Hill.

Casanova O., E. (1996). Introducción a la ciencia del suelo. C.D.C.H.- U.C.V. Caracas.

Conesa, V. (1993). Guía metodológica para la evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Derruau, M. (1978). Geomorfología. Editorial Ariel. Madrid.

Dickert, & Turtle. (1985). Cumulative impact assessment in environmental planning: Environ impact assess rev. 5: 37-64

Dirección General Sectorial para el Ordenamiento Ambiental-DPRH. 1985. Abastecimiento del Acueducto Metropolitano.

D.G.S.P.O.A: Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenamiento Ambiental, 1988). Saneario y Recuperación de la Cuenca del Río Tuy. Ministerio del ambiente. MARNR.

FEDUPEL. (2006). Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales. 238 pp.

Falcón A., M. (1997). Estudio Hidráulico del río Grande incluyendo Evaluación Hidrogeotécnica y Geológico-geomorfológica de la variante Cauagua-Tapipa. Edo. Miranda. CR&A (Centeno Rodríguez y Asociados). Caracas.

González de Juana, *et al.* (1980). Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. 2º tomo. Caracas: Foninves.

Jaspe, S. (2002). Evaluación de la Minería del Carbón en los estados Zulia y Falcón para la creación de distritos Mineros sustentables. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería. UCV. Inédito.

López, J.L. (1991). Impactos Geomorfológicos en el río Tuy, pasado, presente y futuro. Ministerio del Ambiente, MARNR, Caracas.

Mahatha, S., et al. (2003). Incorporating cumulative impact concerns into EIAs. Mining Environment Management.

Marrero G., Edgar A. (2005). Modificación geomorfológica de cauces fluviales al variar el caudal medio anual. Trabajo Especial de Grado. Instituto de Mecánica de Fluidos. IMME-UCV. Inédito.

Martínez de P., E. (1985). El relieve de la Tierra. Madrid: Ediciones Salvat.

Padrón, C. (2002). Estudio Sedimentológico de la cuenca de Taguanes, Tinaquillo. Estado Cojedes. Trabajo Especial de Grado. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería UCV. Inédito.

Peck, et al. (1983). Ingeniería de las Cimentaciones. Mexico: Editorial Limusa.

Pettijohn F. (1963). Rocas Sedimentarias. Buenos Aires: Editorial Universitaria.

Proconsult, MINFRA (2002). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Autopista Rómulo Betancort. Tramo Chuspita-Caucagua-Tapipa. Caracas.

Sandecki, M., (1989). Aggregate Mining in River Systems. California: Geology

Sánchez, J., et al. 2005. Estudio geofísico de la cuenca de Guarenas-Guatire y la zona este de expansión de la ciudad de Caracas (Municipios Sucre y Plaza, Distrito Capital). FUNVISIS. IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Barquisimeto.

Seiders, V. M., (1965). Geología de Miranda central, Venezuela. *Boletín de Geología*. 6(12): 289-416.

García, M., et al. (2001). Serie Documental Identidad Regional, Estado Miranda. Gobernación del Estado Miranda.

Smith, B., *et al.* (1995). Methods for cumulative effects assessment: Managing the EIA Process. ENVIRON IMPACT ASSESS. 15: 81-106.

Suárez V., Luis M. (1993). Presas de Corrección de torrentes y retención de sedimentos. MARNR. 2: 1-5, 3: 1-27.

Trillos, G.C. y Marciales, L. (1998). Análisis de Aguas y Líquidos Residuales y Ensayos de Laboratorio. Caracas: Facultad de Ingeniería UCV.

Wehrmann, M. (1972). Geología de la región de Guatire-Colonia Tovar. IV Congreso Geológico Venezolano. (4): 2093-2121. Caracas. MMH.

Zambrano, A. 1970. Estudio fisiográfico regional de la Cuenca del Tuy. Boletín de Geología. Volumen XI, (21): (3-206). M.M.H. Editorial Sucre, Caracas

Ley Orgánica de Minas. (1999). MEM: Caracas.

Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela. (1999).

Ley Orgánica del Ambiente. (1976).

Ley de Aguas. (2007).

Plan de Ordenamiento y Reglamento de uso del área crítica con prioridad de tratamiento, cuenca del río Tuy. (1992). Decreto 2.308. Gaceta N°: 4.548. Caracas.

APHA WWA. (1995). Normas para muestreo de aguas y suelo. Consultado el 12 de marzo de 2006 de la World Wide Web. <http://www.alsenviro.com>.

SW846 (1997). Normas para custodia de muestras de agua y suelo. Consultado el 12 de marzo de 2006 de la World Wide Web. <http://www.alsenviro.com>.

ANEXO 1:
MAPA DE CUENCAS DEL ESTADO MIRANDA

ANEXO 2:

PLANO DE RED HIDROGRÁFICA DE LA SUBCUENCA CAUCAGUA

ANEXO 3:

**MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA DE LA COSTA Y
LLANURA DE BARLOVENTO**

ANEXO 4:

**TABLAS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE
ENSAYOS REALIZADOS**

ANEXO 5:
PLANILLAS DE ENSAYO AZUL DE METHYLENO

ANEXO 6:

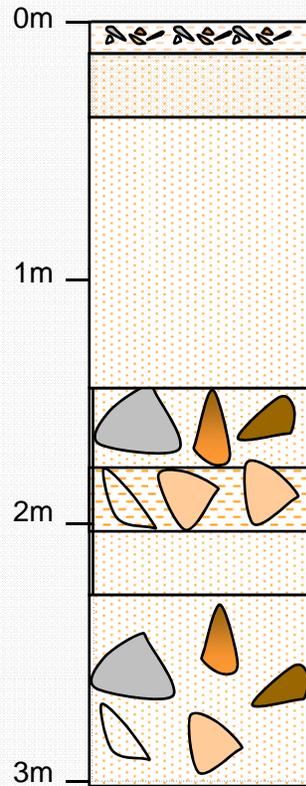
**MAPA GENERAL DE LA SUBCUENCA CAUCAGUA CON
FOTOINTERPRETACIÓN Y VARIABLES SEDIMENTOLÓGICAS**

ANEXO 7:
MATRÍZ DE EVALUACIÓN

ANEXO 8:

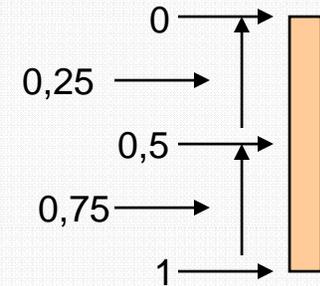
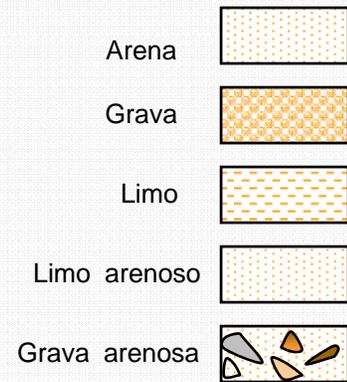
**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA IMPACTOS AMBIENTALES
INGENIERÍA CAURA, S.A.**

Columna Nº 1, Puente a Aragüita



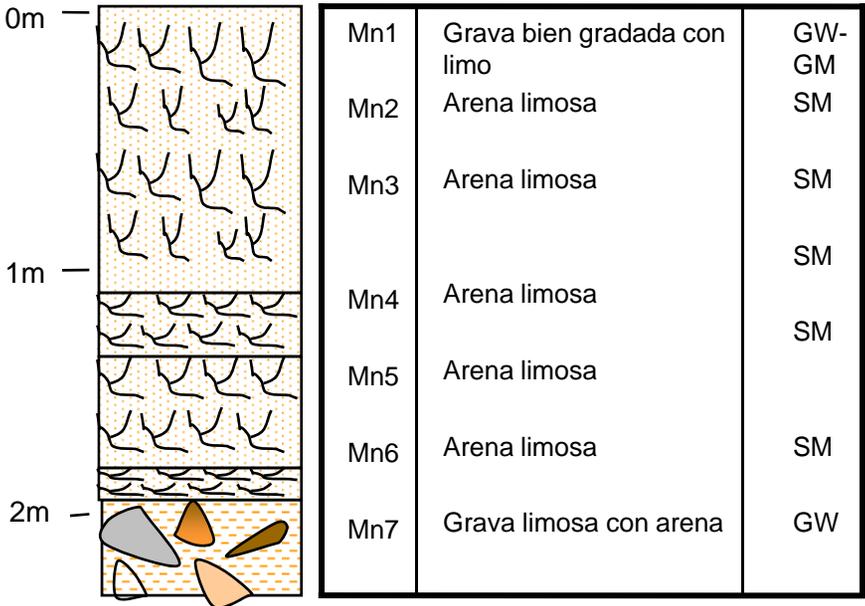
Mn1	Grava limosa con arena	GM
Mn2	Limo arenoso	ML
Mn3	Arena limosa	SM
Mn4 y Mn54cm	Limo arenoso	ML
Mn154cm	Arena bien gradada con grava	SW
Mn210cm	Limo arenoso	ML
Mn7	Arena limosa	SM
Mn8	Arena bien gradada con grava	SW
Mn288cm	Grava/arena pobremente gradada	GW

Leyenda gráfica

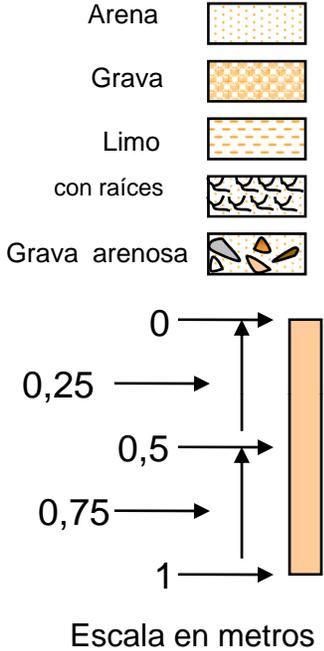


Escala en metros

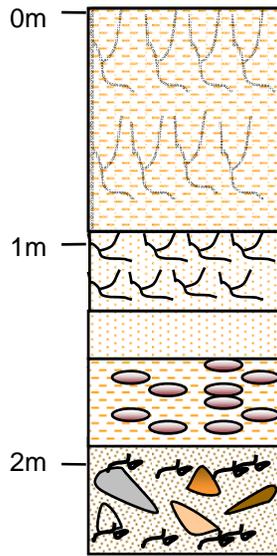
Columna Nº 2, Puenteáreas



Leyenda gráfica

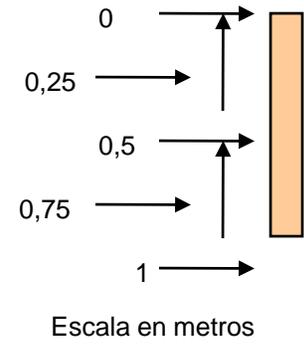
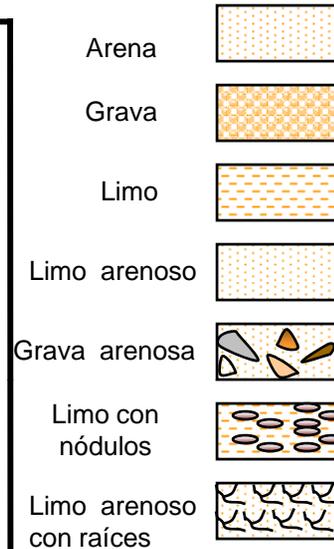


Columna N° 3, MAT

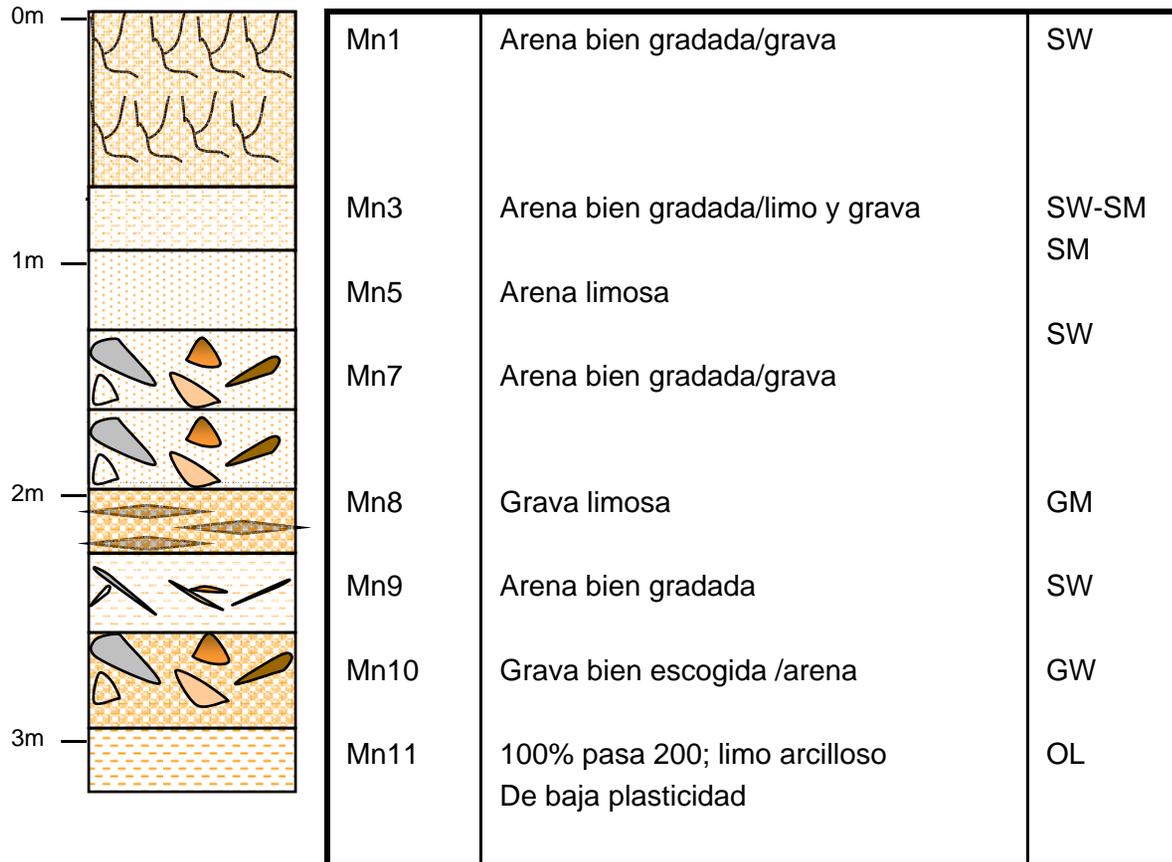


Mn1	Limo orgánico arenoso	OL
Mn2		
Mn3		
Mn4		
Mn5	Arena limosa	SM
Mn6	Arena limosa	SM
Mn7	Limo orgánico arenoso	OL
Mn8	Arena limosa con grava	SM
Mn9	Arena bien gradada/limo y grava	SW-SM

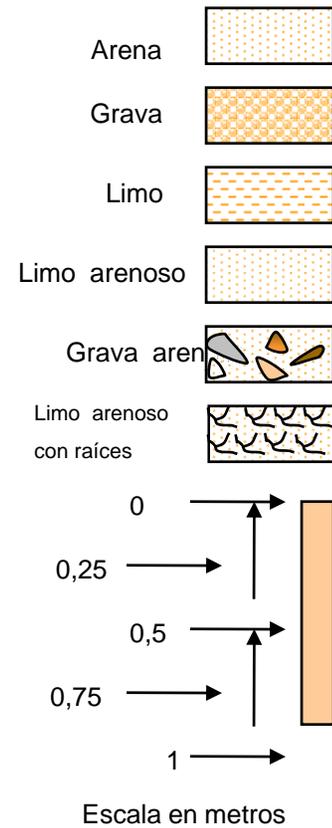
Leyenda gráfica



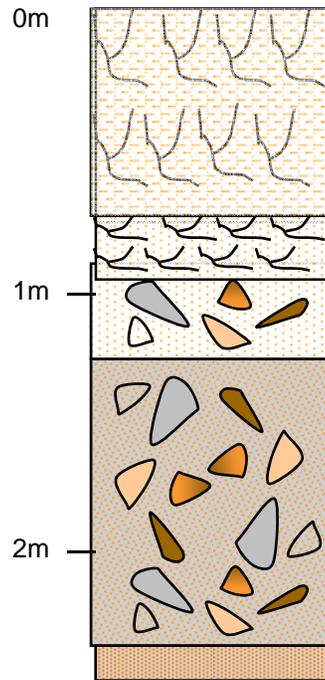
Columna N° 4, Terminal



Leyenda gráfica

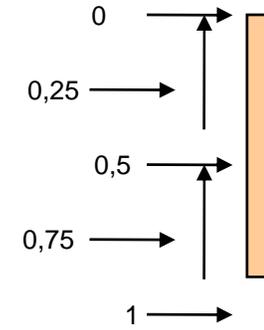
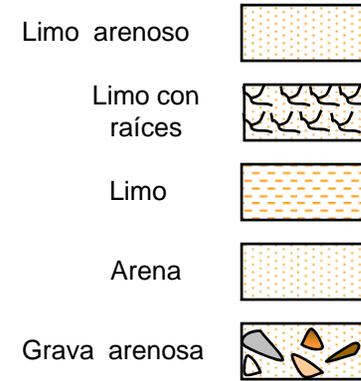


Columna Nº 5, Mendoza

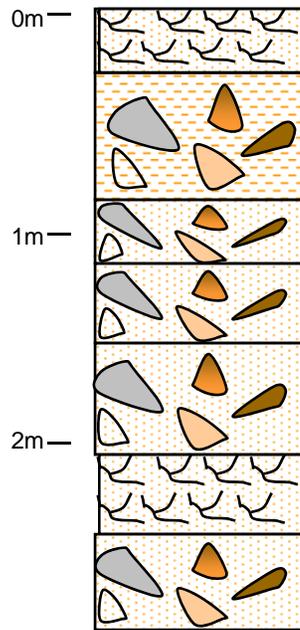


Mn1	Limo orgánico arenoso	OL
Mn3	Arena bien gradada/limo y grava	SW-SM
Mn5	Arena limosa con grava	SM
Mn6	Arena bien gradada/limo y grava	SW-SM

Leyenda gráfica



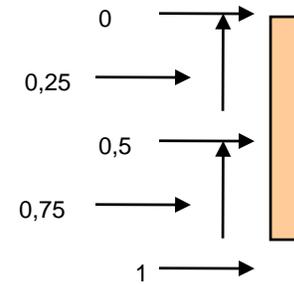
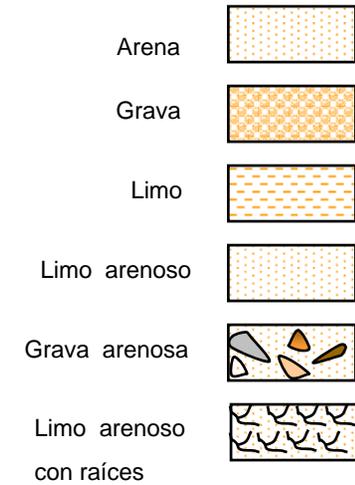
Escala en metros



Columna N° 6, Puente Mendoza

Mn1	Arena limosa/grava	SM
Mn2	Arena limosa/grava	SM
Mn3	Grava bien gradada /limo y arena	GW-GM
Mn4		
Mn5		
Mn6	Arena limosa	SM
Mn7	Grava bien gradada /limo y arena	SW-GW
Mn8	Grava bien gradada /limo y arena	SW-GW

Leyenda gráfica



Escala en metros