



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Humanidades y Educación  
Coordinación de Postgrado  
Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio



IMPLICACIONES ESPACIALES DE LOS NIVELES EXTREMOS DE AGUA  
DEL RÍO ORINOCO TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE, ESTADO  
BOLÍVAR

Tutor  
Dr. Vidal Sáez Sáez

Lic. Bárbara Gil Álvarez  
C.I: 20.051.586

Caracas, 2023

Trabajo que se presenta ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela,  
para optar al título de  
Magister Scientiarum en Análisis Espacial y Gestión del Territorio

## Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios, quien es mi guía y me acompaña en cada paso que doy en esta vida.

A mis padres Rocío Álvarez y José Gil, que me han apoyado y acompañado en todo este proceso, siempre dando sus palabras de motivación y alegría.

A mi tutor el Dr. Vidal Sáez-Sáez, con quien he tenido el privilegio de contar durante todo este proceso, por su apoyo y paciencia.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser mi casa de estudio y que aún continúa viéndome formar académicamente, feliz de pertenecer una vez más a la UCV.

Al Instituto Nacional de Canalizaciones, que ha sido parte de mi formación laboral y que me ha sumergido en el mundo del sector acuático.

## Dedicatoria

Este trabajo está dedicado al mejor equipo de apoyo incondicional que una persona puede tener, a los seres más importante de mi vida, Rocío Álvarez y José Gil, quienes amo, respeto y admiro mucho.



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Humanidades y Educación  
Coordinación de Postgrado  
Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio



## **Implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua del río Orinoco Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar**

Autor: Lic. Gil Álvarez, Bárbara  
Tutor: Prof. Vidal Sáez Sáez

### Resumen

El presente trabajo hace una propuesta de investigación que evaluó las implicaciones espaciales que generarían los niveles extremos de agua del río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande, del estado Bolívar, tramo utilizado mayormente para la navegación fluvial de embarcaciones de gran calado, que representa el tercer modo de transporte para las importaciones y exportaciones, ya que los ríos forman una red natural de comunicación y comercio y el cuarto modo en términos de valor, por ser el tipo de transporte más económico. Este tramo tiene una longitud de 361 km, un período de navegación durante todo el año, es el de mayor mantenimiento, donde se encuentran las principales empresas que utilizan el río para el traslado de materiales y mercancías con salida al Océano Atlántico hacia otros países y los principales puertos de la costa venezolana. La mayor parte del tiempo las condiciones hidrológicas son similares en el río Orinoco, en determinados momentos de sequía y en ocurrencia del fenómeno El Niño se ha visto afectado (cuando hay déficit de precipitaciones, en los períodos de aguas bajas), lo que implica una baja fluidez del tráfico de embarcaciones, es por ello que se realizó en primer lugar, una caracterización de los niveles extremos en aguas bajas, altas y los impactos socioeconómicos; en segundo lugar, se establecieron las medidas para mitigar los impactos que pudieran generar los niveles extremos. Se aplicó el análisis espacial, todo esto con la intención de caracterizar el comportamiento de los niveles de agua en un tiempo determinado, el análisis los métodos estadísticos básicos como es el caso de la correlación que tuvo como resultado  $r -0,5147687$ , indicando, que existe un efecto del fenómeno, al realizar la correlación con dos desplazamientos y se pudo constatar que existe una relación inversa fuerte de los niveles de agua del tramo Matanzas – Boca Grande, con el Índice de Oscilación Sur de la región 3.4, por lo que pudiera inferirse una incidencia en la disminución de los niveles y caudales del río sobre todo en el período de sequía del país, también conocido en hidrología en períodos de agua bajas.

Palabras clave: río Orinoco, calado, navegación, fenómeno, hidrológicas, niveles, Venezuela

## Índice de contenido

Índice de imagen .....	viii
Índice de cuadros.....	viii
Índice de diagrama .....	ix
Índice de gráficos .....	ix
Índice de mapas.....	xi
Introducción .....	12
Capítulo I. El Problema de la investigación.....	14
1.1 Planteamiento del Problema.....	14
1.2 Objetivos de la Investigación .....	23
1.3 Justificación del Problema .....	24
1.4 Marco Teórico.....	24
Capítulo II. Marco Metodológico .....	29
2.1 Marco Metodológico.....	29
Capítulo III. Los elementos físico naturales y su relación con los niveles extremos del río Orinoco en el tramo Matanzas Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar ....	41
3.1 Caracterización físico-natural .....	41
3.1.1 Geomorfología .....	41
3.1.3 Hidrografía.....	62
3.1.4 Suelos.....	65
3.1.5 Vegetación .....	69
3.2 Síntesis parcial de las características físicas como condicionantes en el comportamiento del cauce del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.....	72
Capítulo IV. Elementos socio-económicos de la población vinculados a los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas y Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar.....	76
4.1 Población y su distribución espacial dentro de los municipios.....	76
4.2 Actividades económicas.....	79
4.2.1 Caracterización económica del área.....	79
4.3 Servicios básicos .....	87

4.3.1 Electricidad .....	87
4.3.2 Agua.....	89
4.3.3 Vivienda.....	89
4.3.4 Vialidad y Transporte .....	92
4.4 Síntesis parcial de las características socio-económicas que hacen uso del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande .....	93
Capítulo V. Implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua en el Tramo Matanzas – Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar .....	98
5.1 Aplicación de los estadísticos .....	98
5.2 Análisis síntesis de los aspectos físicos-naturales y socio-económicos.....	143
5.3 Implicaciones físico-naturales y socio-económicas, propuestas para mitigar las implicaciones negativas que generará los niveles extremos de agua en el Tramo Matanzas – Boca Grande. ....	146
Conclusiones .....	154
Referencias Bibliográficas .....	157
Anexos .....	169

## Índice de imagen

Imagen N° 1 Mapa Base del Río Orinoco Tramo El Jobal – Matanzas y Matanzas – Boca Grande .....	19
Imagen N° 2 Estación de medición de niveles de agua .....	37
Imagen N°3 Climograma estado Amazonas .....	49
Imagen N°4 Climograma estado Delta Amacuro .....	50
Imagen N° 5 Climograma estado Bolívar.....	51
Imagen N°6 Climograma estado Anzoátegui.....	52
Imagen N°7 Climograma estado Monagas .....	53
Imagen N° 8 Cuenca del Río Orinoco, estado Bolívar. Posición relativa del Bajo Orinoco .....	63
Imagen N°9 Regiones del Niño .....	132

## Índice de cuadros

Cuadro N°1 Variables que determinan las implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar .....	39
Cuadro N°2 Registros de los desvíos promedios de la temperatura de la superficie del mar (ENOS) y su relación con los episodios históricos del El Niño y La Niña a nivel mundial .....	57
Cuadro N°3 Intensidad de ENOS en la región 3.4.....	58
Cuadro N°4 Promedio trimestral de las anomalías de la temperatura .....	60
Cuadro N°5 Material de fondo del Tramo Matanzas – Boca Grande por sectores, del Río Orinoco, estado Bolívar .....	69
Cuadro N°6 Categorización de las variables físicas .....	73
Cuadro N°7 Rango de las categorías.....	74
Cuadro N°8 Clasificación de las características físicas del tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	74
Cuadro N°9 Población de los municipios aledaños al tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	78
Cuadro N°10 Canal de Navegación del Río Orinoco. Miles de toneladas transportadas de diferentes rubros, estado Bolívar .....	83
Cuadro N°11 Número de buques dentro del canal de navegación del río Orinoco, en el período de 2008 – 2018, estado Bolívar .....	85
Cuadro N°12 Abastecimiento del servicio eléctrico de los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	88



Cuadro N°13 Abastecimiento de agua de los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	90
Cuadro N°14 Número de viviendas en los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	91
Cuadro N°15 Categorización de las variables socioeconómicas .....	95
Cuadro N°16 Rango de las categorías.....	95
Cuadro N°17 Clasificación de las características socioeconómicas del tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	96
Cuadro N°18 Promedio mensual de los niveles de agua (m) del río Orinoco, 1998 al 2018. Estación Palúa, tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	100
Cuadro N°19 Distribución temporal altura media del nivel de agua (m) en el período 1998 – 2018, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	107
Cuadro N°20 Distribución temporal valores mensuales de los niveles de agua (m), según percentiles del 25 y 75. Río Orinoco, estación Palúa Período 1998 – 2018, estado Bolívar .....	127
Cuadro N°21 Anomalía Ecuatorial (°C). Índice de Oscilación Sur, cuadrante 3-4. 130	
Cuadro N°22 Criterios de evaluación para el análisis síntesis de los aspectos físicos-naturales y socio-económicos del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, estado Bolívar .....	144
Cuadro N°23 Implicaciones de los niveles extremos de agua en el río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande período 1998 – 2018, estado Bolívar.....	149
Cuadro N°24 Rango de las categorías de impactos .....	150
Cuadro N°25 Clasificación de los impactos físico-naturales del tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar .....	152
Cuadro N°26 Clasificación de los impactos socio-económicos del tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar .....	153

#### Índice de diagrama

Diagrama N° 1 Fases de la investigación.....	38
--	----

#### Índice de gráficos

Gráfico N°1 Promedio trimestral de la temperatura de la superficie del mar de los episodios históricos del El Niño y La Niña a nivel mundial .....	61
Gráfico N°2 Población de los municipios aledaños al tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	78
Gráfico N°3 Productos transportado en miles de toneladas en el canal de navegación del río Orinoco, estado Bolívar.....	84

Gráfico N°4 Número de buques dentro del canal de navegación del río Orinoco, en el período de 2008 – 2018, estado Bolívar .....	86
Gráfico N°5 Promedio anual de niveles de agua (m) del Sector Palúa, Río Orinoco 1998 – 2018, estado Bolívar .....	102
Gráfico N°6 Distribución temporal del promedio mensual de niveles de agua (m) del Sector Palúa, Río Orinoco 1998 – 2018, estado Bolívar .....	103
Gráfico N°7 Distribución temporal promedio anual de los niveles de agua (m), años “El Niño”, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar .....	105
Gráfico N°8 Distribución temporal promedio anual de los niveles de agua (m), años “La Niña”, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.....	106
Gráfico N°9 Distribución temporal de la media y mediana de los niveles de agua (m) en el período 1998 – 2018, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar ..	108
Gráfico N°10 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de enero, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	111
Gráfico N° 11 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de febrero Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar.....	112
Gráfico N°12 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de marzo Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	113
Gráfico N°13 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de abril Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	114
Gráfico N°14 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de mayo Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	115
Gráfico N°15 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de junio Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	117
Gráfico N°16 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de julio Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	118
Gráfico N°17 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de agosto Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar .....	119
Gráfico N°18 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de septiembre Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar.....	120
Gráfico N°19 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de octubre, Tramo Matanzas –Boca Grande, período 1998-2018, estado Bolívar.....	122
Gráfico N°20 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de noviembre, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar.....	123
Gráfico N°21 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de diciembre, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar.....	124
Gráfico N°22 Distribución temporal valores mensuales de los niveles de agua (m) según, el Percentil 25 y 75 del Río Orinoco. Estación Palúa Período 1998 – 2018, estado Bolívar .....	128

Gráfico N°23 Distribución temporal del Índice de Oscilación Sur (mensual) período 1998 al 2018. Región 3.4.....	133
Gráfico N°24 Distribución mensual nivel de agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande. Período de 1998 al 2018, estado Bolívar .....	134
Gráfico N°25 Distribución temporal entre temperatura del nivel del mar Región 3.4 (°C) y niveles de agua (m) del Río Orinoco. Estación Palúa período 1998 – 2018, estado Bolívar .....	135
Gráfico N°26 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de enero, febrero y marzo, período de 1998 – 2018.....	137
Gráfico N°27 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de abril, mayo y junio, período de 1998 – 2018 .....	139
Gráfico N°28 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de julio, agosto y septiembre, período de 1998 - 2018 .....	140
Gráfico N°29 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de octubre, noviembre y diciembre, período de 1998 – 2018 .....	141

#### Índice de mapas

Mapa N°1 Base .....	173
Mapa N°2 Regiones geomorfológicas .....	174
Mapa N°3 Formaciones geomorfológicas.....	175
Mapa N°4 Litología .....	176
Mapa N°5 Hidrografía .....	177
Mapa N°6 Suelo .....	178
Mapa N°7 Material de fondo .....	179
Mapa N°8 Vegetación.....	180
Mapa N°9 Síntesis parcial de las características físico-naturales .....	181
Mapa N°10 Población entre 15 y 64 años de edad .....	182
Mapa N°11 Población mayor de 64 años de edad .....	183
Mapa N°12 Población menor de 15 años de edad .....	184
Mapa N°13 Población total .....	185
Mapa N°14 Síntesis parcial de las características socio-económicas .....	186
Mapa N°15 Síntesis.....	187
Mapa N°16 Implicaciones espaciales .....	188

## Introducción

La industria del transporte fluvial tiene una importancia fundamental para el desarrollo económico y social de un país, estado o municipio, ya que un espacio geográfico que cuente con una amplia gama de red fluvial para la navegación, tiene una gran relevancia para este tipo de transporte, por tanto debe contar con características óptimas para garantizar el traslado de mercancías y personas como es el ancho, la canalización, infraestructuras y la profundidad adecuada de cuerpo de agua a navegar.

Los niveles de agua son importantes para conocer el comportamiento que ha tenido el cuerpo de agua en un período de tiempo, y de esta manera predecir las crecidas o disminución del río, que puede afectar la navegación habitual del transporte de mercancía y de personal, que requieran una profundidad y calado específico, según la embarcación a utilizar.

El área de estudio está comprendida por el río Orinoco, ubicado al sur de Venezuela desde Matanzas a Boca Grande, es el tramo de navegación en dónde transitan las embarcaciones de mayor calado para el traslado principalmente de mercancía y materia prima, como lo es hierro, aluminio, bauxita entre otros, por lo cual es necesario su mantenimiento para su uso y brindar seguridad a la navegación, ya que en este tramo se encuentra la actividad minera muy característica de esta zona, es una zona importante y de tránsito fluvial que debe ser monitoreada y tomar las previsiones necesarias para su seguridad, por los eventos que puedan ocasionar los niveles extremos de agua.

Para lograr darle respuestas a las inquietudes de la investigación, el estudio se concretará a través del desarrollo de cinco capítulos:

Capítulo I: El problema de la investigación, en donde se encuentra el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación del problema y el marco teórico.

Capítulo II: Marco metodológico, acá se describe el cómo, indicando el tipo, diseño y fase de la investigación.

Capítulo III: Elementos físico – naturales y su relación con los niveles extremos del río Orinoco en el tramo Matanzas y Boca Grande del río Orinoco, en este capítulo se presentó las características físico- natural, que presenta el área de estudio en cuanto a elementos climáticos, geomorfología, hidrografía, suelos y vegetación, además de una síntesis parcial de las características físicas como condicionantes en el comportamiento del cauce del río Orinoco en el tramo Matanzas-Boca Grande.

Capítulo IV: Elementos socio-económicos de la población vinculados a los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, se indicó las características socioeconómicas del área de estudio en cuanto a población, actividades económicas, relacionadas también con el tráfico fluvial, servicios básicos, viviendas, y una síntesis parcial de estas características que hacen uso del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande.

Capítulo V: Implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua en el Tramo Matanzas-Boca Grande del río Orinoco, se realizó la aplicación de diversos métodos estadísticos y se planteó una propuesta para mitigar las implicaciones negativas que generará los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas – Boca Grande.

Por último, se plantearon las conclusiones de este trabajo de investigación.

## Capítulo I. El Problema de la investigación

### 1.1 Planteamiento del Problema

La navegación ha sido desde tiempos remotos, una de las maneras de comunicación más económicas tanto para el comercio, como para la población y el turismo, la razón del tránsito marítimo que se ha desarrollado radica en las crecientes necesidades de la humanidad, tanto comerciales, como turísticas e industriales. Las rutas marítimas, para ser consideradas como tales, requieren tener permanencia, representan vías por donde fluye una corriente continua de viajeros y de mercancías, significando un medio de servicio a la economía.

Castells y Bordas (1989) indican que el transporte fluvial es muy importante en las regiones de grandes lagos y ríos anchos caudalosos y regulares, en América este medio se convierte en la vía de comunicación principal en determinadas zonas, aunque este método de comunicación estuvo a punto de desaparecer, pero a mediados del siglo XX, se revitalizó por la posibilidad de un transporte intermodal, para facilitar la carga, descarga y almacenamiento de la mercancía.

Existen dos tipos de navegación y son: la marítima, que como su nombre lo indica se refiere al transporte en los océanos, es muy utilizado para el traslado de grande mercancías, como el petróleo a otros países a través del mar; otro tipo de navegación es la fluvial, se realiza a través de los ríos y lagos, usando embarcaciones pequeñas para el traslado tanto de pasajeros como de productos para distancias cortas o largas de manera interna de un país, pero también pueden ser embarcaciones de gran calado, dependiendo de las necesidades. Además, este medio de transporte busca la conexión entre diferentes regiones para la salida a los océanos como es el caso de Europa que desarrolla una red fluvial, en el que adoptó parámetros técnicos, operativos y de clasificación de las vías fluviales permitiendo dar un impulso y una mayor visibilidad a la red existente y potencial de la navegación fluvial en la región (Boletín Fal, 2016).

La navegación fluvial es considerada el tercer modo de transporte para las importaciones y exportaciones, ya que los ríos forman una red natural de comunicación

y comercio y el cuarto en términos de valor, debido a que este tipo de transporte es más económico para el traslado de mercancías y pueden ser en grandes volúmenes, por ello hoy en día es uno de los medios de mayor provecho para el comercio internacional (Fal, 2016).

Existen estudios de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), como el de la movilidad fluvial en América del Sur del 2017, que indican que existe un desaprovechamiento del potencial natural de la navegación fluvial en América del Sur, sobre todo para aquellas áreas donde una vialidad es muy difícil lograr por su propia geografía y como se ha mencionado, es un modo de transporte de producción masiva, es por eso que se debe reconocer a los ríos navegables como principales vías de traslado, por lo que deberían recibir un buen mantenimiento o mayor atención que las vías terrestre, a estas se les llama hidrovías, (Jaimurzina y Wilmsmeier, 2017), ya que son rutas acuáticas que pueden ser utilizadas para navegar con embarcaciones acorde a su tamaño y profundidad que impactan directamente en el desarrollo económico de una región.

Las vías de navegación interior no solo se usan para el transporte entre los países de la región que están ubicados a lo largo de las cuencas fluviales, sino que también constituyen el primer tramo de los flujos de transporte internacional con otras regiones del mundo. Esto ocurre con mercancías como, por ejemplo, los productos de la soja y el aluminio de las cuencas del río Orinoco y los ríos Paraguay y Paraná, cuyo destino es Europa, los Estados Unidos o Asia. En esos casos, las embarcaciones marítimas parten directamente de los puertos situados a lo largo de estos sistemas fluviales (*Op, cit.*, 2017).

Aunque el desarrollo del transporte fluvial es nuevo en los países de América del Sur, existen otros que se encuentran adelantados en el desarrollo de vías navegables como es el caso de Argentina, Brasil y Venezuela, que han implementado hidrovías navegables de gran envergadura (Mora, 2016).

Venezuela es un país de encrucijada y convergencia que apoyada en la

orientación natural de sus vías acuáticas hace posible la interconexión con los frentes Caribeño, Atlántico, Andino y Amazónico, ya que se ubica al norte de América del Sur, y una de sus características es que posee un gran red hidrográfica dividido entre ríos, lagos y zonas pantanosas, pero esos ríos y lagos han sido de gran aprovechamiento para la conexiones internas del país, para conectar las poblaciones más remotas, ya que se tiene una especial importancia en las aguas fluviales con el 74,5% pertenecientes a la vertiente del Océano Atlántico y 20,7% a la del mar Caribe, el 4,5 % restante vierte sus aguas al sistema del río Amazonas por los ríos Guainía, Negro y otros, exceptuando un mínimo que drena a la cuenca endorreica del Lago de Valencia (Martínez, 2011).

El traslado de diversas mercancías permite reconocer el crecimiento de la economía del país, se tiene el Lago de Maracaibo, que es una fuente lacustre y tiene salida al Golfo de Venezuela, al Caribe y está en uno de los estados de producción de petróleo, lo que es ventajoso para el traslado de mercancía a países extranjeros o para refinerías para su procesamiento, así como diversas economías que hacen vida en ese lago, así como el caso del área que compete en esta investigación el del río Orinoco, que por su gran extensión es alimentado por diversos ríos, y conecta con diferentes estados del país, y hasta con otros países como es el caso de Colombia, se caracteriza también por dividir a Venezuela, por una fuente natural, en partes relativamente iguales del territorio, pudiéndose indicar el norte y sur de Venezuela, por su gran extensión.

Al sur del país, se ubica la región de Guayana, rica en recursos minerales, y desde el período de la época agraria, se iniciaron actividades de tipo minera y forestal. El puerto de Angostura, hoy en día Ciudad Bolívar, en el río Orinoco cumplía un rol importante para el transporte de la producción que se daba en la zona, hacia la costa del país y para los mercados internacionales, (INC, 1996) función que todavía realiza.

Para finales del siglo XIX, la explotación del hierro se realizaba por norteamericanos que obtenían permisos o concesiones para explotar dicho mineral, a mitad del siglo XX, se inicia el proceso de explotación y transformación industrial de



minerales como el hierro, bauxita, oro, esto va de la mano con la creación de la Empresa Siderúrgica de Venezuela S.A (Sivensa) en 1948, posteriormente, en 1953, se crea en el Ministerio de Fomento y la Oficina de Estudios Especiales de la Presidencia de la República, para 1958 se crea el Instituto Venezolano del Hierro y el Acero y en el año 1960 la Corporación Venezolana Guayana (CVG) y de ahí sus diferentes filiales, lo que generó un incremento de la población y aprovechamiento de estos minerales desde el punto de vista económico, porque aportan ganancias al país, desde su explotación, producción y distribución (Rodríguez y De León, 1975).

La zona de Guayana no sólo es rica en recursos minerales, la cual es explotada y comercializada, sino que al norte del río Orinoco se tiene la Faja Petrolífera del Orinoco, que posee una extensión de 55.314 km<sup>2</sup>, y presenta características favorables para su explotación, por lo que el precio del traslado de la materia prima debe ser a bajo costo y realizarlo a través de una red fluvial, genera una mayor distribución para su procesamiento y comercialización.

Estas empresas deben trasladar la materia prima para ser procesadas, por lo cual hacen uso del transporte fluvial, mediante el río Orinoco, el cual es de fácil acceso para transportar la materia prima, tanto de manera interna, como externa.

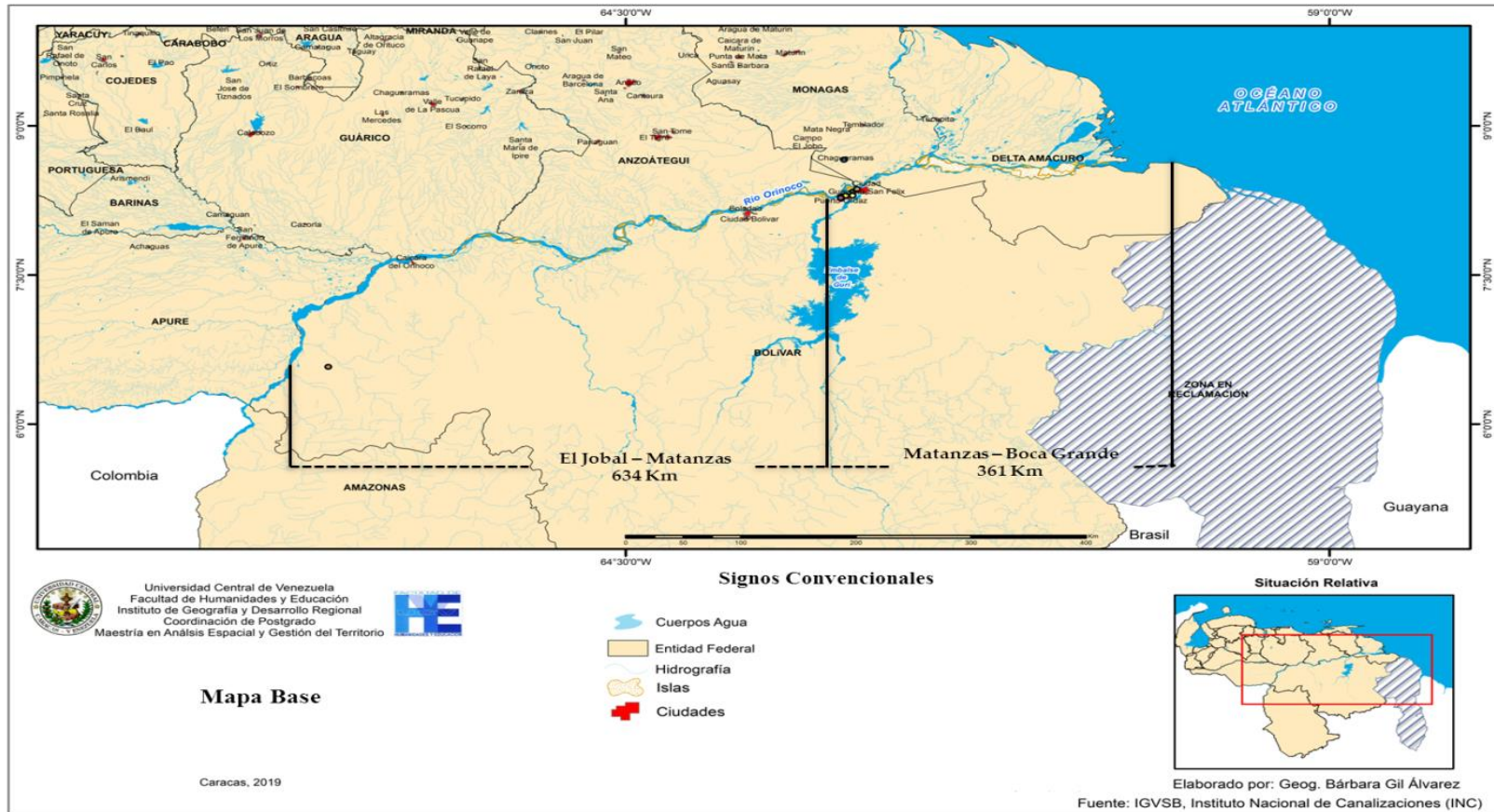
El río Orinoco es una de las corrientes fluviales más importantes del mundo, sobre todo en América del Sur, con una extensión de 2.140 km, desde su nacimiento en el estado Amazonas en el cerro Delgado Chalbaud, de la Sierra Parima hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, pasa por Colombia, en Venezuela por los estados, Amazonas, Apure, Guárico, Bolívar, Monagas, Anzoátegui, y Delta Amacuro, su cuenca está formada por 436 ríos y más de 2000 torrentes, se puede decir que el tamaño de la cuenca es de 990.000 km<sup>2</sup>, de los cuales 643.480 km<sup>2</sup> se encuentran en territorio venezolano, lo que representa el 64,99%. Sus principales afluentes son el río Casiquiare, Negro, Ventuari, Guaviare, Capanaparo, Meta, Apure, Caura y Caroní para luego desembocar en el Océano Atlántico (Ríos del Planeta, 2019).

La gran extensión y la influencia que el río Orinoco tiene a nivel regional como internacional es conocido desde la época de la colonia, en 1531 el español Diego De Ordás fue el primer europeo que navegó el río hasta los raudales de Atures, fue la primera y más larga navegación por un río de este continente (Silva, 2000), ya desde entonces, se iniciaba el interés por sus posibilidades de comunicación con otros mercados.

Es gracias al interés de comunicarse y tener un intercambio comercial, que se inició los estudios para crear canales de navegación para la entrada y salida de grandes embarcaciones, que con el pasar del tiempo, el avance de la tecnología, ha generado la necesidad de aumentar la capacidad de traslado de embarcaciones, aumentando el tráfico fluvial y que estos a su vez, tengan un plan de mantenimiento y garantizar una navegación segura en cada uno de ellos.

El canal del río Orinoco está dividido en dos tramos en aguas arriba desde El Jobal hasta Matanzas, con una longitud de 634 km, considerado canal natural y su período de navegación es de 8 meses entre mayo a diciembre, en dónde su nivel aumenta, y así es posible el paso de embarcaciones denominadas trenes de gabarras. El otro tramo de estudio en esta investigación es el que va desde Matanzas a Boca Grande, tiene una longitud de 361 km, tiene un período de navegación durante todo el año, es el tramo de mayor interés por el hecho de que es el que lleva mayor mantenimiento y donde se encuentran las principales empresas que usan el río para el traslado de sus materiales y mercancías, es el área más cercana a la salida al Océano Atlántico, pudiendo trasladar a otros países, o llegar a los principales puertos de la costa venezolana (Instituto Nacional de Canalizaciones: INC, 2019) (imagen N° 1).

Imagen N° 1 Mapa Base del Río Orinoco Tramo El Jobal – Matanzas y Matanzas – Boca Grande



Fuente: Elaboración propia con base a la información del Instituto Nacional de Canalizaciones

Los ríos navegables son muy importantes en la economía de los países, pues el transporte de carga a través de vías de navegación ha permanecido como la más barata a lo largo del tiempo, su extensión a grandes distancias, menor sustento en mantenimiento de infraestructura, bajo consumo de energía (Quintero, Ramírez, Cortázar, 2020). Por ello, a orillas del río Orinoco se encuentran empresas que utilizan este tipo de vía para el transporte de sus materiales y productos, tal es el caso de los principales usuarios del canal de navegación del río Orinoco como Briquetera de Venezuela (BRIQVEN), Briquetera del Caroní (antigua Venprecar), Briquetera del Orinoco, CVG- Bauxilum, CVG- Venalum, CVG Ferrominera del Orinoco, CVG SIDOR, Carbones del Orinoco (Carbonorca), Compañía Operadora del Puerto de Palúa C.A (COPAL), Complejo Siderúrgico de Guayana (COMSIGUA), Corporación Venezolana de Guayana (CVG), Maderas del Orinoco (INC, 2019).

La principal fuente económica del país, como lo es el petróleo, también se beneficia de este canal de navegación, ya que la Faja Petrolífera del Orinoco se encuentra al norte, entre los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas, siendo el principal medio de transporte para este rubro, esto le genera un gran valor a esta red fluvial.

Para que estas empresas o cualquiera que posea una embarcación de gran calado, es decir, la profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de una embarcación, y garantizar su paso por el canal de manera segura y de este modo ser utilizados con el propósito de navegación, se necesita un nivel de profundidad adecuado en el río para la seguridad de la embarcación.

El río Orinoco es de gran importancia tanto a nivel ambiental como económico, diferentes corrientes, caños y ríos lo alimentan, por lo que se puede inferir que cualquier cambio que exista en otras áreas o *in situ*, referente a la corriente y volumen del río, tanto a nivel nacional como internacional de América del Sur y este conectado a la cuenca del Orinoco, puede afectar la fluidez del río Orinoco, en cuanto a su corriente,

profundidad y volumen, pudiendo alterar la navegación segura de cualquier embarcación.

En otro orden de ideas, Kazimierski y Menéndez (2013) señalan que el cambio climático produce diferentes consecuencias sobre la navegación en los ríos, ya que la precipitación sobre una cuenca hidrográfica puede alterar las condiciones hidrológicas de manera indirecta, modificando la navegabilidad, y como se indicó, cualquier cambio meteorológico y de otra índole en las zonas de donde provienen sus aguas, puede afectar el comportamiento del río. También es considerado que el cambio climático puede variar la morfología de los ríos, la maniobrabilidad de los buques, entre otras consecuencias (Hawkes *et al.*, 2010).

Aunque la mayor parte del tiempo las condiciones hidrológicas son similares en el río Orinoco, existen eventos meteorológicos, como el fenómeno El Niño, en que se ha visto afectado cuando hay déficit de precipitaciones y bajos caudales (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1999), debido a que cuando se presenta el fenómeno del El Niño, las sequías son más intensas, por masas de aire caliente provenientes del océano Pacífico, que bloquean la convergencia intertropical y contrarrestan el efectos de los vientos alisios del este-nordeste, formando altas presiones en el Caribe con más frecuencia y por lo tanto menos lluvias en la cuenca norte del Orinoco (De Lisio, 2008), en los períodos de aguas bajas, en que podrían observarse niveles de agua por debajo de los niveles mínimos históricos, implica poca fluidez del tráfico de embarcaciones de gran calado, limita la comercialización mediante la navegación en la zona, por lo que cuando existe este fenómeno, el comportamiento es extremo con los niveles de agua, siendo representado entre los 2 a 4 msnm, siendo un mínimo para garantizar el paso al canal es de 8 a 9 msnm.

Este fenómeno climático también se asocia con el nombre de ENSO, indica el calentamiento anómalo de las aguas del Pacífico Ecuatorial y la Oscilación Sur, se refiere a una anomalía de aspecto meteorológico, relacionada con el balance de las presiones en la superficie del mar (Martelo, 2004), trae como consecuencia anomalías

en el ciclo hidrológico, y por ende, aumenta la vulnerabilidad en el aporte de agua de sus afluentes, ya que disminuye de manera significativa, y puede perjudicar los requerimientos (profundidad del agua navegable autorizada), en los niveles de calado para la navegación de algunas zonas del río, como lo indica Rivas (1998) en su estudio de posible efectos del fenómeno El Niño en el canal de navegación del río Orinoco, y en el caso de estudio de las mediciones hidrológicas en el río Orinoco durante la creciente anual de 1998 por ser año Niño (Hernández, 1998).

El comportamiento del río se ha mantenido regular, coincidiendo con la temporada de lluvia y sequía del país, conservando unos niveles similares, y con sus valores extremos, según un análisis de los niveles de agua del río Orinoco del sector Matanzas – Boca Grande durante el período de 2000 al 2016, que se repiten en los mismos meses durante los 17 años de estudio que se tomaron, y coinciden con la temporada de lluvia y sequía del país, pero existen niveles bajos como los observados en el año 2009 que se registró 2,70 metros y crecidas tan grandes como las ocurridas en el año 2018 con registros de más de 12 metros, en el que existió desbordamiento del río Orinoco, que afectó a una gran cantidad de habitantes de la zona de Atures, Atapabo Autana, Maroa, Río Negro y Alto Orinoco, por lo que estos efectos extremos, no solo afectan la economía, sino a la sociedad, en cuanto a vivienda, servicios básicos y además afectando los procesos de mantenimiento del canal, por lo que afecta su navegación (que en estos casos no son posibles ya que las corrientes y el arrastre de sedimentos son mayores por lo que no es posible la realización del mantenimiento), pero se ha visto afectada en algunas ocasiones en los últimos dos años (2017 y 2018) por las variaciones de los períodos de lluvia, lo que pudiera generar una fluctuación de los niveles del río, que podrían afectar o no el tránsito fluvial constante en el canal de navegación del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande, por ende si el nivel de aguas bajas y aguas altas en el río son extremos, afecta la navegación de grandes embarcaciones y a su vez la economía de la región y del país, es por ello que se debe evaluar esas épocas y realizar estudios para una realineación del canal de navegación.

Las condiciones climáticas pueden afectar el ciclo hidrológico, y por lo cual también cambios en el patrón de comportamiento, las acciones de maniobras, y mantenimiento del canal de navegación, y por ello el tráfico fluvial puede verse afectado y el río Orinoco no está excepto del cambio climático, este puede variar su comportamiento, presentando crecidas extremas en tiempos normales, así como casos de sequías que pueden presentar bajas profundidades, que podrán afectar en la navegación de las embarcaciones, alterando la distribución de la mercancía, materia prima a la región u otros continentes, afectando la fluidez económica a través de esta red fluvial.

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las implicaciones de los niveles extremos de aguas bajas y altas del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, estado Bolívar?

## 1.2 Objetivos de la Investigación

### 1.2.1 Objetivo General

- Evaluar las implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas en el período comprendido del 1998 al 2018 del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.
- Determinar los impactos socioeconómicos que generaría los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.
- Establecer medidas para evitar impactos en los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.

### 1.3 Justificación del Problema

Las vías fluviales son un medio de comunicación de gran importancia para el traslado de las personas y el comercio, muy utilizado para la conectividad de las áreas más remotas de un país, como es el caso del río Orinoco que como hidrovía constituye un factor preponderante para la seguridad y desarrollo económico, social y turístico del país, y amerita el establecimiento de una política de seguridad, para su protección y mantenimiento, en virtud de su ubicación geográfica, características, potencial hidroeléctrico y sus bondades y recursos naturales, tanto minero como agropecuarios y ganaderos, además de ser articulador de importantes desarrollos socio-económicos, tales como la faja petrolífera del Orinoco y el sector ferrominero.

La selección del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, es debido a que es el sector de mayor tránsito y del paso de embarcaciones de gran calado, además se encuentran los principales puertos como lo son San Félix, Puerto Ordaz, y Ciudad Guayana, y las principales industrias ferromineras, permitiendo además un eje vertebral de unión del oeste con el este del país, trasladando los productos de una región a otra e inclusive al Atlántico, y de esta manera los productos sean llevados a otros continentes.

### 1.4 Marco Teórico

El **análisis** es la distinción de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos, y es por eso que el **análisis espacial** se puede definir como aquel que estudia de manera separada, los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera como se comporta bajo ciertas condiciones, utilizando herramientas que pueden dar respuesta a la dinámica del espacio (Gamir, *et al* 1995), lo que ayuda a comprender mediante este análisis el comportamiento del espacio y cómo pudiera afectar al entorno, como es el caso del tramo Matanzas-Boca Grande del río Orinoco, en el que al conocer los componentes que rodean a este elemento se podrá analizar las afectaciones o no que podría darse en el lugar y sus repercusiones según el alcance que este tenga.



El análisis debe comprender elementos como el **cambio climático**, ya que este es un fenómeno emergente global y la Convención Marco sobre el Cambio Climático (1992), lo define como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante período de tiempo comparables. Y es que el estudio de los niveles de agua, está relacionado con los efectos climáticos como el fenómeno El Niño, el cual, ha afectado en ocasiones al río Orinoco por el déficit de precipitaciones que puede presentar.

Entre las afectaciones del cambio climático se encuentra el **recurso hídrico**, que son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, arroyos y lagunas (Pérez y Merino, 2014), es uno de los aspectos que ha sido más impactado por este problema mundial, puede realizar variación en el caudal de las **cuenca hidrográfica**; estas últimas son áreas o territorios donde se generan los recursos de agua que son aprovechados por el hombre de varias formas y con distintos propósito, por aumento de lluvias más intensas, sequías, variaciones en la estacionalidad de la lluvia, en las fechas de inicio y duración de las épocas seca y lluviosa, afectando áreas vitales como la canalización de ríos, con la alteración de los patrones de crecientes del nivel de agua (Rosales y García, 2015), ya que las **redes fluviales** representan canales inclinados que escurren agua y sedimento en un mismo sentido, desde la parte más alta hasta su desembocadura en el mar, constituyendo de esta manera un sistema, por lo cual todas las partes están relacionadas y son interdependientes, lo que significa que cualquier sistema fluvial en la menor perturbación, en el más pequeño de sus causas se hace sentir en otros puntos, aguas arriba y aguas abajo (Munro, 2010). El Tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco pertenece a la cuenca hidrográfica del río Orinoco, por lo que es alimentado por una gran cantidad de redes fluviales y que al verse estas afectadas, al igual que la fluidez del río, en cuanto a su corriente, profundidad y volumen.

Esta condición puede afectar la **navegación fluvial**, que es un modo de transporte que se utiliza para movilizar carga y pasajeros, principalmente por la red de

vías navegables internas, en el que los traslados pueden ser tanto nacionales como internacionales, además que hoy en día continúa siendo uno de los medios de transporte más económicos a nivel mundial (Corvo, 2018), este modo de transporte es el transporte acuático o conocido también como acuaviario o hidrovionario, que se efectúa en todas las aguas navegables incluyendo mar, ríos, lagos y canales, mediante la operación de buques de diferentes características, para el traslado de pasajeros y cargas (De Felippes, *et al.* 2002). El área de estudio su principal uso es para el transporte acuático de embarcaciones de gran calado, para el transporte de materiales, productos y personas.

El *transporte*, según Rojas (2008) “*puede ser considerado como el proceso que permite movilizar, bienes, personas e ideas de un lugar a otro, conformando una expresión espacial explícita y por ende un aspecto fundamental en la formación y organización de un espacio específico*”.

En relación a la geografía de las actividades comerciales, Siso (2008) señala que: estas y la de servicios, son de gran importancia para una región, porque son necesarias para satisfacer la demanda interna, adquiriendo bienes o servicios que producen otras ciudades o regiones, desarrollando de esta manera una transferencia de flujos reales y nominales sobre una base espacial o territorial que se sostiene gracias a un dinámico intercambio interregional (p.320). Las empresas que hacen vida en el río Orinoco y de las actividades industriales y mineras han hecho que sea un área de gran importancia a nivel regional y nacional por la fluidez de las actividades comerciales que se dan en la zona.

Es por ello que para el aprovechamiento máximo del recurso hídrico, se construyen **obras hidráulicas**, que son estructuras que buscan captar, extraer, desalar, almacenar, regular, aprovechar y en el caso de navegación fluvial, se puede indicar para conducir , controlar el recurso hídrico (Iglesias, 2020), mediante la **canalización**, que es una actividad relacionada con el diagnóstico, estudio, análisis, diseño y ejecución de

obras que permitan la transformación de espacios acuáticos restringidos, en vías de navegación segura (Ley de Canalizaciones y Mantenimiento, 2008). Todo ello mediante la medición del **nivel de agua** que se utiliza para la predicción de crecidas, delimitación de zonas con riesgo de inundación y el diseño de estructuras en cursos de agua (IDEM, 2007), además el nivel del agua es la altura de la superficie del agua de una corriente, lago y otra masa de agua con relación a una determinada referencia (OMM, 2010). En el río Orinoco existe la modalidad de navegación natural donde no necesita canalización, ya que las profundidades son óptimas para el tipo de navegación, en el caso del área de estudio en el Tramo Matanzas – Boca Grande, deben realizarse mantenimiento de canalizaciones en ciertas zonas, así como el monitoreo constante del nivel de agua para garantizar la seguridad de la navegación.

Para garantizar una navegación óptima se debe tener constante monitoreo del nivel del agua, dada la variabilidad que puede ocurrir, entonces conocer los efectos que pueda ocasionar los fenómenos meteorológicos como **El Niño** se hace necesario, este último evento es el calentamiento en las aguas superficiales de la porción oriental y central del océano Pacífico ecuatorial, en general puede ocurrir entre 2 a 7 años, con duración de 9 a 18 meses, denominado como la fase caliente; y por otra parte **La Niña**, fenómeno contrario en el que se caracteriza en el enfriamiento de la superficie del océano Pacífico, con similares períodos y duración, por lo que se le conoce como la fase fría y el mejor término conocido para esta interacción es **El Niño Oscilación del Sur (ENSO)**, que ocurre de manera cíclica, pero no periódica en el océano pacífico ecuatorial oriental y central, y es considerada la más importante variabilidad climática por efectos sobre la temperatura, la precipitación, el viento, las corrientes marinas y las actividades humanas (Guevara, 2008).

Todos estos hechos geográficos pueden ser analizados por los **Sistemas de Información Geográfica**, que son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial para resolver problemas que surgen de la necesidad de disponer de la información y de esta manera contestar inquietudes, con el análisis de unos objetivos concretos y mediante los SIG se pueden realizar operaciones entre las capas

y así obtener resultados en formato imagen o en tablas, pudiéndose utilizar estos resultados para la elaboración de análisis y modelos, por lo que no sólo se debe tomar la herramienta de solo captura, manejo y presentación de mapas (Peña, 2010).

## Capítulo II. Marco Metodológico

### 2.1 Marco Metodológico

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación según el alcance del estudio según Baptista (2014) es **descriptivo y correlativo**; descriptivo ya que se buscó identificar las características importantes que se someta a un análisis para conocer cuáles fueron las implicaciones espaciales que generaran los niveles extremos de agua del Río Orinoco Tramo Matanzas – Boca Grande y correlativo porque se debería conocer el comportamiento de una variable con respecto a otras que estarían vinculadas con los niveles extremos de agua. (Hernández, *et al* 2014).

#### 2.1.2 Diseño de Investigación

Según Hernández, *et al* (2014), el diseño fue **no experimental** y de tipo **longitudinal**, ya que fueron analizados datos sin hacer variar en forma intencional las variables independientes, porque la investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido, por lo que el análisis fue de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos y cartografía de entes gubernamentales, como el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB) y Servicio de Hidrografía, Oceanografía, Meteorología y Cartografiado Náutico de la Armada (SHN). El diseño longitudinal panel que fue analizado por los datos recolectados por determinado tiempo del Río Orinoco del Tramo Matanzas – Boca Grande, para realizar inferencias acerca de la evolución sus causas y efectos.

#### 2.1.3 Fases de la Investigación

##### Recolección de la Información

En el presente trabajo se recolectó la información mediante fuentes bibliográficas, instituciones, estadísticas, entrevistas a personal experto, y por medio de trabajo de campo en función al tema abordado, por ello se visitaron entes

gubernamentales como el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), Corporación Venezolana de Guayana (CVG), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), el Servicio de Hidrografía, Oceanografía, Meteorología y Cartografiado Náutico de la Armada (SHN), además se consultaron diversos materiales en centros de documentación e información, tales como: Saber UCV, Redalyc y el Centro de Documentación de Hidrografía y Dragado (CDHD). Así también se prepararon entrevistas a especialistas en el área que han trabajado directamente con el Río Orinoco y tienen conocimientos del tema hidrográfico. La recolección de la información obedeció a los objetivos planteados y a las variables que fueron analizadas para cumplir con estos objetivos.

#### Elaboración de la cartografía base

Se elaboró la cartografía del área de estudio, mediante la cartografía base de las cartas número: 7640; 7641; 7741; 7742; 7841; 7941; 8041; 8141; 8142 a escala 1:100.000, suministrada por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), así como también de apoyo las Cartas de Navegación del Canal del Orinoco a escala 1:20.000, desde la O-B-10 a la O-B-25, del Instituto Nacional de Canalizaciones (INC)

#### Levantamiento de la Información

Se levantó la información para obtener los resultados y relacionar los datos obtenidos y de esta manera, ayudó a dar una respuesta más precisa a los objetivos planteados en la investigación, por lo que se aplicaron entrevistas a 4 especialistas (a 1 geógrafo, 2 ingenieros civiles, 1 Msc en Hidrografía) y una serie de encuestas a una muestra de 260 personas, basándose en la población de las parroquias aledañas al río Orinoco en el tramo de interés de la investigación y que hacen vida y uso del canal de navegación, incluyendo a las empresas grandes y a los pobladores, para conocer los aspectos socioeconómicos de la población que habita en el área de estudio.

#### Procesamiento y análisis de la información

En esta fase del proceso, se analizó cada una de las informaciones recaudadas y fueron presentados a través de gráficos, cuadros, tablas y mapas, para dar sustento al análisis, el cual fue pertinente para conocer las implicaciones que tendría los niveles extremos de agua del Río Orinoco Tramo Matanzas – Boca Grande. Por ende, se procedió de la siguiente manera: para el desarrollo de la investigación se utilizaron herramientas como el software de Sistema de Información Geográfica ArcGIS versión 10.5, para elaborar la geodatabase correspondiente al área de estudio, como la elaboración de la cartografía base a escala 1:600.000, mapa de formaciones geomorfológicas (diferenciación de formas del paisaje o relieve), regiones geomorfológicas, mapa de vegetación, hidrografía, material de fondo, suelo, uso, litología, ABRAES, población entre 15 y 64 años, menor de 15 años, mayor a 64 años, población total, con base a la proyección de población del Instituto Nacional de Estadísticas del 2021, para cada uno de los municipios que conforma el área de estudio mapa síntesis parcial de las características físicas, síntesis parcial de las características socioeconómicas, mapa síntesis y de implicaciones según los resultados abordados, para conocer los espacios más vulnerables del área de estudio y otros necesarios para la investigación. También se hizo uso del programa Microsoft Office 2016 para elaborar las matrices y gráficos, para la transcripción del proyecto, así como el programa Statistica-10.0.228.8 Portable.

Se analizaron las características físicas del área de estudio, la geomorfología como el relieve, depósitos aluviales, formaciones como variables condicionantes; por otra parte se consideran los elementos climáticos, en el que se describe el comportamiento de la precipitación, según el climograma del INAMEH de los estados Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro, Monagas y Anzoátegui, la radiación y temperatura de Venezuela, además de la descripción del fenómeno climático ENOS en el que se describió y analizó las anomalías y su relación con los episodios históricos del El Niño y La Niña a nivel mundial, con respecto a la región 3.4 de la Intensidad del Índice de Oscilación Sur, en el período de estudio de 1998 – 2018.

En otro orden de ideas, se analizó la hidrografía de la zona de los principales afluentes del río Orinoco entre el tramo Matanzas – Boca Grande y de la descripción de la cuenca hidrográfica del río Orinoco, en el bajo Orinoco, así como también la descripción de los suelos de la zona, y de los sectores en el que está dividido el Canal de Navegación, para conocer el material de fondo; así también la vegetación y con toda esta recopilación de información se realizó una síntesis parcial, para indicar las vulnerabilidad de la zona desde el aspecto físico, se integraron todas las variables físicas descritas y en función a los resultados abordados en la investigación se estableció los valores del 1 – 4, que va de baja (1), media (2), alta (3) y muy alta (4), que dependió de la magnitud del criterio que se evaluó y así se obtuvo el grado de sensibilidad físico natural del área de estudio

Luego de esa descripción se procedió a los elementos socio-económicos, en el que se detalla la población del municipio Independencia, del estado Anzoátegui, municipio Sotillo, estado Monagas, municipio Tucupita, Antonio Díaz, Casacoima, del estado Delta Amacuro y el municipio Caroní en el estado Bolívar, en el que se analizó la población menor de 15 años, 15-64 años, mayores a 64 años, según el Censo Nacional 2011 y su proyección de población del 2021, las actividades económicas del área, indicando las empresas que hacen vida a lo largo del ribera del río, el tipo de material transportado, que son producidos, el número de buques con su tipo de carga, los servicios básicos de la zona, como lo son electricidad, agua y vivienda; luego se realizó una síntesis parcial para conocer la vulnerabilidad de la zona desde el aspecto socio-económico, se integraron todas las variables anteriormente descritas y se estableció los valores del 1-4, que va de baja (1), media (2), alta (3) y muy alta (4), que dependió de la magnitud del criterio que se evaluó y así se obtuvo el grado de sensibilidad socio económica del área de estudio.

En esta fase se procedió a simplificar la información de 7.670 observaciones para ser mejor manipulados, este análisis se llevó a cabo con un registros de datos diarios y mensuales durante veinte (20) años, de los niveles de agua de la estación Palúa



(imagen N°2), por lo que se presenta un cuadro promedio de los datos mensuales por cada año (1998 -2018) y con eso se realiza los cálculos estadísticos para conocer el comportamiento del río e indagar evidencias de niveles extremos de aguas bajas y altas que puedan influenciar en la dinámica del río Orinoco en el Tramo Matanzas- Boca Grande, que se encuentra en el sector de igual nombre, cerca de la ciudad de San Félix y Puerto Ordaz, y próximo a esta estación se encuentra la desembocadura del río Caroní al Orinoco, lo que hace ser un sector con mayor afluencia de agua y sedimentos.

Por otra parte, mediante el cálculo de los estadísticos básicos como la **media**, que es el promedio de los valores de una variable siendo el valor con mayor probabilidad de una distribución continua, muy sensible a los valores extremos, la **mediana**, divide a los valores en grupos con la misma cantidad de individuos, es decir, lo divide en dos partes y no depende de los valores extremos, la moda, es el valor con mayor frecuencia en una distribución de datos, el **coeficiente de variación**, que mide la desviación típica en forma de qué tamaño tiene con respecto a la media (Jarrin, 2012), mediante esta información se consiguió observar el comportamiento anual que posee el río, el cual ayudó a entender si existen eventos aislados o continuos en el nivel del río.

Además, se empleó la distribución porcentual, y se consideraron el **percentil 25** (P25) y el **percentil 75** (P75), de la serie de niveles de agua de la estación Palúa, estas indicaron en una distribución de registros (frecuencia) los mayores valores de la serie (P25) y que puedan estar relacionados a causar daños, pero que dado el número de veces que ocurre son menos frecuentes, de manera que este indicador orientó hacia valores a tomar en cuenta para la toma de decisiones, en cambio los valores de la serie (P75) se registró los valores que ocurren más frecuentes y no presentan un riesgo porque son el promedio del comportamiento habitual del río (Garriga, *et al* 2015).

Adicionalmente se presentaron gráficos mensuales del período de estudio y se analizaron para evaluar el comportamiento mensual de los niveles de agua, otro método de evaluación que se aplicó fue la **correlación**, medida estadística que expresa hasta qué punto dos variables están relacionadas linealmente, herramienta común para

describir relaciones simples sin hacer afirmaciones sobre causa y efecto, es en esencia una medida normalizada de asociación o covariación lineal entre dos variables (Vinuesa, 2016), en el caso de este trabajo entre los niveles de agua y la anomalías en la región 3.4 en el que se evaluó una correlación simple, y con el fin de tomar en cuenta la variable tiempo se hace correlación con desplazamiento de dos meses para la interpretación del comportamiento de las variables, ya que con un mes no fueron reflejados cambios en el comportamiento.

Hechos estos análisis, los resultados de la síntesis físico – natural y socio-económica, el comportamiento del nivel de agua, se superpusieron para conocer las zonas del área de estudio susceptibles a cualquier intervención antrópica o hidrometeorológica que pueda presentarse, ya que con la interacción de estas variables se consideró al momento de realizar la superposición unos rangos cualitativos, quedando la clasificación en cinco categorías, que pudieron orientar la identificación de zonas sensibles del área de estudio, detectar las áreas que requieran especial atención y utilizar los resultados para las medidas de protección.

Luego de conocer estas áreas que requieren especial atención, se describió las implicaciones de los niveles extremos de agua en la zona, considerando las características físicas, sociales, de los sectores por su material, condiciones y volumen de dragado; todas las implicaciones socioeconómicas y físico naturales se integraron en un cuadro para una valoración según los indicadores de probabilidad, intensidad, reversibilidad, extensión y duración, en la que puedan ocurrir los eventos de disminución de la temperatura, aumento del nivel de agua y aumento de la temperatura, disminución del nivel de agua, y de acuerdo a las características de las implicaciones se le asignó un valor para los indicadores entre fuerte (10), moderado (5) y leve (2), que en la suma de su promedio, indicó un valor para cada uno, definiéndose así cuatro (4) categorías; baja, media, alta y muy alta con el fin de sintetizar las zonas o sectores de navegación que tengan mayor o menor impacto de los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas – Boca Grande se elaboró un mapa en el que se refleja, según los

resultados obtenidos el nivel de implicación, es decir, el nivel de prioridad a considerar para el tránsito de las embarcaciones (Hidroambiente, 2017).

Esto debido a que el tramo Matanzas -Boca Grande, tiene un mayor uso en navegaciones de gran calado, cuenta con profundidades de 9,7 m en aguas bajas y de 12,8 en aguas altas, dividiéndose en sectores, por su ubicación, profundidad, calado e importancia y de esta manera también se identifican las ubicaciones de las señales del canal de navegación.

Es importante conocer el comportamiento del río durante todo el año, ya que es de uso de la actividad industrial que se da en la zona, lo que se debe tener un monitoreo constante para la planificación de sondeos y limpieza del río para garantizar la seguridad de la navegación, así como las actividades económicas.

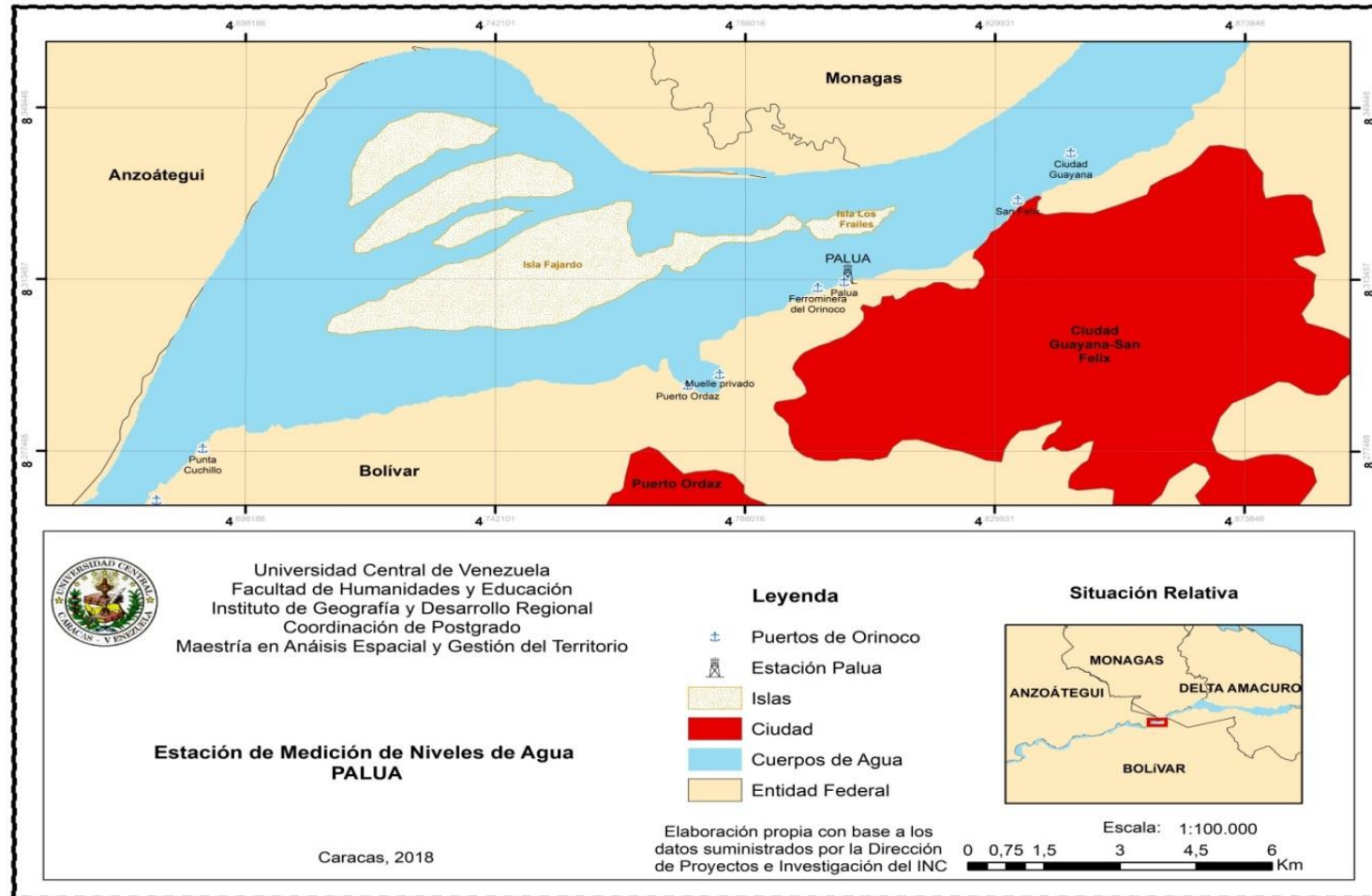
Además, en esta fase, se hizo uso de otras herramientas, como **el hidrograma** que es una gráfica continua de tiempo contra gasto (volumen/unidad de tiempo) producido por una información hidrológica como: nivel de agua, de cualquier magnitud para una duración específica, que permitió evaluar el comportamiento del río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande durante el período de tiempo que se está evaluando y de esta manera se visualizó los puntos extremos que se hayan dado y todo esto útil para recolectar el mayor número de información necesaria, con el fin de obtener, clasificar y procesar toda la información que se generó, logrando adquirir un conocimiento más amplio sobre las implicaciones de los niveles extremos de agua del río Orinoco Tramo Matanzas – Boca Grande.

### Producto Final

Una vez levantada y procesada la información, se presentaron las discusiones requeridas de los casos y los resultados obtenidos en función de los objetivos

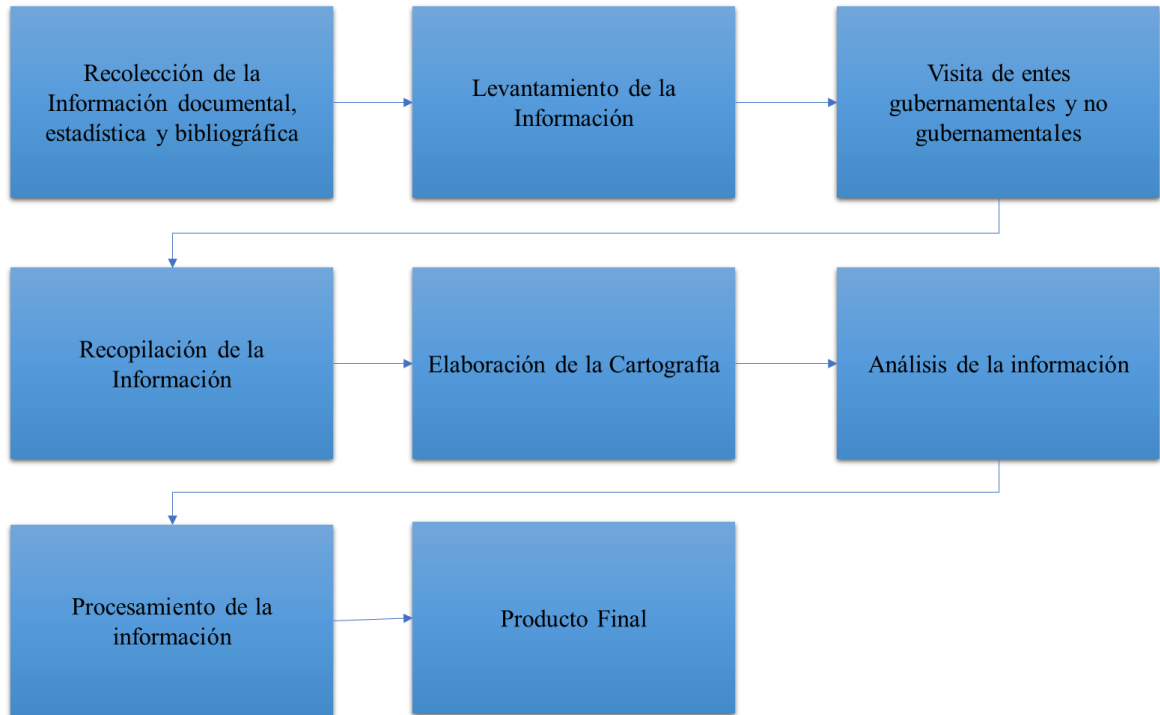
planteados, mediante la realización de propuestas, gráficos, mapas, entre otros, que ayuden a resolver o mitigar de alguna manera el problema planteado.

Imagen N° 2 Estación de medición de niveles de agua



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del INC.

Diagrama N° 1 Fases de la investigación



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N°1 Variables que determinan las implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar

<b>IMPLICACIONES ESPACIALES DE LOS NIVELES EXTREMOS DE AGUA DEL RÍO ORINOCO TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE, ESTADO BOLÍVAR</b>		
Objetivos	Variables	Indicador
Caracterizar los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas en el período comprendido del 1998 al 2018 del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.	Hidrografía	Km
	Precipitación	mm (mensual) P25
	Temperatura	°C (mensual)
	Suelo	Ha
	Vegetación	Ha
	Zonas Dragables	N° de zonas Dragables
	Nivel de Agua	M mensuales/diarios
Determinar los impactos socioeconómicos que generaría los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.	Población	N° de Habitantes
	Densidad de la Población	hab/Km <sup>2</sup>
	Actividad Industrial	N° de Industrias
	Actividad Minera	N° de Mineras
	Salud	N°
	Vivienda	N°
	Vialidad	KM
Canal de Navegación	MN	
Fuente: Elaboración Propia		

Para dar respuesta al objetivo de los niveles extremos de agua, se identificó la hidrografía que desemboca en el río Orinoco, en el tramo Matanzas Boca Grande, la longitud del tramo a estudiar, el cual se obtuvo un mapa de hidrografía, así como el estudio de la precipitación y temperatura mensual con gráficos y cuadros explicativos, sobre el comportamiento de las variables. Se estudió el tipo de suelo y vegetación que está alrededor del área de estudio, por lo que se obtuvo como resultado los tipos de suelo y vegetación, así como la representación de un mapa respectivamente. Para este estudio fue importante identificar las zonas dragables o críticas del área de estudio, al

identificarla se realizó un cuadro con las especificaciones de esos puntos y un mapa de ubicación de los mismos, ya que son las áreas de mayor interés para dar una respuesta inmediata a las problemáticas que se puedan presentar con los niveles extremos de agua, y con respecto a estos niveles de agua, los datos se agruparon a nivel mensual para la aplicación de los estadísticos, y se obtuvo gráficas que dieron respuesta del comportamiento que ha tenido el río durante el período de estudio.

Con respecto al objetivo de los impactos socioeconómicos, se estudiaron las variables de población, ya que es importante conocer la distribución de la población que se encuentran en ese tramo, por lo que se elaboró un mapa de distribución de la población y densidad de población, también la ubicación del número de industrias y minerías a lo largo del tramo Matanzas – Boca Grande, y que pueden verse afectados por los niveles extremos de agua, en el caso de las viviendas y centros de salud que existieran en el área de influencia del río, la vialidad que sea de uso alternativo para el traslado de mercancías y la ubicación del canal de navegación y su longitud, todo esto mediante la representación de mapas con todas las vías de comunicación del área de estudio.



### Capítulo III. Los elementos físico naturales y su relación con los niveles extremos del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar

#### 3.1 Caracterización físico-natural

Conocer las características físico naturales del tramo Matanzas – Boca Grande es importante, debido a que el Río Orinoco representa uno de los más importantes sistemas fluviales del planeta, con un rango de tercero en magnitud de caudales líquidos y octavo como suministrador de sedimentos al océano, además drena extensas áreas de la franja ecuatorial de Sur América e influye en el régimen climático, topográfico, cobertura vegetal, relieve, naturaleza geológica de la tierra y transporte de sedimentos mixtos, su consideración en un estudio físico natural permite analizar y describir estas estructuras, así como visualizar su evolución (Pérez y López, 1998).

##### 3.1.1 Geomorfología

El área de estudio se emplaza en la región natural de los Llanos Orientales Altos, que corresponde al sur del estado Anzoátegui y Monagas y Llanos Orientales Bajos del sur del estado Delta Amacuro y de la serranía de Imataca del estado Bolívar y Delta Amacuro.

Desde el punto de vista político –administrativo incluye parte del norte de Bolívar, sur de las entidades de Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro.

Además, esta zona se caracteriza por encontrarse el Escudo de Guayana, espacio que ha sido sometido a intensos procesos de meteorización y erosión durante millones de años, en el que se distinguen pasajes de aplanamiento. Según criterios geográficos, estas se distinguen de la siguiente manera: penillanura del norte, tepuyes y la Gran Sabana, y penillanura del Alto Paragua, para la zona de interés, se enfoca en el área de Penillanura del norte, y según Muñoz (2008), es una región natural de llanuras casi planas, producto de la erosión, dejando al descubierto superficies extensas aplanadas de rocas duras del complejo ígneo-metamórfico, con paisajes generalmente colinosos, ondulados y relieves residuales o cerros testigos, y en ocasiones está cortada en algunos

sectores por lomas, lomeríos o valles, en general las pendientes varían entre 3% y 20% (Cilento, 2008)

El área de interés como se mencionó se emplaza en la Región Natural de Penillanura del Norte, se subdivide en dos, corresponde a la zona el Piedemonte nororiental, está conformado por un sistema de colinas de las sierras de Imataca y Nuria con altitudes entre 400 y 600 msnm, las planicies representan un tipo de relieve plano a suavemente ondulado, con altitudes inferiores a los 100 msnm; conformada por los cursos de agua con pendientes menores de 5%, la más representativa es la planicie del río Orinoco, en la que se identifican una planicie de desborde y una planicie antigua ligeramente disectada constituida por sedimentos recientes de la formación Mesa, cuya dinámica hidráulica está determinada por las inundaciones estacionales que han formado lagunas rebalseras de grandes extensiones (Rondón, 2009).

Hacia el norte se aprecia la planicie aluvial del río Orinoco, al sur del estado Monagas, en donde se observan medios de ablación, junto con grandes explayamientos, bancos y cubetas de decantación, con una topografía plana y ondulada, ya que las planicies deltaicas del río Orinoco están constituidas por cuatro subunidades: Planicie aluvial de desborde, planicie cenagosa costera, planicie deltaica y la isla de Guara, parte del área de estudio se ubica en la planicie de desborde, y como se ha mencionado anteriormente se caracteriza por un relieve extremadamente plano con algunas depresiones, la pendiente es inferior al 1% y las elevaciones no sobrepasan de los 10 msnm (Silva, 2009).

Esta formación y dinámica hidráulica descritas anteriormente propician que en la planicie de desbordamiento, existan medios de deposiciones en forma de diques, bancos, depresión marginal y zonas de inundación, a lo largo del tramo, siendo parte de la dinámica fluvial del río (González, 1998), es por ello que en el área de estudio pueden presentarse cambios morfológicos, que se producen a través de procesos de inundaciones anuales largos y erosión en la orilla, por lo que conocer su dinámica y

formación, da a entender su comportamiento a lo largo del tiempo y cómo intervenir en cualquier área del tramo.

Para comprender el área de estudio y su dinámica, se puede observar en el mapa N°2 de regiones geomorfológicas del área de estudio, cómo es la distribución de esas regiones alrededor del río, desde la ribera norte y sur del río hacia fuera aproximadamente 4 kilómetros, son las siguientes, al norte del río Orinoco entre los estados Anzoátegui y Monagas, se encuentra los Llanos Orientales, parte este del estado Monagas y Delta Amacuro aquí incluyendo el sur del río Orinoco, se identifica la Llanura Deltaica y Delta del Orinoco, a la altura del centro poblado Manoa, se observa parte de la Serranía de Imataca. En la zona sur, en las áreas de Puerto Ordaz y Matanzas la Llanura de Erosión, hacia Ciudad Guayana – San Félix y entre Casacoima y Sacupana, está el Macizo Colinoso Sur Delta del Orinoco (mapa Regiones Geomorfológicas).

#### Relieve

El área bajo estudio en las riberas del río, tiene un relieve mayormente plano, con pendientes variables entre 2% y 3%, en algunas zonas puede presentar un farallón abrupto a vertiente suave muy disectada por la erosión regresiva. En cuanto al micro relieve del río, este presenta una gran tendencia a variar dependiendo de la crecida del río (Fernández et al., 2004).

Geológicamente la zona de estudio limita hacia el norte por la formación Mesa del Pleistoceno y depósitos aluvionales recientes del Oriente Venezolano, y hacia el sur por las rocas del precámbrico inferior del complejo de Imataca, y parte del escudo guayanés (González, 1998). La geología de la zona tiene una característica similar a lo largo del tramo, y como se mencionó, está formada por rocas clásticas no consolidadas que son los aluviones, con una permeabilidad variable generalmente alta.

Por otra parte, el complejo de Imataca se caracteriza por ser una unidad rocosa intensamente metamorfizada y estructuralmente compleja de edad precámbrica,

localizada al norte del estado Bolívar, en una franja paralela al río Orinoco; el complejo de Imataca está formado por una secuencia sedimentaria rica en sílice, hierro y detritus de naturaleza cuarzo-feldespática mezclados con extrusiones laváticas, que fueron posteriormente plegadas y metamorfizadas hasta las facies de las granulitas y alterada por eventos tecto-termales, acompañados de reactivación de rocas graníticas antiguas y de algunas intrusiones ácidas posteriores. Este complejo se caracteriza por la presencia de gneises máficos y félsicos, cuarcitas ferruginosas y depósitos residuales de alto tenor de hierro, migmatitas, charnockitas ácidas y básicas, alguna dolimita, diques y sills anfibolíticos (González, 1998).

El complejo de Imataca es el mayor aportador de sedimentos del río Orinoco, teniendo presente que este complejo es importante en la dinámica del río, y en la influencia que puede tener en el tráfico fluvial, de existir una variación en el aporte sedimentario, ya que estos en su mayoría se acumulan en las curvas o meandros del río.

#### Formación Mesa

Se mencionó que la planicie de desborde y la planicie antigua ligeramente disectada estaban constituidas por sedimentos recientes de la formación mesa, y es que esta formación pertenece a la unidad estratigráfica más joven de la Cuenca Oriental de Venezuela, se deriva de las extensas mesas que forman las características topográfica más estable de la región, perteneciente a la formación del Pleistoceno, según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997), litológicamente está constituida por depósitos horizontales deltaicos, aluviales y palustres, con conglomeraciones que llegan a ser peñones hacia el frente montañoso y fino hacia los llanos, gravas ferruginosas duras se distribuyen ampliamente y dan lugar a formas fisiográficas llamativas como mesetas de paredes pronunciadas.

En el mapa N°3 de formaciones geomorfológicas, se puede observar que en el Tramo Matanzas Boca Grande desde la ribera norte y sur del río hasta cuatro kilómetros aproximadamente se encuentran tres principales formaciones, como la que se hace mención que es la Mesa, que está en la parte de la Llanura Oriental entre los estados

Anzoátegui y Monagas; en la parte sur entre Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, El Triunfo, Casacoima, Sacupana y Manoa están rastros del Complejo de Imataca. De resto a lo largo de todo el tramo está la formación de cuaternario Reciente, es la de mayor predominancia en el área, recordando que existe un área deltaica, en donde se depositan los sedimentos recientes que transporta el río (mapa N°3 Formaciones Geomorfológicas).

#### Depósitos Aluvionales

Estos sedimentos fluviales recientes que transporta el río, bordean el Orinoco y las corrientes principales de Guayana; están constituido principalmente por limos, arcillas y arcillas limosas, interestratificados con lentes arenosos; estos materiales son provenientes de la meteorización de las rocas del complejo de Imataca y de la Formación Mesa, fueron arrastradas y depositadas por las aguas de escorrentía y por los vientos a partir del Holoceno hasta el presente, constituyendo las planicies aluvionales y el área de inundación periódica del Orinoco (Fernández et al., 2004).

Se puede reflejar la información descrita en el mapa N°4 de litología, como se indica está bordeado a lo largo del tramo por aluviones, pero al sur del río Orinoco, se presentan otros tipos de litología, como lo son el gneis, cuarzo feldespáticos y anfibolitas piroxénicas introducidas por rocas graníticas y diques basálticos en las áreas de Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, El Triunfo, Sacupana y Manoa.

Por tanto, conocer la información de los aluviones, formaciones, tipo de litología o lo referente al aspecto físico permite conocer la estabilidad del área, los usos que esta pueda tener, sobre todo en el caso de los remociones o dragados en el río, los productos resultantes pueden ser utilizados para diferentes usos, como por ejemplo de materiales de construcción.

### 3.1.2 Elementos climáticos

El área de estudio corresponde parte de los estados Bolívar, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro, ya que el tramo Matanzas – Boca Grande, navega a través de las fronteras de estos estados.

Venezuela es un país con gran diversidad climática, que en conjunto con los diferentes espacios geográficos con los que cuenta, determina un conjunto de ecosistemas, que desde el punto de vista de la biodiversidad que posee, se considera mega diverso, el comportamiento de los elementos meteorológicos como la radiación global, fotoperíodo, temperatura insolación, evaporación y humedad atmosférica es típica de la zona intertropical en la que se encuentra el país, por lo que presenta un ciclo anual poco marcado con pequeñas variaciones estacionales, y diferencias entre los valores máximos y mínimos del orden del 10% al 20%, aunque localmente existen diferencias hasta el 30% (Martelo, 2003).

En el caso de la radiación global en Venezuela, presenta el típico de la zona intertropical, donde el ciclo anual es bimodal, es decir con dos máximos y dos mínimos, debido al doble paso del sol, y al igual que en gran parte del país el máximo en marzo y el secundario entre septiembre y octubre, mientras que el mínimo principal se presenta en diciembre y el secundario entre junio y julio (Martelo, 2003).

La temperatura media está relacionada con el régimen de radiación, por lo que el patrón anual es bimodal, se presenta con un mes de retraso con respecto a la radiación global; en la zona intertropical el ciclo anual de los regímenes de radiación y temperatura no es muy marcado, sin embargo, en el ciclo diario lo es, dado que los valores menores de la oscilación térmica diaria (OTD) está entre 6-8°C en promedio en las zonas costeras y al sur del país, la OTD está influenciada por la nubosidad y la cercanía a las grandes masas de agua, es por eso que las zonas con mucha nubosidad, como el sur del país, presentan valores pequeños, no obstante, no se debe asumir que automáticamente las zonas de poca nubosidad se caracterizan por OTD elevada, ya que también influyen diversos factores (Martelo, 2003).

En el caso de la insolación, en Venezuela los valores promedios van de 5,5 a 9 horas/día, con valores extremos de hasta 12 horas/día, donde la mayor cantidad está en las zonas costeras y menor en el sur del país, ya que esta es alta en época de sequía y baja en lluvia, variable según la temporada en el que se encuentre, además estos diferentes elementos se ven influenciados por diversos factores continentales como lo son el relieve, altitud, latitud y la dinámica atmosférica, determinan los diversos climas presentes en el país que varían desde Árido hasta Excesivamente Húmedo y de Cálido a Gélido.

En el caso del área de estudio corresponde a los tipos climáticos denominados Bosque Seco Tropical (bs-T) que va desde aproximadamente hacia el oeste desde el sector Paloma al hasta Matanzas, y el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) al este del área entre los sectores de Boca Grande y Remolino, según con el sistema de clasificación bioclimática de zonas de vida de Holdridge (1967), y como se ha mencionado la distribución temporal de la precipitación está definida por dos períodos: lluvia y sequía, lo que en teoría y según el comportamiento de la precipitación, éstas en general dan inicio en el mes de abril, y alcanzan su pico más alto en el mes de agosto, para luego descender y dar comienzo en noviembre al período de sequía (Fernández et al., 2004).

El régimen de precipitaciones según los registros medios anuales disminuye desde Puerto Ayacucho, hasta Matanzas, variando de 1350 mm a 800 mm, aproximadamente; igualmente la temperatura media anual oscila entre 27° C y 28° C (Muñoz, 2008); sin embargo, según el climograma de Estados de Venezuela, el estado Amazonas muestra una precipitación anual de 2820,20 mm en el período de 1986 - 2015 siendo los meses entre abril y septiembre con mayor precipitación y con temperaturas de 27°C (imagen N°3) ( INAMEH, 2022), por otra parte, en el área del Delta existe un predominio del tipo de bosque húmedo tropical, y se caracteriza por tener valores de temperatura media anual del aire que oscilan entre 26° C y 28°C; así como también de una precipitación media anual entre 950 y 1850 mm (Rondón, 2009), y en el climograma de estado Delta Amacuro su precipitación anual es de 1445,9 mm en el período de 1986 – 2015, tiene sus niveles de precipitación más elevados en los

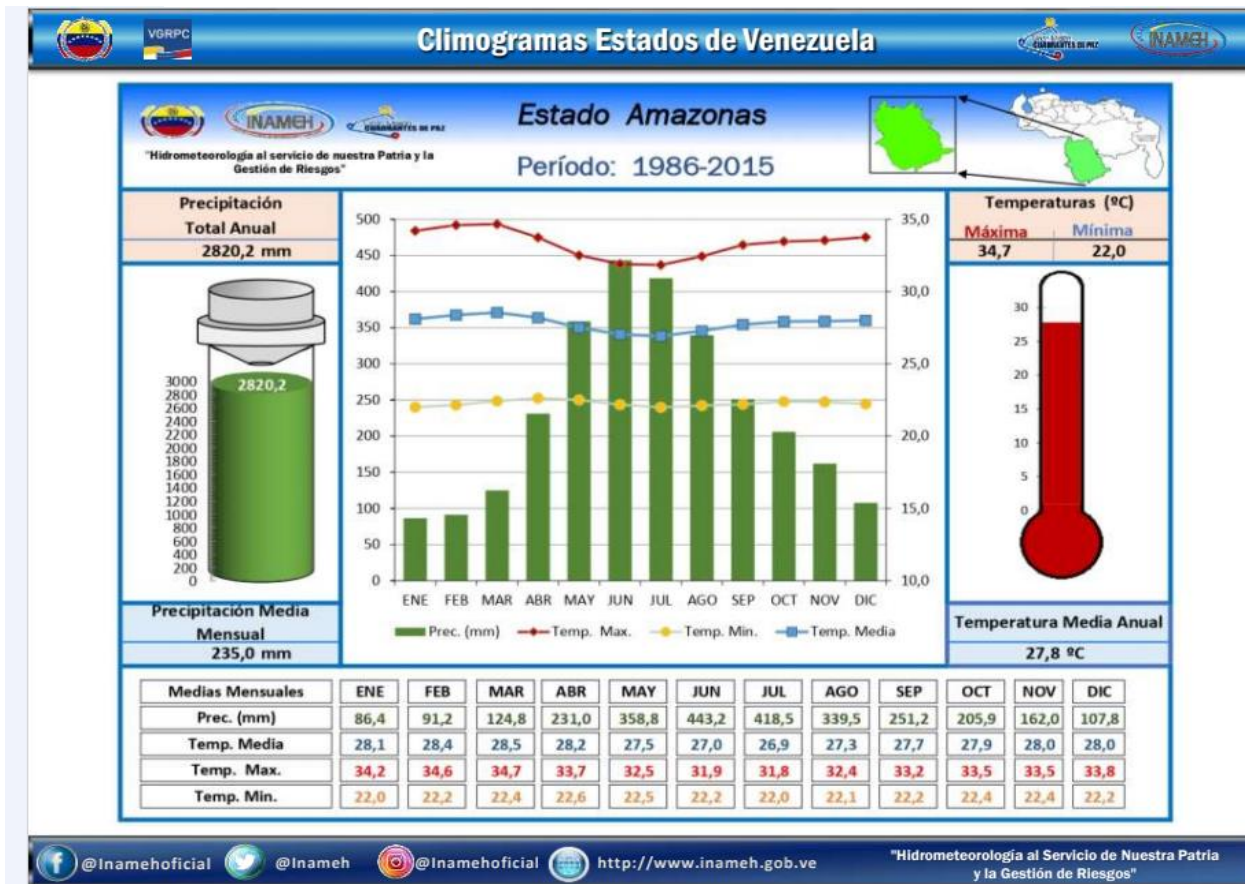
meses de junio y julio, relacionado con las bajas temperaturas como se muestra en la imagen N°4, y también se observa que los meses de enero y diciembre están por encima de los 90 mm y 120 mm correspondiente a período de sequía.

Al sur de Bolívar las precipitaciones del estado pueden alcanzar los 3560 mm anuales, en especial en las cuencas altas donde están las mayores elevaciones del relieve como en el alto y medio Caroní; en general, el régimen de precipitación es unimodal, como se ha mencionado con meses marcados de lluvia y otros de sequía, la temperatura varía alrededor de los 25°C, y es mayor a medida que se avanza hacia el norte, y el clima es más caluroso (Rondón, 2009), sin embargo, según el INAMEH en el estado Bolívar la precipitación anual es de 1835,5 mm, en el periodo de 1986 – 2015 pero igualmente presenta las mayores precipitaciones entre los meses de julio y septiembre, relacionado con disminución de la temperatura, y los primeros meses del año con precipitaciones por debajo de los 60 mm, como se observa en la imagen N°5.

En el caso del estado Anzoátegui, presenta precipitación anual de 928,3 mm, por debajo de los tres estados anteriores presentando su mayor medida en los meses de julio y agosto, con temperatura de 27° C (imagen N°6), mientras que el estado Monagas presenta una precipitación anual en el período de 1986 – 2015 de 1206,6 mm y temperatura de 26°C, y se observa las precipitaciones en los primeros meses por debajo de 48 mm, mientras que los demás meses se presenta un aumento progresivo (imagen N°7).

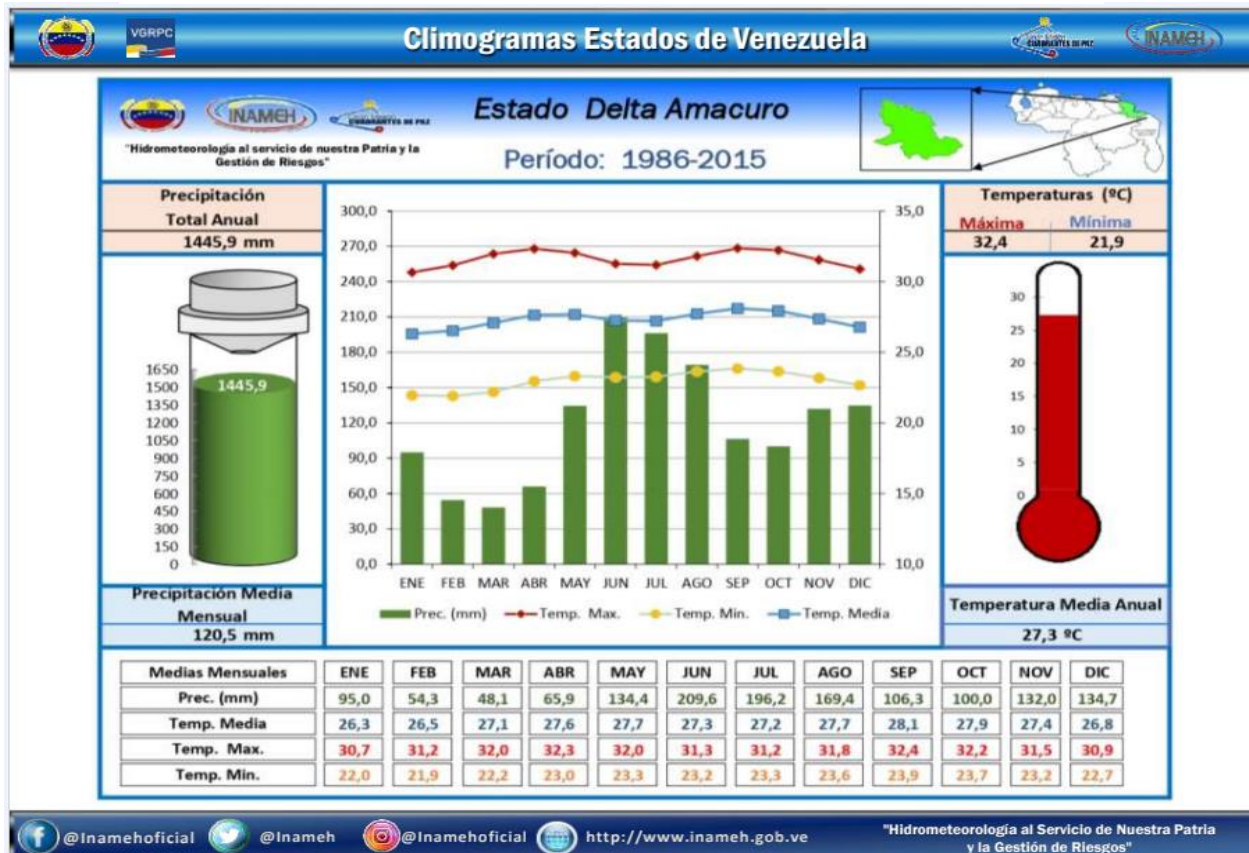


Imagen N°3 Climograma estado Amazonas



Fuente: INAMEH

Imagen N°4 Climograma estado Delta Amacuro



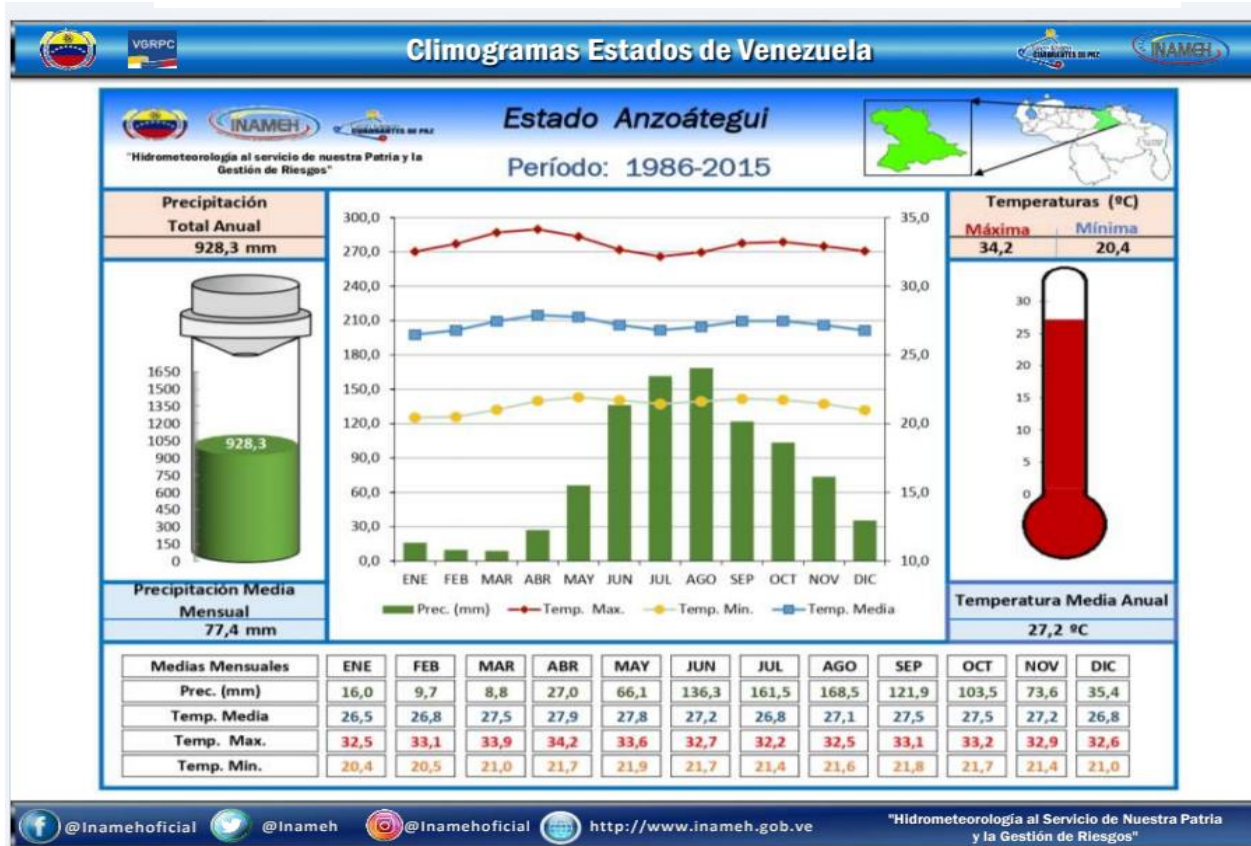
Fuente: INAMEH

Imagen N 5 Climograma estado Bolívar



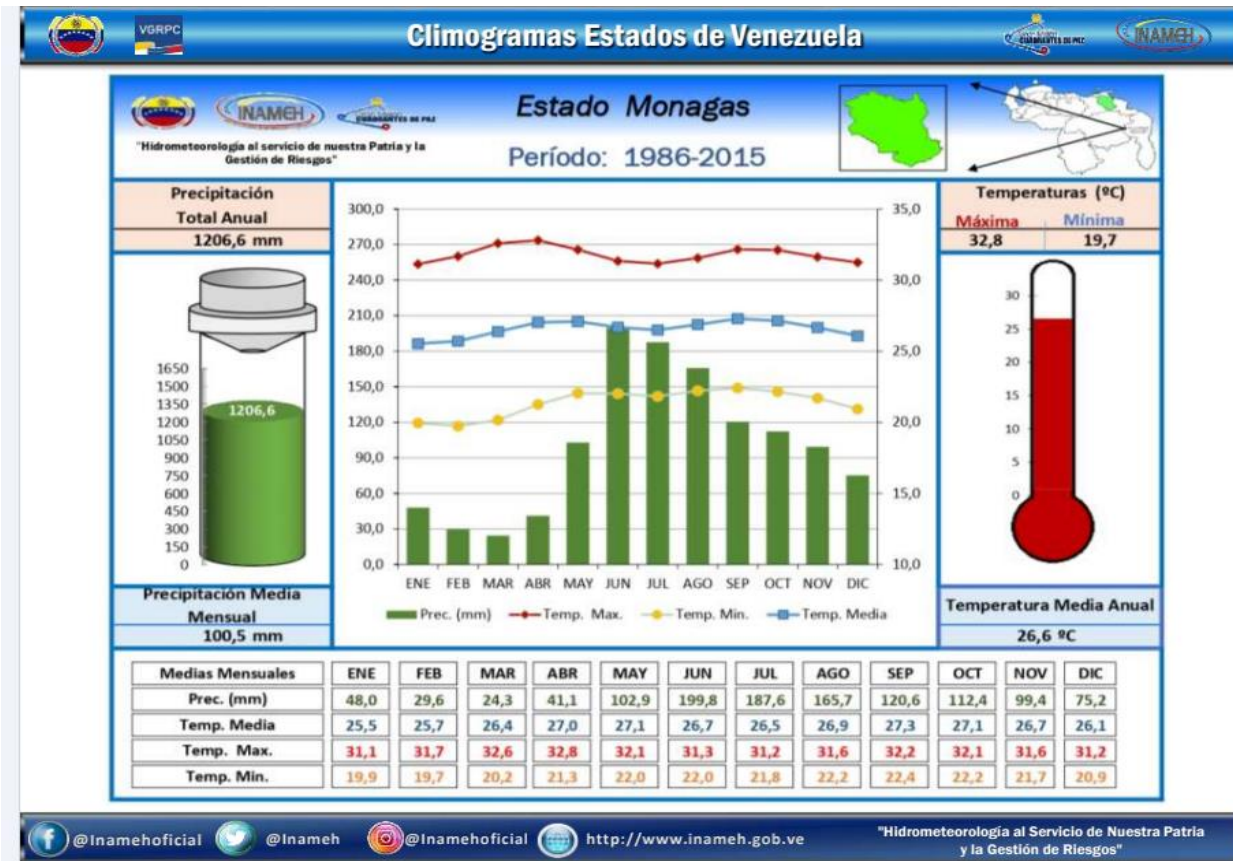
Fuente: INAMEH, 2023

Imagen N°6 Climograma estado Anzoátegui



Fuente: INAMEH

Imagen N°7 Climograma estado Monagas



Fuente: INAMEH

En las imágenes anteriores de Climogramas Estados de Venezuela, pareciera que en los aumentos de la precipitación, la temperatura disminuye, pudiéndose indicar una relación entre estas variables, y que pueden verse afectadas por cualquier alteración macroclimática, por lo tanto es importante tomar en cuenta que Venezuela con su diversidad climática se ha visto afectada por el denominado fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS), por ello se estima necesario en esta parte dar a conocer, en general, cómo es su comportamiento y cómo puede influenciar los patrones regulares, es un preámbulo para conocer el comportamiento de las variables macroclimáticas de Venezuela, ya que este fenómeno climático tiene influencia global y afecta la variabilidad climática en grandes regiones del planeta. Esta influencia se proyecta más allá del océano Pacífico Tropical, altera sus patrones del tiempo atmosférico. Este fenómeno oscila entre dos fases, una fase fría (C) y una fase cálida (W), y dependen de la fuerza o debilidad de los vientos alisios. Es bien conocida su relación con las fluctuaciones de los niveles de agua, variabilidad en las precipitaciones y alteraciones de los caudales en las cuencas tropicales (Paolini *et al*, 2012).

Aunque existen estudios de cuencas como el del Río Caura (Paolini *et al*, 2012) y Río Caroní (Millano y Paredes, 2012) y en el que se evidencia influencia del fenómeno, los trabajos indican que no existe diferencias significativas promedios de los caudales, según los eventos que analizaron; considerando estos criterios se hace importante ya que esta cuenca, así como la del Caroní, son de los principales tributarios del Río Orinoco, y corresponde a objeto de estudio de la investigación.

Según Martelo (2003) existe poca información sobre la influencia de las variables macroclimáticas en Venezuela (en donde el ENOS es una de ella); es así que entre 1997 y 1998 se produjo un evento Niño (ENOS) que generó inquietud pública, se realizaron en aquel momento diferentes análisis con respecto a lo ocurrido, por los organismos oficiales, (antiguamente era el MARN y EDELCA), y a la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología adscrita al CONICIT, concluyeron principalmente, que el ENOS, tanto en su fase cálida como fría no afecta de igual forma a todo el país; en el caso de Guayana que es parte de la zona de estudio de este proyecto,

la fase cálida (Niño) tiende a producir temporadas secas e inicio de temporada lluviosa más tardía de lo normal, en el caso de la fase fría (Niña), en Guayana, está relacionada con temporadas secas más lluviosas de lo normal y caudales relativamente altos del Caroní, y como se mencionaba anteriormente es uno de los principales afluentes del Río Orinoco.

Aunque, se debe destacar que el caudal del río Orinoco se alimenta de una extensa cuenca, que representa un gran espacio que ocupa el orden del millón de kilómetros cuadrados, 32,5% se ubica en territorio colombiano, mientras que el 67,5% se ubica en territorio venezolano (Córdova y González, 2015), de manera que el caudal en el área de estudio en su fluctuación, es el reflejo del comportamiento del escurrimiento que ocurre en todo ese espacio.

En la cuenca del río Orinoco, el Fenómeno El Niño 1997-1998 produjo una disminución de las precipitaciones, se reflejó en una baja considerable en los aportes de los tributarios, por lo que esta situación representó una disminución de los niveles del río y un aumento de la sedimentación, en el canal de navegación; ello acentuó en el lapso de enero a marzo de 1998, y trajo como consecuencias directas sobre la navegación fue una disminución de los calados autorizados, donde los usuarios debieron incrementar el número de viajes para cumplir con los volúmenes de carga, y hubo un aumento de los volúmenes de dragado en el Canal y por ende la necesidad de un contrato de mayor número de días de dragado (INC, 1999).

En general, el fenómeno ENOS ha presentado impactos en Venezuela, como lo es al apreciar registros de caudales inferiores al promedio histórico, también la disminución de la precipitación durante la época de lluvia, ya que presenta una entrada tardía de la temporada lluviosa, lo que trae como consecuencias bajos niveles de los ríos y de los embalses que surten de agua a la población ocasionando problemas de racionamiento de agua, afectación en la agricultura, debido a los déficit hídricos causados por la sequía, pero también efectos en el transporte fluvial, por la disminución de los calados autorizados, lo que repercutiría en la reducción de la navegación anual

en los ríos navegables, entre ellos el área de estudio en el río Orinoco el tramo Matanzas – Boca Grande, el cual es un canal de 195 millas de longitud para buques de gran calado a través del Río Orinoco.

En el cuadro N°2, se pueden apreciar el valor promedio trimestral de la desviación o anomalías de la temperatura de la superficie del mar indicador llamado ENOS, y está representado en color rojo los períodos cálidos y los fríos en azul, basados en un umbral del  $\pm 0.5$  °C, considerado por el Centro de Predicción Climática, 2021 perteneciente al espacio geográfico correlativo del ENOS 3.4, tomando en cuenta el periodo de estudio de este proyecto desde 1998 al 2018, estos valores promedios residuos de muchos años pueden ser alterados por el indicador de irregularidades ENOS.

En este cuadro N°2 por ejemplo, se observa el año 1998, con valores altos de anomalías, pareciera que arrastró los efectos del año anterior, que fue un año con alteraciones significativas, sin embargo se aprecia que ese mismo año pero finalizando se presentan alteraciones negativas, es decir, una disminución de la temperatura, por ende asociado a mayor precipitación y en el caso del año 2015, existen valores de anomalías por encima de 2.2 °C que se evidencia en el año 2016, pero también se aprecian valores neutros que no presentaron anomalías en la región 3.4.



Cuadro N°2 Registros de los desvíos promedios de la temperatura de la superficie del mar (ENOS) y su relación con los episodios históricos del El Niño y La Niña a nivel mundial

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	OND	NDE
1998	<b>2.2</b>	<b>1,9</b>	<b>1.4</b>	<b>1.0</b>	<b>0,5</b>	-0,1	<b>-0,8</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,6</b>
1999	<b>-1,5</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,2</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,7</b>
2000	<b>-1,7</b>	<b>-1,4</b>	<b>-1,1</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>
2001	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0.0	0,1	0,2	0.4	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>
2003	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	0.4	0.0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0.4	0.4
2004	0.4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
2005	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	0.4	0.4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>
2006	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	-0,4	-0,1	0.0	0,1	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
2007	<b>0,7</b>	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,6</b>
2008	<b>-1,6</b>	<b>-1,5</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	-0,4	-0,2	-0,2	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>
2009	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	-0,3	0.0	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>1.4</b>	<b>1,6</b>
2010	<b>1,5</b>	<b>1.2</b>	<b>0,8</b>	0.4	-0,2	<b>-0,7</b>	<b>-1</b>	<b>-1,3</b>	<b>-1,6</b>	<b>-1,6</b>	<b>-1,6</b>
2011	<b>-1,4</b>	<b>-1,2</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	-0,4	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1</b>
2012	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	-0,3	0.0	0,2	0.4	0.4	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0.0	0,2	0,2	0.0	0,1	0,2	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>
2015	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>1.2</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>
2016	<b>2.5</b>	<b>2.1</b>	<b>1,6</b>	<b>0,9</b>	0.4	-0,1	-0,4	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	<b>-0,8</b>	<b>-1</b>
2018	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	-0,2	0.0	0,1	0,2	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>

Fuente: Centro de Predicción Climática, 2021

Sin embargo, para una comparativa de las anomalías del centro de predicción climática y la intensidad del evento, se muestra los umbrales de intensidad (cuadro N°3), para el espacio geográfico correlativo ENOS 3.4, se categoriza en neutro, débil, moderado y fuerte, con valores desde menores a 0,64 a mayores de 1,50, esto también incluso negativos, cuando equivale a la condición contraria a El Niño, que se conoce como La Niña (Sáez, Aguilar y Pino, 2008; Martelo, 2003).

Cuadro N°3 Intensidad de ENOS en la región 3.4

Intensidad del evento	Temperatura superficie del mar ENOS 3.4
Neutro	< 0,64
Débil	0,65 - 1,00
Moderado	1,00 - 1,50
Fuerte	> 1,50

Fuente: (Sáez, Aguilar y Pino, 2008; Martelo, 2003)

Al comparar el cuadro del centro de predicción climática con la intensidad del evento, se tomó en cuenta resaltar la intensidad del evento de moderado a fuerte, es decir, todos aquellos que estén desde  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  a mayores de  $\pm 1.50^{\circ}\text{C}$ , estos se identificaron de color rojo representando a los datos positivos relacionados con el fenómeno El Niño, y el color azul, siendo los datos negativos relacionados con el fenómeno La Niña, por lo que el resto de los datos son considerados de débil a neutro; es por ello que en el cuadro N°4 observamos que los años de 1998, 1999, 2000, 2008, 2009, 2010, 2011, 2015, 2016 y 2017, presenta en diferentes etapas del año temperaturas mayores a  $1^{\circ}\text{C}$ , como pueden ser a principio o finales del mismo, sin embargo, en el año 1999, presentó durante todo el año una intensidad entre moderada a fuerte.

Con base al cuadro N°4 se representó en el gráfico N°1, el promedio anual de cada uno de los datos, y de esta manera conocer cuáles fueron los años representativos del fenómeno, y si esto se vinculó en los niveles de agua del área de estudio, es así que se observa que los años de mayor incidencia del fenómeno El Niño, fueron 1998, 2002, 2009, 2010, 2015 y 2016, ya que presentaron los mayores promedios de desvío de la

temperatura de la superficie del mar, y como se observa en los datos se dan a principio de los primeros trimestres, pero también viene arrastrando del año anterior, por ejemplo de 2015 al 2016.

En el caso del fenómeno La Niña presentó su mayor incidencia en los años 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2010, 2011 y 2017, en donde en todo el año 1999, se encontró con intensidad, moderada a fuerte, además su inicio según para este período de estudio está en el trimestre de julio, agosto, septiembre, que coincide con los meses de lluvia de Venezuela. Si se observa en ambos casos el año 1998 fue afectado y esto coincide con el año de importancia para Venezuela con respecto a esto a la disminución de la precipitación, situación que generó angustia en diferentes sectores y entre ellos la navegación en el río Orinoco, que es parte del área de estudio de esta investigación.

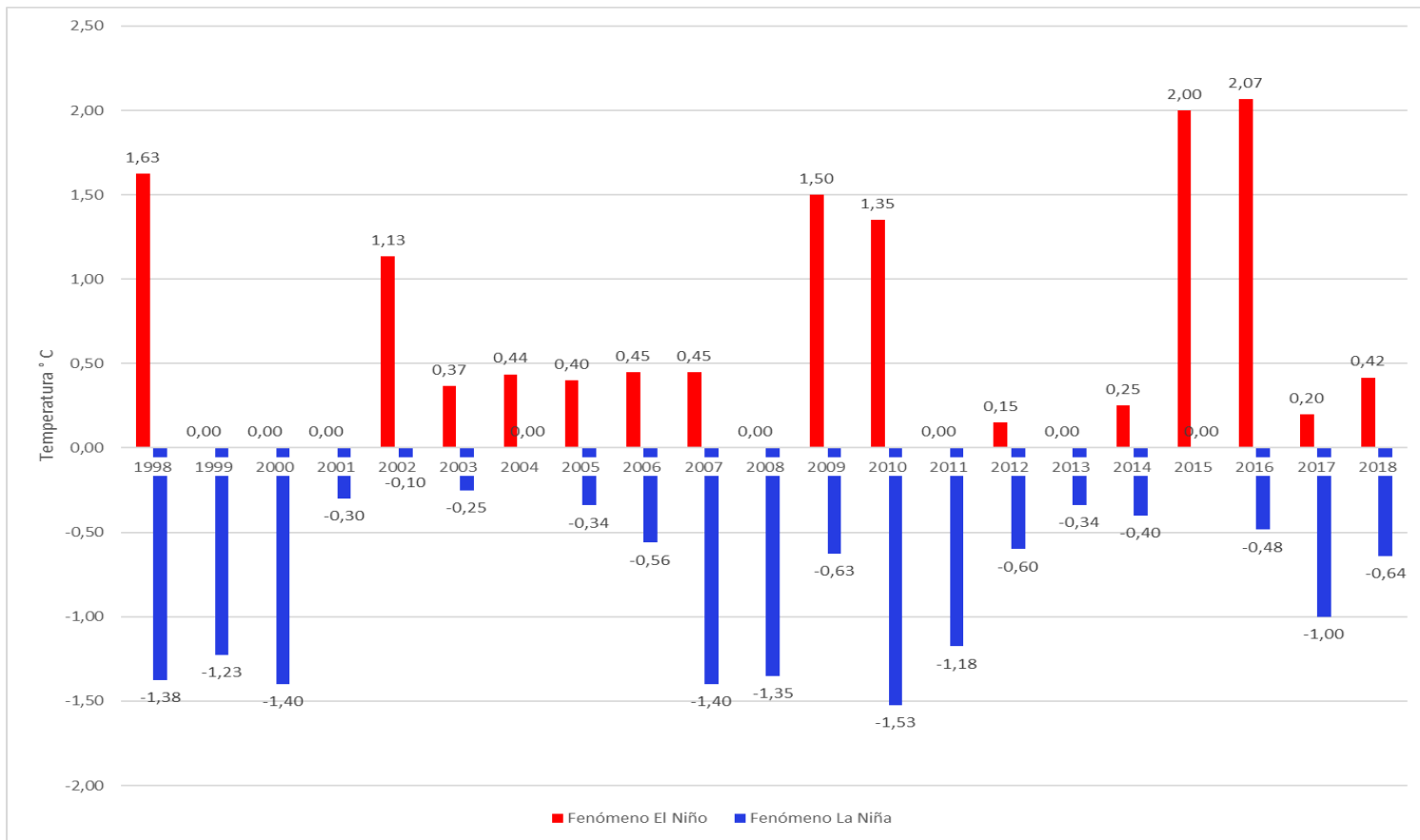
Por lo descrito anteriormente, puede evidenciarse una relación entre ambas variables (precipitación y temperatura del mar), por lo que las anomalías de temperatura del fenómeno ENOS, pudieran estar influenciando en el comportamiento macrolimático del país, una alteración del sistema afecta el ciclo hidrometeorológicos, las variaciones de temperatura de la superficie del agua, producen cambios en la circulación del océano y de la atmósfera, provocando perturbaciones climáticas a nivel planetario (Comité Regional de Recursos Hidráulicos, 2019).

Cuadro N°4 Promedio trimestral de las anomalías de la temperatura

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	OND	NDE
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1	-1	-1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,5	-1,7
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,6	-0,8
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,9	0,9
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0	0,3	0,5	0,6	0,7	1,4	1,6
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,4	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,6	0,7
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,6	2,6
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,8	-1
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,9	0,8

Fuente: Elaboración propia con base al Centro de Predicción Climática (2021) y a Sáez, Aguilar y Pino (2008) Martelo (2003)

Gráfico N°1 Promedio trimestral de la temperatura de la superficie del mar de los episodios históricos del El Niño y La Niña a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia con base al Centro de Predicción Climática (2021) y a Sáez, Aguilar y Pino (2008); Martelo (2003)

Según estudios realizados como el de Martelo (2003); Lozada *et al*, (2004) de la región 3.4, explica de manera efectiva el efecto ENOS impacta sobre Venezuela, en la que se evidencia que su influencia depende de la región del país y otras condiciones ambientales, en la región Guayana puede presentar sequía, hacia el occidente de Venezuela caudales bajos y fechas tardías en la entrada de las lluvias, a diferencia de la región centro-occidental a la fecha no se observa un patrón definido, existiendo aparentemente una mayor relación con La Niña (Martelo, 2003). El impacto mayor visto en el país del El Niño fue en 1997 -1998, en el que se observaron cambios de precipitación en la región sudeste, parte de la cuenca del Caroní, que trajo como consecuencias de un déficit de 40% en el caudal en diciembre y para enero un déficit de 55% menos que la media histórica (Lozada *et al*, 2004).

### 3.1.3 Hidrografía

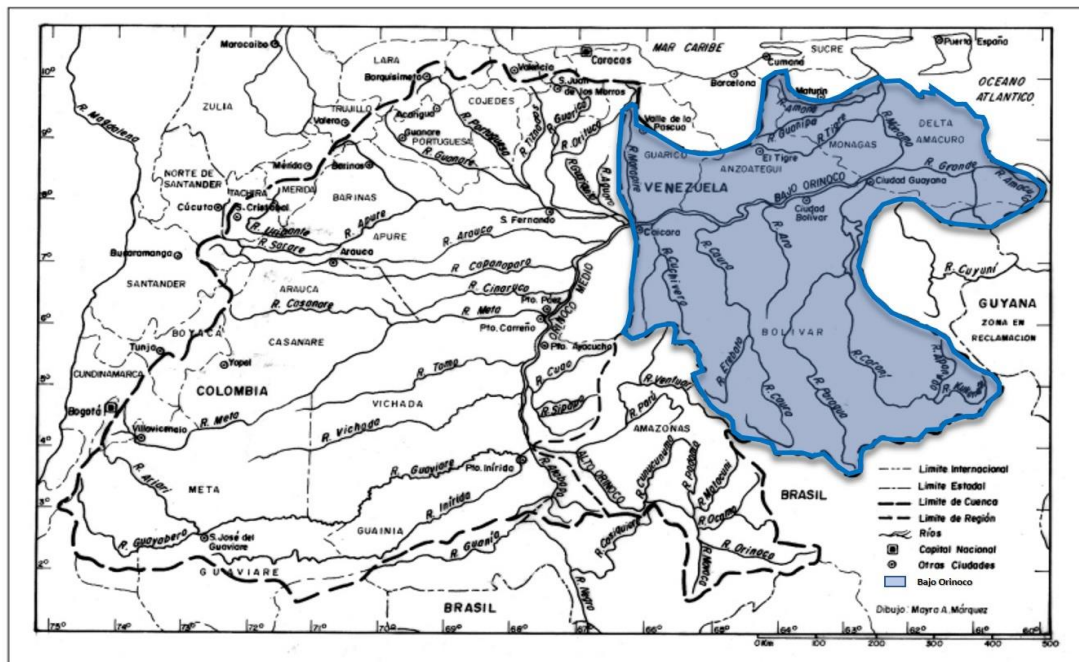
El río Orinoco tiene su nacimiento entre las montañas de Parima y Tapirapecó, en la cumbre Delgado Charbaud a 1.047 msnm, ubicada al sureste de Venezuela, en las tierras altas de la Amazonia venezolana, esta cuenca tiene alrededor del millón de kilómetros cuadrados, donde el 32,5% se ubica en el territorio colombiano, mientras que el 67,5% restante está en territorio venezolano. El río está dividido en dos secciones; el alto Orinoco y el bajo Orinoco, es utilizado desde los años 50 para la exportación del mineral de hierro y otras materias primas (Savelli, 1998).

El área de estudio pertenece principalmente a la cuenca hidrográfica del río Orinoco, en el tramo también conocido como bajo Orinoco, tiene un área de drenaje de 301.000 km<sup>2</sup> de territorio venezolano, de los cuales 189.000 son de Guayana y otros 74.000 son de la subregión deltaica, que incluye su cuenca colectora e inicia aguas debajo de la confluencia del río Apure y termina en una estructura deltaica, donde la mayor parte de su caudal desemboca en el océano Atlántico y la parte restante hacia el golfo de Paria, sus mayores tributarios son los ríos Caroní, Apure, Caura, Aro y Cuchivero, siendo el río Caroní el de mayor importancia para el tramo de estudio Matanzas – Boca Grande, donde se encuentra en el área, tampoco se puede dejar de un

lado los demás tributarios, ya que al apreciarlos espacialmente, existe una conexión, donde uno depende del otro, así que al fallar la distribución del caudal de alguno podría afectar la dinámica habitual, pudiendo afectar aguas abajo del río Orinoco (imagen N°8).

Con lo descrito anteriormente se está de acuerdo con lo que indica también Pérez y López (1998), que el río Orinoco presenta desde el punto de vista hidrológico un rendimiento líquido con una magnitud que origina grandes variaciones de su caudal, lo que se refleja en fluctuaciones notables del nivel de agua entre el período seco y lluvioso, afectando extensas áreas de la planicie, contribuyendo a formar complejas y diversas estructuras fluvio-morfológicas, por lo cual se evidencia según el autor que existen variaciones en el tiempo por la dinámica fluvial constante.

Imagen N° 8 Cuenca del Río Orinoco, estado Bolívar. Posición relativa del Bajo Orinoco



Fuente: La Cuenca del Río Orinoco, Silva, 2004

En el caso del río Caroní, que es uno de los principales afluentes dentro del área de investigación, cuenta con un gran caudal que le asignan a esta cuenca una gran potencialidad para la generación de energía hidroeléctrica, allí se emplaza el complejo

hidroeléctrico del Guri, que no solo ha beneficiado con electricidad a las poblaciones venezolanas, sino también en la regulación del régimen del río, en promedio varía sus caudales desde 1.400 m<sup>3</sup>/s en verano, con valores mínimos inferiores a 300 m<sup>3</sup>/s hasta los 9.000 m<sup>3</sup>/s en período de lluvias, por lo que esta regulación permite un caudal mínimo constante durante todo el año, del orden de los 4.000 m<sup>3</sup>/s mejorando considerablemente la navegabilidad del río Orinoco, que en sequías extremas, como la centenaria, puede ser inferior a los 2.000 m<sup>3</sup>/s.

La cuenca del río Caroní se ha visto afectada por el fenómeno ENSO, ya que según la investigación de Millano y Paredes (2012), sobre la influencia del fenómeno El Niño en la cuenca del río Caroní, sugiere que este fenómeno se asocia a algunas variaciones extremas en la pluviometría de la cuenca del río Caroní, y que en general, las anomalías oceánicas o atmosféricas extremas en el Océano Pacífico y persistentes en el tiempo, suelen ir acompañadas de una disminución o un aumento en los montos pluviométricos de la cuenca.

Esta disminución y aumento que afectada al río Caroní, es afectado también en el río Orinoco, e indica una variación de los niveles de agua, según la temporada de lluvia y sequía, también por el comportamiento de sus afluentes, además por la influencia de los vientos, oleajes y mareas que puede presentarse, y que esta marea está relacionada mayormente al Delta del Orinoco, en el sector de Boca Grande, sector de gran importancia por ser el acceso a la vía fluvial del río Orinoco.

El Delta del Orinoco, que además es parte del bajo Orinoco inicia en Punta Cabrián, cerca de la población de Barrancas del Orinoco, aguas abajo del cauce del río Orinoco y se divide en tres grandes cursos de agua: los caños Mánamo y Macareo y el río Grande, siendo este la continuación del río Orinoco con una longitud de 200 km, desde Piacoa (cerca de Barrancas) hasta Punta Barima en la desembocadura al océano Atlántico, pero en 1965 se inicia el cierre con un dique del caño Mánamo, uno de los tres cursos de agua, con la intención de permitir aumentar el caudal del caño Macareo y el de río Grande con el fin de mejorar las condiciones de la navegación, trayendo con



los años consecuencias negativas a nivel ecológico, como el aumento de la salinidad de las aguas y la acidificación de los suelos (Silva, 2015).

A pesar del cierre del caño Mánamo, la hidrodinámica del Río Orinoco, sigue estando influenciada por las mareas, las descargas de los ríos, los vientos, oleaje y las corrientes de densidad producidas por la diferencia en el contenido de sal de agua proveniente del Océano Atlántico y por la descarga de agua dulce de los ríos como Amacuro, Aroy, Orocoima, Aguirre, El Perro, San José, El Pozo, Barima entre otros, así como los diferentes caños del Delta (Mapa N°5 de Hidrografía), aportando de esta manera también sobre el nivel de agua y el caudal en las temporadas de lluvias y sequías, así como su comportamiento diario.

Esta fluctuación de niveles de agua, en tierras de bajas pendientes y con accidentes topográficos, determinan el ensanchamiento de las áreas marginales con bajo relieve, causando notable extensión de las zonas de cubrimientos de las aguas en el período correspondiente a la ocurrencia del pico del hidrograma y una considerable reducción de las secciones mojadas en el período seco, ambas en largos períodos de tiempo (Pérez y López, 1998).

Es por ello que el río Orinoco por las amplias fluctuaciones de caudales, puede experimentar variaciones en los niveles de agua y como mencionan los autores Pérez y López (1998) en los aspectos relevantes de la hidrología del Orinoco, puede alcanzar en algunas secciones hasta 20 metros en crecientes extraordinarias, por lo que esto puede condicionar las características de diversos aspectos del comportamiento hidrológico del río, y se asocia a su aprovechamiento, particularmente en el uso del canal con propósitos de navegación.

#### 3.1.4 Suelos

El suelo tiene un significado tradicional, ya que es el medio natural, para el desarrollo de las plantas terrestres, ya sea que tenga o no horizontes discernibles; es importante porque sostiene a las plantas que proporcionan comida, fibras,

medicamentos y otras necesidades, así como también porque filtra el agua y recicla excretas (USDA, 2014). Para este trabajo la visión o perspectiva que se tiene del suelo va dirigido a los valores extremos de saturación y desecación de los suelos y sedimentos, al ser cubiertos por las aguas o exponerse a la atmósfera, y en forma alternada se desarrollen procesos fluviales y eólicos de remoción y transporte de estos materiales del suelo.

Venezuela, por tener una diversidad climática, de relieve, rocas, especies vegetales y otros factores, favorecen la existencia de una gran variedad de suelos. Según el Sistema de Taxonomía adoptado por el sistema de clasificación de suelos de Soil Survey Staff (USDA) en 1960, de los doce tipos de suelos contemplados, Venezuela cuenta con nueve, los cuales son entisoles, inceptisoles, vertisoles, mollisoles, ultisoles, oxisoles, aridisoles, histosoles y alfisoles (Valera y Rondón, 2003).

Lo que abarca el área de estudio en el río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande, se encuentra la siguiente taxonomía de suelos; en primer lugar, Ultisoles, se caracterizan por ser arcillosos y ácidos, con un pH bajo, por ende, una fertilidad escasa y se caracterizan por ser de moderadamente profundo a muy profundos, de textura franco arcillosa, limosa y arenosa, y es muy frecuente su distribución en el estado Bolívar. Los Histosoles son suelos gruesos, con alta concentración de materia orgánica, producto de la deposición fluvial durante largos períodos de tiempo, este tipo de grupo tiene una importancia ecológica por la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono orgánico, aunque la mayoría son ácidos y carecen de nutrientes minerales y puede encontrarse en el litoral deltaico del estado Delta Amacuro. Y, por último, están los de tipo Inceptisoles, son suelos con escaso desarrollo de horizontes, no presentan acumulación de materia orgánica, hierro o arcilla, se encuentran en algunos estados orientales como Delta Amacuro (Elizalde, Vilorio y Rosales, 2009).

En el área de estudio, los suelos son predominantemente de texturas medias, con alto componente arcilloso, mal drenaje, poca fertilidad y cierto nivel de acidez, por lo que predominan los suelos del tipo Fluvaquents y Dystrustepts (suborden Fluvents, en el Sistema Séptima Aproximación), de texturas medias a finas y mal drenaje, aunque en la zona de decantación, los suelos son arcillosos de tipo Fluvaquents y Endoaquepts, recientes, con mal drenaje y amplias reservas minerales, en ellos existen capas de arcillas de origen marino, aunque su capacidad para generar sulfato acidificación es menor que en el Delta Inferior, debido a la menor cantidad de pirita y a la distribución dispersa de las capas de estas arcillas. No obstante, la alteración del régimen hídrico puede originar este fenómeno (Elizalde, Viloría y Rosales, 2009).

Otro de los suelos que se pueden encontrar en el área son los Sulfaquents y Sulfohemist, presentan materiales sulfurosos, que al ser drenados se convierten en suelos extremadamente ácidos y estériles, y se encuentran en la planicie norte del río Orinoco cercano a Curiapo principalmente, pero se encuentran combinados con otras composiciones de suelo, en el área de la desembocadura se puede encontrar los tipos constituidos por sedimentos francosos y arcillosos depositado en un ambiente de pantano como el Hydraquents, combinado con Sulfihemists, material ácido a los 100 cm de la superficie del suelo, siendo muy ácidos y también existen los combinados con Sulfaquents, además los Kandiustults y Quartzipammments, que también se identifican en la parte norte del río Orinoco, en lado de los Llanos Orientales, tiene un horizonte kándico espeso y que posee arcillas con baja capacidad de intercambio, además con abundancia de minerales resistentes (mapa N°6 de suelo), (Elizalde, Viloría y Rosales, 2009).

Es por ello, que conocer estos tipos de suelos ayuda a saber su nivel freático, el nivel de inundación que pueda tener un área, pero también los diferentes tipos de materiales que el río transporta, por las erosiones o actividades antrópicas que suceden a lo largo del mismo, y presenta los tipos de suelo que se pueden encontrar en el fondo del río Orinoco y que son considerados material a dragar, ya que son de fácil remoción

y transporte, predominan la arena en sus diferentes categorías, como son arena media a fina, arena gruesa a fina con trazas de limo, arena media a fina con conglomerado, Arena gruesa a fina con contenido de grava y limos arcillosos, Arena limosa, Arena fina con arcilla y fango, así como también arcilla y esto según el sector en donde se draga es que se encuentra este tipo (cuadro N°5 y mapa N°7 de material de fondo).

Además de tener este material de fondo, el río Orinoco transporta sedimentos en suspensión y materia orgánica proveniente de los afluentes, son descargados durante los períodos de inundación en ambos márgenes, siendo parte de esta suspensión depositada en el Delta, las planicies y hasta el Océano Atlántico, el pH de esta zona oscilan entre 6,5 y 7,0, el porcentaje de oxígeno es alto en la zona industrial y aguas debajo de San Félix, puede relacionarse a lo estrecho del canal a la altura de Matanzas y a la entrada del Caroní (Rosales, Rodríguez y Narayán, 2007).

Según el estudio realizado por Rosales, Rodríguez y Narayán (2007), el tipo de suelo, en los primeros 20 cm de la planicie aluvial se clasifican en francos, que corresponden a las posiciones geomorfológicas de diques y bancos, francos limosos, a las napas franco arcillo limosos, arcillo limosos y arcillosos en las inmediaciones de las cubetas y depresiones cóncavas.

Por lo expuesto se puede indicar que el tipo de suelo en su mayoría es mal drenado, por lo que son áreas de inundaciones muy frecuentes, sobre todo en épocas de lluvias, y afecta las actividades dentro de la zona, así como también en el tráfico fluvial, ya que aquí también se evaluaron algunas islas que son parte del eje de navegación, esto puede inferirse que, si estas son cubiertas de aguas y de no existir una advertencia, se convierte en un obstáculo de navegación, y los tipos de materiales que se están en el fondo del río, bancos de arenas e islas que afloran en su gran extensión en temporada sequía, pueden provocar varaduras en el área.

Cuadro N°5 Material de fondo del Tramo Matanzas – Boca Grande por sectores, del Río Orinoco, estado Bolívar

<b>Tramo</b>	<b>Sector</b>	<b>Material de Fondo</b>
Río Orinoco Tramo Matanzas – Boca Grande	Palo Solo	Arena Media a Fina
	Puerto Ordaz	Arena Media a Fina con Conglomerado
	Palúa	Arena Media a Fina
	San Félix	Arena Gruesa a Fina con Trazas de Limo
	Aramaya	Arena Gruesa a Fina con Trazas de Limo
	Los Castillos	Arena Gruesa a Fina con Trazas de Limo
	Guarguapo	Arena Gruesa a Fina con Contenido de Grava y Limos Arcillosos
	Barrancas	Arena Fina a Media con Trazas de Limo
	Ya – Ya	Arena Fina a Media con Trazas de Limo
	Araguaito	Arena Fina a Media con Trazas de Limo
	Sacupana	Arena Fina a Media con Trazas de Limo
	Guasina	Arena Fina a Media con Arcilla Orgánica y Limo
	Curiapo	Arena Limos y Limo Arcillo – Arenoso
	Noina	Arena Limosa
Boca Grande		Barro y Arcilla Blanda
		Arena Fina con Arcilla y Fango
		Arena Limosa

Fuente: Elaboración propia con base al INC (2014)

### 3.1.5 Vegetación

Venezuela es uno de los países con mayor cantidad y diversidad de especies y formas de vegetación, que se encuentra extendida por todo el territorio, esta diversidad se debe principalmente a las variables condiciones de relieve y de clima que caracterizan al paisaje venezolano en toda su extensión. En general, de acuerdo a su forma de crecimiento, los principales tipos de vegetación se agrupan en dos grandes formaciones, la leñosa, la cual predominan los árboles, que en su conjunto forman bosques o selvas, se estima que en Venezuela existen centenares de bosques, desde enanos con árboles de 5 a 8 metros de altura, hasta los más densos de 50 metros de altura, mientras que los arbustos tienen un tamaño usualmente por debajo de los 5 metros, y muchas veces se agrupan en arbustales, particularmente abundantes en los tepuyes de la Guayana (Huber, 2007).

La otra formación presente es la no leñosa, se divide entre herbazal y vegetación pionera, la vegetación herbácea consiste en gramíneas de tierra baja que en su conjunto forman sabanas; también existen, especialmente en Guayana, numerosos herbazales formados por hierbas distintas a las gramíneas, finalmente en las ricas y arenas húmedas crece la llamada vegetación pionera salpicada de líquenes, algas, musgos y hepáticas, de constitución principalmente talosa y costrosa (Huber, 2007).

En el área de estudio se puede observar el tipo de vegetación de manglar, matorral, bosques, herbazales y sabanas (mapa N°8), entre lo que destaca es el bosque de pantano, engloba comunidades boscosas que se caracterizan por presentar suelos permanentemente saturados de agua, o al menos con un nivel freático muy cercano a la superficie, aun durante el final de la época de sequía, y una estructura con especies arbóreas características de estas comunidades, además de distintas especies de palmas.

A lo largo del río se puede identificar diferentes tipos de bosques según Caura (1994), bosque alto denso (BAD), comprende dos modalidades, bosques de galerías de gran desarrollo que bordean el canal de navegación y bosques rebalseros, que ocupan el margen sur del río, perteneciente a la Reserva Forestal Imataca; bosque medio semidenso (BMSd), igualmente se discriminan en dos modalidades, rebalseros, frecuentes en el margen norte del río, con estrato superior semidenso y continuo, y bosque de galería, similares a los descritos anteriormente pero ligeramente más alto; bosque medio denso (BMD), presente en el sur del Orinoco, por el sector Boca Grande, al norte de la Reserva Forestal Imataca; bosque bajos densos (BBD), ubicados a los bordes del río en la margen sur por el sector Guasina con estrato superior denso, sugiriendo que se trata de comunidades monoespecíficas que ocupan suelos con tendencia al mal drenaje y anegamiento periódico.

Igualmente, como se mencionó están los matorrales, aunque no en gran proporción en el área, pero este tipo de comunidad puede estar presente en franjas del helecho y tolerante a ciertos niveles de salinidad. En el caso de los herbazales de

pantano estas comunidades ocupan extensiones importantes en las planicies cenagosas sobre todo en la región deltaica. Por otra parte, las sabanas se emplazan en las áreas más deprimidas del paisaje de planicie y así como las comunidades de manglar, están asociadas con aguas con un cierto contenido de salinidad, y es que se visualizan en la desembocadura del río al océano Atlántico y se caracteriza también por la baja energía cinética y con un régimen de carácter bi-diurno de mareas, alcanzando un máximo desarrollo estructural, biomasa y productividad primaria (Caura, 1994).

En el área existen matorrales semidensos (MSd), asociados a sectores mal drenados, tales como la porción central de las islas y otros sitios sometidos a inundaciones periódicas, que impiden el desarrollo de comunidades exuberantes, matorrales abiertos (Mab), con características similares al anterior, y se ubican en sitios donde las condiciones del drenaje sustrato limita aún más el desarrollo de la vegetación y los herbazales inundables (HI) que ocupan sectores sujetos a inundación periódica de gran intensidad y duración, tales como bancos, islas y otros sitios (Caura, 1994).

Esta información de la vegetación es necesaria para conocer el nivel de sucesión vegetal que se encuentran en un área, representando la continuidad o la interrupción del proceso de sucesión, convirtiéndose en un indicador de conservación y alteración de la zona (Castellano, 2004).

Rosales y García (2015) indican la propuesta de la USDA-EPA que consideran el río como un “continuo ecológico”, desde su nacimiento hasta la desembocadura, en el que se distingue lo principal que es la pendiente, velocidad, ancho, profundidad entre otras, pero también indican el gradiente ecológico, que se manifiesta por los cambios en los ecosistemas acuáticos y terrestres ribereños adyacentes al curso de agua, en el que incluye cambios en la composición florística, de las comunidades vegetales ribereñas, además no solo se considera la presencia de especies vegetales como alimentos para la fauna, también como protección de los márgenes del río, para la

disipación de energía durante las inundaciones y retención de sedimentos, incorporación de materia orgánica a los suelos, fijación y almacenamiento CO<sub>2</sub>.

La vegetación tiene una gran importancia, ya que es parte importante de la función ecológica e hidrológica de una cuenca, su falta, puede ocasionar suelos descubiertos, activa los procesos erosivos y la producción de sedimentos, que son sujetas posteriormente a ser transportada por el flujo superficial y depositadas aguas debajo del río (Rosales y García, 2015).

### 3.2 Síntesis parcial de las características físicas como condicionantes en el comportamiento del cauce del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Esta síntesis constituye una herramienta para la evaluación del grado de alteración del área de estudio en el aspecto físico por efecto de los niveles extremos de agua que pudiera presentarse, basándose en las características de las variables descritas en este capítulo, categorizando según el sector, en este caso las regiones geomorfológicas descritas y que conforman la zona de estudio, para definir las áreas críticas que requieran especial atención y que estos resultados sean utilizados para el mapa síntesis.

Las características físicas del tramo Matanzas – Boca Grande, desde la ribera del río hasta 5 kilómetros aproximadamente, son las principales áreas posiblemente afectadas, y hacen vida y uso directo del río, además se incluye las islas dentro del río, con la finalidad de conocer la capacidad que tiene el área para soportar diferentes intervenciones, así sea por la incidencia de fenómenos naturales o de actividades antrópicas, esto tomando en cuenta las geoformas, hidrografía, suelo, vegetación, elementos climáticos (precipitación) del área de estudio, los cuales se clasificaron cada uno de ellos y se les asignó un valor (cuadro N°6).



Los criterios mencionados se le proporcionaron un valor, según las características de las regiones naturales del tramo Matanzas – Boca Grande, para determinar las áreas según sus características físicas como condicionantes en el comportamiento del cauce del río; se determinaron cuatro (4) categorías: muy alta, alta, media y baja, que pueden ser afectadas por sus diversos componentes y condiciones del área (cuadro N°7).

Cuadro N°6 Categorización de las variables físicas

Criterios	Clasificación	Valor
Geomorfología	Muy alta pendiente > 60%	4
	Alta pendiente 40%	3
	Mediana pendiente 20 - 40%	2
	Baja pendiente 0 - 20%	1
Litología	Gneises-cuarzo-feldespáticos y anfibolitas	4
	Aluviones	3
	Granito Biotítico	2
	Roca Igneas Ácidas	1
Elementos climáticos	Muy alta intensidad	4
	Alta intensidad	3
	Moderada intensidad	2
	Baja intensidad	1
Hidrografía	Muy alta densidad hídrica	4
	Alta densidad hídrica	3
	Mediana densidad hídrica	2
	Baja densidad hídrica	1
Suelo	Muy alta susceptibilidad a la erosión	4
	Alta susceptibilidad a la erosión	3
	Mediana susceptibilidad a la erosión	2
	Baja susceptibilidad a la erosión	1
Vegetación	Muy alta cobertura vegetal	4
	Alta cobertura vegetal	3
	Mediana cobertura vegetal	2
	Baja cobertura vegetal	1

Fuente: Elaboración Propia con base a Hidroambiente (2017)

Cuadro N°7 Rango de las categorías

Categoría	Rango
Baja	5-10
Media	10 - 15
Alta	15 - 20
Muy Alta	>20

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°8 se muestra la evaluación que se realizó tomando en cuenta los valores de los criterios descritos en el cuadro N°6 de categorización, mediante las características que presenta el área en cada una de sus regiones naturales, con respecto a cada una de las variables físicas y al compararlo con el rango de categorías se obtuvo los siguientes niveles en el área (mapa N°9, síntesis parcial de las características físicas).

Cuadro N°8 Clasificación de las características físicas del tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Región	Vegetación	Hidrografía	Elementos Climáticos	Geomorfología	Geología	Suelo	Total	Clasificación
Llanura Deltaica	4	4	4	1	4	4	21	Muy Alta
Macizo Colinoso	2	3	2	1	3	2	13	Media
Llanos Orientales	2	3	3	1	4	3	16	Alta
Llanura de Erosión	1	2	4	1	3	4	15	Media
Serranía de Imataca	3	4	3	1	3	2	16	Alta

Fuente: Elaboración propia con base a Hidroambiente (2017)

Según este criterio el área de la Llanura Deltaica se puede considerar con una muy alta sensibilidad, desde el centro poblado Casacoima hasta la desembocadura del río en Boca Grande, con una superficie de 1.140 km<sup>2</sup>, tomando en cuenta las islas a lo largo del tramo, ya que esta área es de inundaciones muy frecuentes y de textura fina que la hacen ser muy pobremente drenado, además de ello el material de fondo dentro del cauce en esta zona es arena limosa, barro, arena fina, que hace que quede en suspensión haciendo la maniobra de las embarcaciones más complejas y que además de ello se encuentran las zonas donde el canal de navegación es más angosto, por lo

que presenta mayor acumulación de materiales en el fondo, que puede afectar el tránsito del área, esta clasificación representa el 44,59 % del área de estudio.

Parte de los Llanos Orientales y la Serranía del Imataca tienen una clasificación alta y estas se ubican en lados opuestos del área de estudio, al norte del río Orinoco hasta aproximadamente el centro poblado Barrancas, con una superficie 545 km<sup>2</sup> en el que las inundaciones son muy frecuentes y es característico la presencia de pequeñas lagunas, presenta pendientes ligeramente onduladas, por lo que existe erosión en el área y el material del fondo del cauce es arena gruesa a fina y presenta mayor curvatura del canal, mientras que al este del área de estudio, está enmarcado por parte de la Serranía del Imataca, que igualmente se presenta con inundaciones muy frecuentes y un material de fondo arena limosa y un canal de navegación más angosto, siendo esta clasificación representada por el 21,34 %.

En el caso de la clasificación media es la Llanura de Erosión y el Macizo Colinoso, que se encuentran al sur del río Orinoco y hacia las áreas industriales entre Matanzas, Puerto Ordaz y Ciudad Guayana, con una superficie de 871 km<sup>2</sup>, siendo esta área la ubicación de los principales puertos de la zona, por lo que el movimiento y tránsito de embarcaciones de diferentes calados hacen presencia en esa área, ya que no solo está el área industrial, sino urbano y una combinación entre lo agrícola y pecuario, con un material de fondo del cauce de arena media, teniendo presencia también entre los centros poblados Purga hasta aproximadamente Casacoima, representado esta clasificación un 34,07%.

Por lo tanto, el área de estudio presenta diferentes categorías, que hacen que el medio pueda tener desequilibrios en sus componentes y afectar sus condiciones iniciales, hasta en las áreas frágiles, como en el caso del Delta y las áreas urbanas, que pudiera ocasionar daños irreversibles al medio, tanto en casos de inundaciones como en sequías, ya que el río condiciona una variación anual de los niveles de agua, con la posibilidad de alterar los niveles propios como las velocidades del agua, que está relacionado también con el depósito de sedimentos en el área, sobre todo las más

angostas del canal de navegación entre Sacupana y Curiapo por ejemplo, ocasionando dificultades para la maniobra de las embarcaciones (Hidroambiente, 2017).

Capítulo IV. Elementos socio-económicos de la población vinculados a los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas y Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar

#### 4.1 Población y su distribución espacial dentro de los municipios

Las poblaciones que comprende el área de estudio son del municipio Independencia del estado Anzoátegui, municipio Sotillo, del estado Monagas, municipio Tucupita, Antonio Díaz y Casacoima del estado Delta Amacuro y por último el municipio Caroní del estado Bolívar. Se encuentran a la ribera del río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande (cuadro N°9; mapa N°10, 11, 12, 13).

Cabe destacar, que el más representativo a nivel poblacional es el municipio Caroní, del estado Bolívar, allí se emplazan las principales ciudades como son Puerto Ordaz y San Félix, parte de lo que es Ciudad Guayana, capital del municipio, con una superficie de 1612 km<sup>2</sup>, y representa el 0.7% con respecto al territorio del estado Bolívar y es, además, una ciudad planificada por la CVG, tenía la función de aprovechar el potencial hidroeléctrico del río Caroní, desarrollar las industrias básicas del hierro y el aluminio, y de promover el desarrollo integral de la región Guayana; también, se localizan los principales puertos y empresas de la zona. Este municipio es parte importante en la concentración de la población al norte del estado Bolívar por eje de influencia con Ciudad Bolívar y Upata, la mayor concentración poblacional en Caroní, fue producto de su acelerado desarrollo industrial en las últimas décadas, por las inversiones realizadas buscando la consolidación de las empresas básicas, requirió desde un principio mano de obra especializada, y trajo como consecuencia un alto flujo migratorio de población, para el censo 2011 la población predominante es la comprendida entre 15 y 64 años de edad con 477.590 habitantes, la proyección de la población para el año 2018 era de 623.699 habitantes.

El municipio Tucupita del estado Delta Amacuro, tiene una población para el censo 2011 de 102.877 habitantes, en el que la población predominante es de 15-64

años de edad, y la proyección de población para el año 2018 era de 122.933 habitantes, con una superficie de 10.918 km<sup>2</sup>, seguido de Casacoima con una población de 29.555 habitantes y una proyección de 39.061 habitantes, además de una superficie de 2.698 km<sup>2</sup> y el municipio Antonio Díaz con una superficie de 23.135 km<sup>2</sup>, con una población de 26.655 habitantes según el Censo del 2011 y una proyección de población de 31.979 habitantes para el año 2018, unas de las actividades de mayor influencia en la dinámica poblacional de este estado es la extracción y procesamiento de hidrocarburos, donde su población alcanzó los mayores índices de crecimiento de la época, aunque no se puede dejar de lado que sigue siendo el Delta Amacuro uno de los estados más despoblados y con poco crecimiento poblacional, ya que está en constante flujo migratorios, donde la mayor concentración de población está en Tucupita y se le considera urbana, el resto rural, debido al abandono de las actividades tradicionales y el desplazamiento de la población rural hacia la ciudad capital u otras localidades urbanas del país (Rondón, 2009).

Otro de los municipios que conforman parte del área de estudio, es el municipio Independencia del estado Anzoátegui, tiene una superficie de 5.929 km<sup>2</sup> y una población de 30.016 habitantes en el censo 2011, con una proyección de población para el año 2021 de 39.731 habitantes y está ubicada a la margen izquierda del río Orinoco, está incluido en la zona de la Faja Petrolífera del Orinoco.

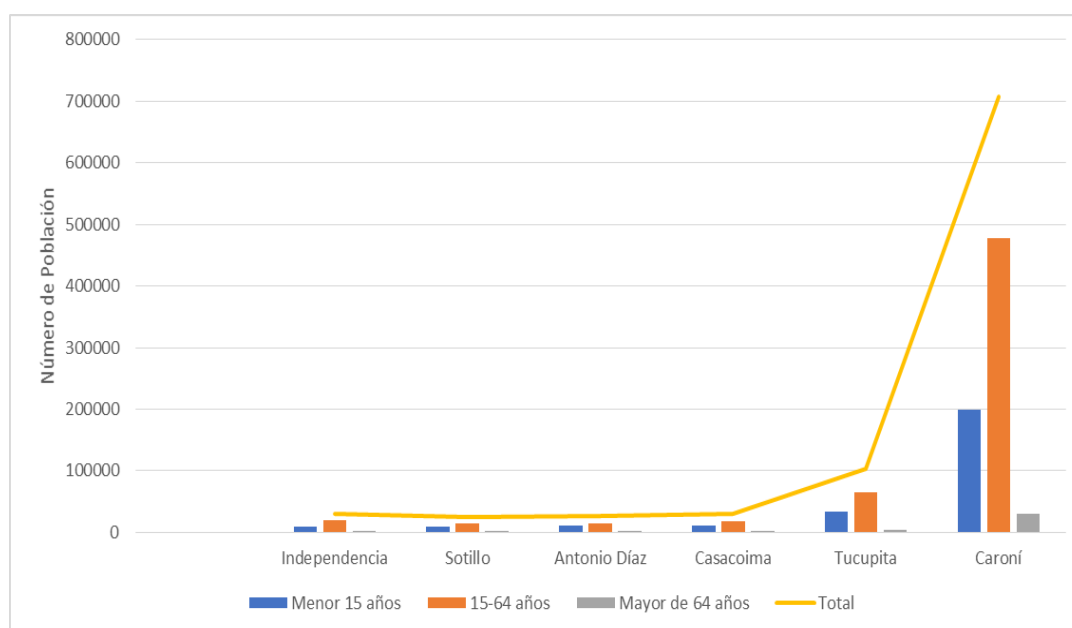
El municipio Sotillo del estado Monagas cuenta con una superficie de 1.939 km<sup>2</sup> con una población de 24.238 habitantes, según el censo de población y vivienda del 2011, y una proyección de población de 27.009 habitantes para el 2021, este municipio representa el 6,7% de la superficie con respecto al estado Monagas, aunque la densidad de población es baja, presentaba el asiento del programa de plantaciones forestales, especialmente pino caribe, desarrollado por CVG-Proforca, pero para el año 2019 por los constantes incendios y deforestaciones que destruyeron más de 200.00 hectáreas, solo queda según para el año 2020 entre 400.000 y 600.000 hectáreas (Zambrano, 2020), igualmente su principal población es rural.

Cuadro N°9 Población de los municipios aledaños al tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Estado	Municipio	Menor 15 años	15-64 años	Mayor de 64 años	Total
Anzoátegui	Independencia	9.038	19.359	1.619	30.016
Monagas	Sotillo	8.814	14.347	1.077	24.238
Delta Amacuro	Antonio Díaz	11.311	14.664	680	26.655
	Casacoima	10.460	17.755	1.340	29.555
	Tucupita	33.518	65.021	4.338	102.877
Bolívar	Caroní	199.018	477.590	30.128	706.736
Total		272.159	608.736	39.182	920.077

Fuente: Elaboración propia con base al Censo Nacional 2011

Gráfico N°2 Población de los municipios aledaños al tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base al Censo Nacional 2011

## 4.2 Actividades económicas

### 4.2.1 Caracterización económica del área

El área de estudio puede considerarse ser muy diversa desde varios puntos de vista, como, por ejemplo, componerse de diferentes estados, culturas, entre otros, sin embargo, tiene en común su localización, ya que se encuentra dentro de la faja petrolífera del Orinoco y del Arco Minero del Orinoco, que son espacio del corredor del río Orinoco.

El sector económico del área está integrado por empresas petroleras, pertenecientes a los bloques Ayacucho y Carabobo de la Faja Petrolífera del Orinoco, pero no solo eso, también en municipios como el Independencia se caracteriza por tener pequeñas y medianas empresas y una de las bases de su economía tradicionalmente es la ganadería, posicionándose en su momento como una de las rutas ganaderas importante para embarcar ganado a las islas del Caribe, utilizando los puertos del río Orinoco para embarcar grandes cantidades de ganado provenientes de Monagas, Guárico y otras zonas de Bolívar, además se desarrolla la industria pesquera fluvial, que tiene su auge en determinados meses del año en especial el mes de agosto y el transporte fluvial (Cilento, 2008). Existe una economía ancestral que mantiene las diferentes comunidades a lo largo del río Orinoco: la caza y la pesca, actividad estacionaria, tiene su mayor auge en ciertos y determinados meses del año, y en sequía la dedicación es la agricultura en las islas que se encuentran en el río (Romero, 2023).

En el caso del municipio Antonio Díaz del estado Delta Amacuro, su dinámica responde a la economía de subsistencia, como la caza y la pesca, no presenta ningún tipo de industria, sin embargo, el municipio Sotillo presenta una variación en sus actividades con la ganadería bovina, la pesca, procesadoras de maderas, como lo es la empresa estatal Maderas del Orinoco y la industria petrolera, ya que se encuentra el bloque Carabobo del FPO. En cuanto al municipio Casacoima, entre sus principales actividades económicas destacan el turismo, que está orientado principalmente a la Reserva Forestal Imataca, en otras proporciones por la ganadería, la pesca y la agricultura (Rondón, 2009).

La actividad petrolera es la que se ha destacado durante mucho tiempo como la de mayor significado económico, y de gran interés nacional la extracción de hidrocarburos y la extracción, distribución e industrialización del recurso minero, son procesados y comercializados en Ciudad Guayana, es por eso que en ella se encuentra las principales industrias y puertos de la región, porque son transportados de ahí a diversos mercados nacionales e internacionales, en específico al mercado Asiático, por su salida al Océano Atlántico a través del río Orinoco y es que Ciudad Guayana, creció en el pasado exponencialmente por la instalación de las industrias básicas, convirtiéndolo en un centro de atracción de la población (Muñoz, 2008).

El municipio con menor actividad económica es el municipio Tucupita, ya que la mayoría de los recursos depende del Estado, de resto la economía es por pequeños y medianos comerciantes de la región y en pequeña proporción otra fuente económica es el turismo, su entorno espacial lo favorece por encontrarse en el Delta Superior con mejor condición para el desarrollo de actividades agropecuarias (Rondón, 2009).

En el caso de municipio Caroní, se encuentran las empresas básicas que forman la CVG y es parte fundamental de la economía de esa zona, ya que en la zona industrial de Matanzas están las industrias procesadoras del aluminio: CVF- Alcasa, CVG-Venalum, CVG- Carbonorca, CVG-Bauxilum, así como otras empresas privadas medianas y pequeñas vinculadas a la zona industrial, por lo que hoy en día se destaca o predomina la actividad comercial, de servicios, industrial y de construcción, dejando de lado un poco la actividades agropecuarias, está también influenciado en los procesos migratorios que ha presentado el país en los últimos ocho años, y el abandono a las áreas agrícola, aunque igualmente se puede mencionar que son áreas que pueden producirse maíz, raíces y tubérculos, caña de azúcar, frutas y aves (Muñoz, 2008).

Por lo descrito se puede indicar que la economía del área de estudio está en torno a la agricultura, ganadería, industrial, pesqueras, petroleras y estas a su vez dependen de la actividad del transporte fluvial para la comercialización de los diferentes rubros y productos, sobre todo en cuanto a materia prima.



En el cuadro N°10 se observa algunos de los diferentes productos transportados dentro del Canal de Navegación del Río Orinoco, entre los cuales se aprecian minerales como hierro, aluminio y bauxita, así como también carga general de producción agrícola, pecuaria y materia prima, desde el año 2008 al año 2018, representado en miles de toneladas, aunque el estudio de este proyecto es desde 1998, la información que se maneja sobre transporte y carga es de un período de 10 años, que se encuentra dentro del período de estudio.

Como puede apreciarse en el cuadro y la gráfica N°3, el tipo de material de mayor relevancia en la carga y transportación dentro del canal, es el hierro, pero también se puede observar que a través del tiempo el transporte de estos minerales, materia prima, producción agrícola y pecuaria ha ido disminuyendo, por lo que el uso del canal, indicaría un menor volumen en el tránsito marítimo, como se observa en el cuadro de cantidad de buques, en ambos cuadros las fechas de menor paso ha sido 2013 y 2014, implicaciones políticas, que han influido en algunos sectores productivos del país, pero no se ha logrado una recuperación del mismo, e influye en el mantenimiento y calado del canal, por no tener ingresos por paso del canal, así como también en las actividades económicas de la zona.

Igualmente, en el cuadro N°11 se puede observar el número de buques según su tipo de carga, que han pasado por el canal desde el período de estudio del 2008 al 2018, donde los mayores productos que se han movilizado dentro del canal de navegación, están “otras cargas” con 5.970 buques en 10 años, que incluye las cargas generales de producción agrícola y pecuaria, de materia prima, seguido de hierro con 2.424 buques. Los años de mayor tránsito en el canal fueron entre el 2009 y 2012, para el período de estudio que se está estudiando, los años siguientes ha sido de baja fluidez de tránsito fluvial para embarcaciones de gran calado.

En la gráfica N°4 se puede apreciar la proporción de número de buques calificados como “otras cargas”, seguido de la carga de hierro, y asimismo se evidencia que el año 2012 fue el año con el mayor número de buques, aunque el movimiento de

minerales disminuya en este período de estudio, existe una circulación de buques, que necesitan seguridad de la navegación, por lo que podría traer inconvenientes si las condiciones del río no están óptimas para la tráfico de los buques, debido a que los niveles del río pueden bajar por las condiciones macroclimáticas representadas por la lluvia en la cuenca del río Orinoco, pero el movimiento y la actividad persiste.

El tránsito de buques, dentro del canal de navegación tiene una gran importancia por los proyectos de desarrollo, como lo es la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías (HChF), que es un aprovechamiento armónico y de desarrollo integral de la región norte del Orinoco que contribuye al desarrollo del territorio nacional, también para proyectos como el Arco Minero de Guayana, que es utilizado para el desarrollo del sector minero, mediante la ejecución de actividades de exploración y explotación de minerales en la región, que tiene como objeto fortalecer la integración de las regiones e impulsar el desarrollo del transporte intermodal entre las regiones a nivel nacional e internacional, así se fomenta el mayor uso posible del transporte fluvial para el traslado de productos e insumos (INC, 2014). Entonces, una disminución de los niveles del río y aumento de la sedimentación, trae como impacto un incremento en la actividad y volumen de dragado que no estaba programado y como indica la CAF (2005), esto puede tener una afectación a los usuarios en cuanto al volumen de carga en las embarcaciones, disminución de la frecuencia de los viajes, por lo que deben hacer contratación de un número mayor de barcos para el traslado de los materiales o productos.

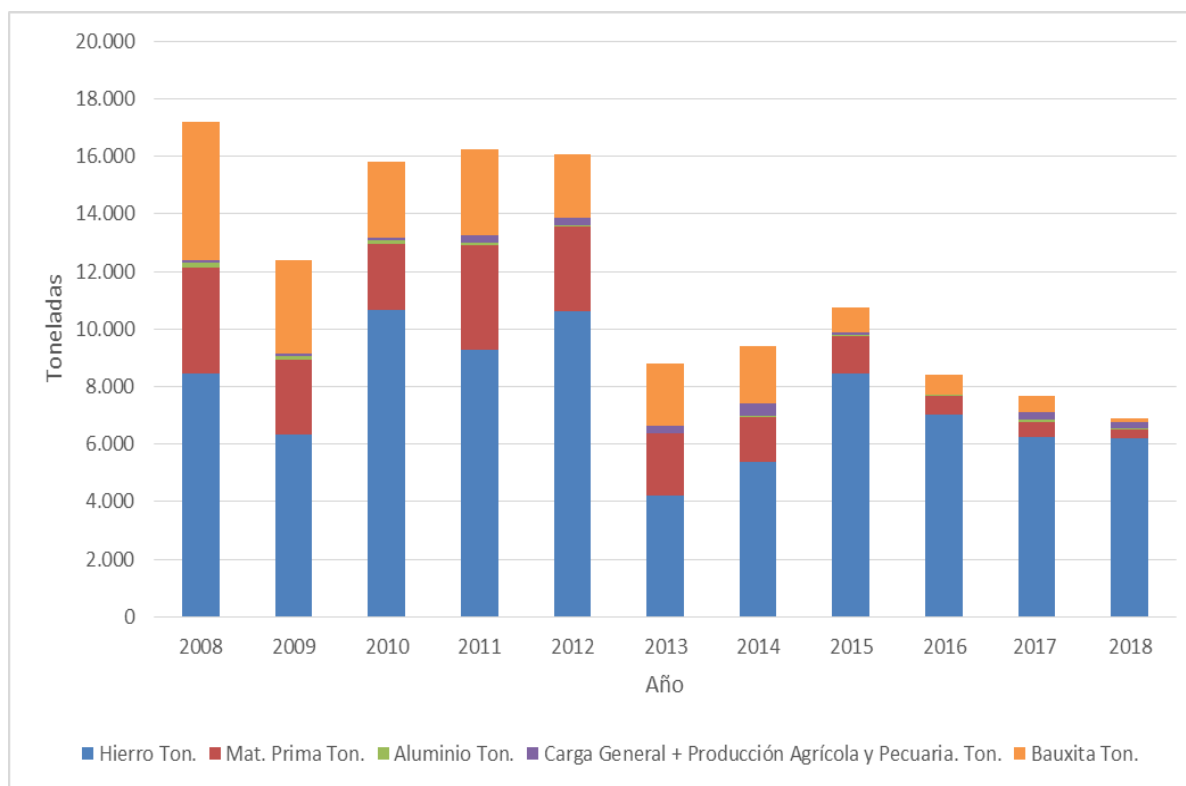
La población que reside y hace vida en estos municipios aledaños al río Orinoco, muchos hacen uso del canal de navegación, de manera personal, para trasladarse de un lugar a otro o para pesca, otros por su trabajo diario, en la industria o mantenimiento de embarcaciones, del canal, por lo que identifican las afectaciones que pueden presentarse por el aumento del nivel del río, como sus casas y labores cotidianas, así como la disminución del nivel de agua, que trae consigo un bajo tránsito fluvial y el estar alerta para cualquier emergencia que pueda presentarse en el río Orinoco (encuesta, 2022)

Cuadro N°10 Canal de Navegación del Río Orinoco. Miles de toneladas transportadas de diferentes rubros, estado Bolívar

<b>Canal de Navegación del Río Orinoco</b>						
<b>Miles de Toneladas Transportadas</b>						
Años	Hierro	Mat. Prima	Aluminio	Carga General + Producción Agrícola y	Bauxita	Total
	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.
2008	8.457	3.676	162	88	4.811	17.193
2009	6.319	2.589	172	57	3.254	12.389
2010	10.667	2.299	104	87	2.672	15.830
2011	9.292	3.640	86	259	2.957	16.234
2012	10.600	2.962	42	241	2.231	16.076
2013	4.219	2.134	16	273	2.163	8.804
2014	5.367	1.588	32	428	1.990	9.405
2015	8.438	1.321	42	73	860	10.733
2016	7.002	652	54	26	684	8.417
2017	6.252	514	85	269	553	7.673
2018	6.182	341	12	242	108	6.887

Fuente: Instituto Nacional de Canalizaciones, 2018

Gráfico N°3 Productos transportado en miles de toneladas en el canal de navegación del río Orinoco, estado Bolívar



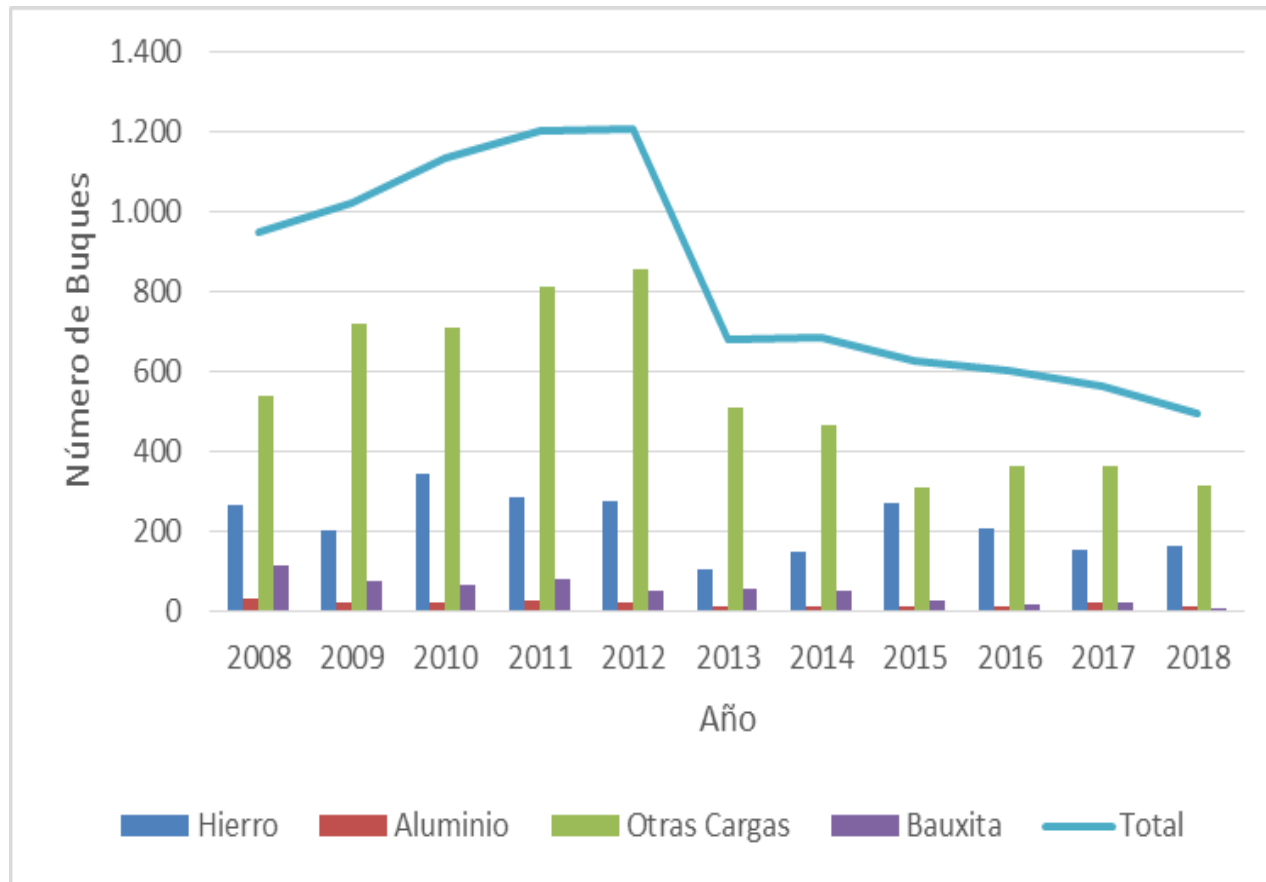
Fuente: Instituto Nacional de Canalizaciones, 2018

Cuadro N°11 Número de buques dentro del canal de navegación del río Orinoco, en el período de 2008 – 2018, estado Bolívar

<b>Canal de Navegación del Río Orinoco</b>					
<b>Años</b>	<b>Número de Buques</b>				
	<b>Hierro</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Otras Cargas</b>	<b>Bauxita</b>	<b>Total</b>
2008	268	31	539	113	951
2009	202	23	721	77	1.023
2010	342	21	708	66	1.137
2011	285	25	814	80	1.204
2012	277	21	858	50	1.206
2013	105	11	508	58	682
2014	151	14	467	53	685
2015	272	13	312	28	625
2016	208	13	362	18	601
2017	152	24	364	22	562
2018	162	12	317	7	498
<b>Total</b>	<b>2.424</b>	<b>208</b>	<b>5.970</b>	<b>572</b>	<b>9.174</b>

Fuente: Instituto Nacional de Canalizaciones, 2018

Gráfico N°4 Número de buques dentro del canal de navegación del río Orinoco, en el período de 2008 – 2018, estado Bolívar



Fuente: Instituto Nacional de Canalizaciones, 2018

### 4.3 Servicios básicos

La infraestructura de los servicios básicos representa una mejora en las condiciones sociales de una determinada población emplazada en un territorio y tiene como finalidad satisfacer las necesidades de los habitantes, entonces su buena implementación por parte de los gobernantes, mejora las condiciones humanas y la calidad de vida. Es por ello que es esencial que la población tenga un acceso directo a los servicios básicos.

#### 4.3.1 Electricidad

El cuadro N°12 muestra la estructura del servicio eléctrico, según el Censo de Población y Vivienda (2011), en donde se aprecia el número de viviendas de red pública con medidor, red pública sin medidor, plantas de generación eléctrica, paneles solares, otros tipos de generación eléctrica y las viviendas que no poseen el servicio eléctrico, donde la categoría “red pública sin medidor” es la que mayor número de viviendas posee, es decir, hay una mayor cantidad de población a nivel general del área de estudio que posee el servicio eléctrico sin factura de cobro; esta cifra es de 135.425 viviendas. Dentro del área de estudio, los municipios que conforman el tramo Matanzas – Boca Grande, se evidenciaron 4.816 viviendas sin servicio eléctrico y son en su mayoría de tipo indígenas.

Cuadro N°12 Abastecimiento del servicio eléctrico de los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Municipio	Abastecimiento del servicio eléctrico					
	Red pública con medidor	Red pública sin medidor	Planta propia generadora de electricidad	Paneles solares	Otro tipo de electricidad de generación propia	No tiene servicio eléctrico
Independencia	905	6.201	115	4	35	254
Sotillo	14	84	1	0	0	1
Antonio Díaz	602	481	429	1.111	144	2.178
Casacoima	40	6.680	279	23	19	390
Tucupita	4.917	16.502	334	45	59	943
Caroní	71.106	105.477	125	19	198	1.050
<b>Total de viviendas del área de estudio</b>	<b>77.584</b>	<b>135.425</b>	<b>1.283</b>	<b>1.202</b>	<b>455</b>	<b>4.816</b>

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Censo de Población y Vivienda (2011) del Instituto Nacional de Estadística



#### 4.3.2 Agua

Según el Censo de Población y Vivienda del 2011, para el área de estudio en cuanto al abastecimiento de agua, se tiene que en su mayoría se hacía por acueductos o tuberías, por lo que las 192.885 viviendas fueron beneficiadas por esta modalidad o categoría, seguido por medio de camión y cisterna con 12.746 viviendas, mientras que otras en menor proporción, mediante pozos, lagos o lagunas (cuadro N°13).

#### 4.3.3 Vivienda

La importancia que tiene este servicio dentro del área de estudio es vital, ya que brinda protección y comodidad a los habitantes. En el cuadro N°14 muestra el número de viviendas que existían en el área de estudio para el año 2011; el tipo de vivienda tomada en cuenta fueron las casas, apartamentos, ranchos y se incluyó el tipo de vivienda indígena, ya que el área de estudio tiene un significado muy importante en la comunidad indígena, y parte del área de estudio lo conforma los municipios del estado Delta Amacuro, que es donde se presenta los mayores números de viviendas de esta categoría.

El área de estudio está conformada en total por 253.941 viviendas, donde se destaca el tipo de viviendas de casa con 199.729 viviendas, seguido de los ranchos con 27.469 viviendas, y los apartamentos con 23.597 viviendas, por último, la indígena, corresponden a 3.146 viviendas.

Como ya se ha interpretado con el número de población, el municipio Caroní, coincide con el mayor número de hogares, y es proporcional, ya que este es el punto de concentración del área de estudio, donde se están los principales puertos, y empresas de la zona, y según se puede observar en el cuadro es el único municipio que no posee viviendas indígenas, ya que es más un área urbana, en cambio el municipio Antonio Díaz, es el de mayor número de viviendas indígenas con una cifra de 2.432 vivienda, municipio que se encuentra al este y es parte de la desembocadura del río Orinoco al Atlántico.

Cuadro N°13 Abastecimiento de agua de los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Municipio	Abastecimiento de agua								
	Acueducto o tubería	Camión cisterna	Píla pública	Pozo con tubería o bomba	Pozo o manantial protegido	Aljibes o jagüeyes	Rio,caño, quebrada	Lago, laguna	Otros medios
Independencia	6.141	452	75	200	42	77	380	17	130
Sotillo	4.675	25	42	190	8	23	135	16	121
Antonio Díaz	367	5	3	65	15	9	4.274	37	170
Casacoima	2.644	1.958	39	124	45	1.346	728	19	528
Tucupita	17.281	1.616	164	833	52	119	1.966	105	664
Caroní	161.777	8.690	478	2.947	144	1.644	472	74	1.749
<b>Total área de estudio</b>	<b>192.885</b>	<b>12.746</b>	<b>801</b>	<b>4.359</b>	<b>306</b>	<b>3.218</b>	<b>7.955</b>	<b>268</b>	<b>3.362</b>

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Censo de Población y Vivienda (2011) del Instituto Nacional de Estadística.

Cuadro N°14 Número de viviendas en los municipios que conforma el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

<b>Municipio</b>	<b>Tipos de Viviendas</b>				
	<b>Número de Hogares Totales</b>	<b>Casa</b>	<b>Apartamento</b>	<b>Rancho</b>	<b>Indígena</b>
Independencia	9.213	8.189	20	1.002	2
Sotillo	6.860	5.499	13	1.340	8
Antonio Díaz	6.072	3.468	6	166	2.432
Casacoima	9.214	6.503	8	2.683	20
Tucupita	25.532	20.890	239	3.719	684
Caroní	197.050	155.180	23.311	18.559	-
<b>Total</b>	<b>253.941</b>	<b>199.729</b>	<b>23.597</b>	<b>27.469</b>	<b>3.146</b>

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Censo de Población y Vivienda (2011) del Instituto Nacional de Estadística.

#### 4.3.4 Vialidad y Transporte

La vialidad en el área de estudio, abarca en su mayoría la parte norte del río Orinoco entre los estados Anzoátegui y Monagas, al sur el estado Bolívar, en el caso del Delta Amacuro este presenta vialidad principal hacia Casacoima, y Tucupita (mapa N°1 base).

Las interconexiones de los centros poblados deben ser expeditas al contar con un adecuado sistema vial que une a todos en sus distintos niveles, sin embargo, la vialidad no está estructurada a la distribución de la población ni a la magnitud de los centros poblados, por lo que la zona del Delta Amacuro dispone una menor cobertura vial y une a centros poblados de menor jerarquía, pero igualmente está garantizada la accesibilidad tanto por vía terrestre, fluvial, marítima y aérea, la principal vía de comunicación terrestre es la Troncal 15, que comunica Tucupita con Temblador y Barrancas, sin embargo, cuenta con una eficiente comunicación fluvial, por la forma radial desde el ápice del delta hasta el norte de la entidad de los caños navegables, que dificulta la construcción de carreteras en esa área, en el suroeste la conexiones se dan en los caños Arature y Basama, el río Amacuro, que permite el acceso a San José de Amacuro y Barima hacia Punta Barima (Rondón, 2009).

La conexión entre el norte y sur del río Orinoco se da por el Puente Orinoquia, que une Puerto Ordaz (estado Bolívar) con los estados Monagas y Anzoátegui, fundamental para los intercambios económicos entre los estados, facilitando el transporte masivo entre las empresas básicas de Guayana y puertos de exportación al norte del país, constituyendo un elemento dinamizador del sur oriente, por la accesibilidad y complementariedad interregional (Carreño, 2009).

El eje central de la vialidad del área de estudio es la troncal 10, que cruza de norte a sur, y desde Puerto Ordaz hay un ramal que conduce hasta Piacoa, la troncal 15, que conecta Temblador, Barrancas y Tucupita, la troncal 19 que une a Puerto Ayacucho, Caicara del Orinoco, Ciudad Bolívar con Ciudad Guayana, y aquí también se

encuentran los más grandes puertos frente a las áreas industriales, para servicio de las empresas básicas para el transporte de sus productos al exterior, utilizando el canal de navegación fluvial del río Orinoco, hasta el océano Atlántico, logrando la conexión entre los mercados internacionales de América, Europa, África, Asia y Oceanía (Ospino, 2009).

El área de estudio presenta transporte terrestre por las diferentes conexiones viales, transporte aéreo por los aeropuertos, principalmente en Ciudad Guayana, que abarca el área de estudio, y el transporte acuático con los diferentes puertos y embarcaciones que hacen vida en el Canal del río Orinoco, por lo que las variaciones en el mismo puede afectar el transporte fluvial cotidiano, así como las actividades mineras que se realizan en los ríos que desembocan en el Orinoco, con aumento de sedimentos o cambios en su dinámica hídrica, afectando la actividad económica de la zona y del país por el intercambio comercial de la materia prima que se produce, por lo que es importante el monitoreo diario del comportamiento del río, para la planificación oportuna del mantenimiento del canal como medida con respecto a niveles extremos de agua (entrevista, 2021).

#### 4.4 Síntesis parcial de las características socio-económicas que hacen uso del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande

En el caso de esta síntesis parcial, está basada en las características socio-económicas del tramo Matanzas – Boca Grande, que se evaluaron anteriormente, tomando las variables de población, vialidad y transporte, servicios básicos y actividades económicas, considerando las áreas más próximas al río, es por ello que se toma en cuenta desde la ribera del río, hasta cinco (5) kilómetros hacia fuera aproximadamente, para conocer la distribución socio-económica del área y cuáles pueden ser afectadas con mayor intensidad que otras, según su distribución (cuadro N°15).

Este análisis constituye una herramienta para la evaluación del grado de alteración del área de estudio en el aspecto socio-económico por efecto de los niveles extremos de agua que pudiera presentarse, basándose en las características de las variables descritas en este capítulo, se puede considerar que para la fecha hay déficit en los servicios básicos, por las diferentes situaciones que ha presentado el país desde hace doce años del censo XIV, categorizando según el sector, en este caso los municipios que conforman la zona de estudio, para esta manera definir las áreas críticas que requieran especial atención y que estos resultados sean utilizados para el mapa síntesis.

Todas las variables socioeconómicas se integraron y de acuerdo a sus características se les asignó un valor, definiéndose así cuatro (4) categorías muy alta, alta, media y baja, con el fin de sintetizar, las zonas que al ser afectadas por cualquier actividad o situación extrema, sean más vulnerables, ya que el mayor peso lo tiene la población y la actividad económica del área y está enfocado desde el uso del canal de navegación en el río Orinoco, a estas categorías, se le establecieron unos rangos, según la integración de las variables (cuadro N°16).

Cuadro N°15 Categorización de las variables socioeconómicas

Criterios	Clasificación	Valor
Población	Muy alta densidad	4
	Alta densidad	3
	Media densidad	2
	Baja densidad	1
Vialidad y transporte	Muy alta existencia de vías e comunicación	4
	Alta existencia de vías de comunicación	3
	Media existencia de vías de comunicación	2
	Baja existencia de vías de comunicación	1
Servicios Básicos	Muy alta existencia	4
	Alta existencia	3
	Media existencia	2
	Baja existencia	1
Actividad económica	Muy alta actividad económica	4
	Alta actividad económica	3
	Media actividad económica	2
	Baja actividad económica	1

Fuente: Elaboración propia con base a Hidroambiente, 2017

Cuadro N°16 Rango de las categorías

Categoría	Rango
Baja	0 - 5
Media	5 -10
Alta	10 - 15
Muy Alta	> 15

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°17 se muestra la evaluación que se realizó considerando los valores de los criterios descritos en el cuadro N°15 de categorización. Las características que presenta los municipios Independencia, Sotillo, Antonio Díaz, Casacoima, Tucupita y Caroní del área de estudio, con respecto a cada una de las variables socioeconómicas, por lo que se considera y al compararlo con el rango de

categorías se obtuvo los niveles presentes en el área, predominando la categoría media (ver mapa síntesis parcial de las características socio económicas).

Cuadro N°17 Clasificación de las características socioeconómicas del tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Sector	Población	Vialidad y Transporte	Servicios Básicos e infraestructura	Actividad Económica	Total	Clasificación
Mun. Independencia	2	3	3	2	10	Media
Mun. Sotillo	1	2	1	2	6	Media
Mun. Antonio Díaz	1	1	2	1	5	Baja
Mun. Casacoima	2	2	2	3	9	Media
Mun. Tucupita	2	1	2	2	7	Media
Mun. Caroní	4	4	4	4	16	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia

Con base a estas categorías, se elaboró la cartografía correspondiente para apreciar la distribución de cada una de ellas en el área de estudio, ya que se desea visualizar las zona donde se encuentran las áreas más vulnerables de las cuales se debe tener mayor atención, esto con la idea de tener un panorama del área, por lo que se puede observar que la clasificación muy alta corresponde a un área de 340 km<sup>2</sup> dónde se encuentran los asentamientos urbanos y el mayor número de vialidad del área, ya que están las ciudades como Ciudad Guayana, Puerto Ordaz, y se encuentra el área industrial y los principales puertos del tramo, representado por un 13,31 %, en cambio la clasificación de media, se encuentra al norte del río Orinoco, es un área de 1.195 km<sup>2</sup> que tiene una vida poblacional por los centros poblados aledaños y cuenta con conexiones hacia el norte del país, sin embargo al sur del río Orinoco, en el municipio Casacoima, también tiene una clasificación media, debido a sus actividades agrícolas y su conexión directa con el municipio Caroní, este está representado por el 44,76 %, y en cuanto a la clasificación baja esta se ubica al este del área de estudio, una superficie de 1.021 km<sup>2</sup> correspondiente al estado Delta Amacuro, abarcando los centros poblados Boca de Aragua, Sacupana, La Ceiba y Curiapo, ya que estas son áreas de menor número de población y conexión vial a nivel de carretera, por lo que es muy utilizado los caños y ríos para el traslado de personal o mercancía, ya que también hay actividad



agrícola de un lugar a otro, igualmente en el área más al este, hacia la desembocadura en el Océano Atlántico y está representado por el 39,93% (mapa N°14 Síntesis Parcial Socio Económica).

Con lo expuesto se observa muy evidentemente que la zona socioeconómica más susceptible es la del municipio Caroní, sobre todo por presentar el mayor número de población y áreas urbanas importantes, sin embargo, dentro del canal no deja de ser sensible todo el tramo, por su dinámica diversa y por el flujo de embarcaciones que se da, y que al verse afectada algunas de las zonas perjudicaría la dinámica habitual del canal y de la actividad económica del área por el transporte fluvial por el río, además de eso una disminución del caudal traería como consecuencias afectaciones en el abastecimiento de agua potable a los habitantes de la zona y la generación de energía eléctrica a nivel nacional.

## Capítulo V. Implicaciones espaciales de los niveles extremos de agua en el Tramo Matanzas – Boca Grande del Río Orinoco, estado Bolívar

### 5.1 Aplicación de los estadísticos

Los datos que se tienen de los niveles de agua del río Orinoco son en total 7.670 observaciones, que abarcan el nivel diario y mensual por cada año, es decir desde 1998 al 2018, que es el período que se está evaluando en esta investigación, por lo que se procedió a simplificar la información para ser mejor manipulados.

Este análisis se lleva a cabo con un registro de datos diarios llevados a promedio mensual durante veinte (20) años de los niveles de agua del río Orinoco, según la estación del sector Palúa, (para el momento de la realización de este proceso es la única que presenta la información de niveles de agua) por lo que se presenta un cuadro promedio de los datos mensuales por cada año y con base al mismo se realiza los cálculos estadísticos.

En él se puede observar la variación de los niveles de agua, que a simple vista entre los meses de junio a septiembre se ve un incremento significativo, esto en relación también con las temporadas de lluvias del país, e igualmente con los demás meses con relación a la temporada de sequía.

Dentro de los datos promedios mensuales se indica que el dato mínimo de 1,31 msnm, correspondió al mes de marzo de 2016, y relacionándolo con el cuadro de episodios históricos ese año, se observa que se inició con la ocurrencia de El Niño, ya que venía del año 2015 como año Niño, aunque no se puede dejar de lado el año 1998, el cual en su primer trimestre los niveles de agua eran en promedio de 1,60 msnm (cuadro N°18).

Según la investigación realizada por Garrido, (2014) para el período de estudio 1961 al 2011 sobre características hidráulica del sector Aramaya, del área de estudio de esta investigación, concluyó que al interpretar los resultados pudo apreciar que existen variables que alteran la relación área/nivel, principalmente la modificación

natural de la morfología de la sección, sea por la relación erosión/sedimentación, dragado o la variación del área causada por la disminución de la profundidad, esto es debido no solo a la intervención humana sino también por el resultado de la interacción del comportamiento de los elementos macroclimáticos, y que no fue parte de la investigación de Garrido, pero si deja en evidencia que en un sector importante del canal durante su periodo de estudio presenta alteraciones.

La CAF (2005) en su investigación indica que durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño de 1997-1998 produjo una serie de efectos encadenados que redundaron finalmente en la afectación de la navegabilidad en el río Orinoco, por la disminución de la precipitación en la cuenca del Orinoco, tanto en el sector Colombiano como en la cuenca del Río Apure; reflejado en un bajo aporte de los ríos tributarios, y se reflejó en una disminución de los niveles del río y un aumento de la sedimentación, eso repercutió en las operaciones de transporte fluvial y en el dragado de mantenimiento, y es que este tramo, del área de investigación, requiere un dragado de mantenimiento anual, ya que presenta problemas de poca profundidad que puede ocasionar encalladuras, puesto que hacen uso del canal barcos de hasta 80.000 toneladas, por lo que aumenta el riesgo de la seguridad de la navegación.

Con base a los datos del cuadro N°18, se realizó el gráfico N°5 en el que se puede observar el comportamiento mensual para cada uno de los años de 1998 al 2018, en el que los primeros meses del año presenta los menores niveles de agua en el sector, donde el pico más alto se aprecia en agosto, volviendo a una disminución progresiva del nivel de agua; en general, los registros describen una curva de tipo simétrica con un máximo en el mes de agosto y el mínimo durante el mes de marzo, las curvas corresponden al comportamiento de las lluvias en el país, adicional se incorporó a esta gráfica el calado promedio de cada año, que es la capacidad máxima a la que se sumerge la parte inferior del quillote (lastre extremo de una embarcación), medida desde la línea de flotación (INC, 2022)

Cuadro N° 18 Promedio mensual de los niveles de agua (m) del río Orinoco, 1998 al 2018. Estación Palúa, tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

PROMEDIOS MENSUALES	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	1,68	3,65	2,41	2,64	3,30	2,23	3,10	2,96	3,07	3,02	3,28	3,76	1,82	3,32	4,06	2,43	2,61	2,45	2,29	3,36	2,41	<b>2,85</b>
FEBRERO	1,34	2,86	1,81	1,65	1,90	1,43	1,80	2,23	3,20	1,86	2,06	2,65	1,39	2,02	2,60	1,92	1,79	2,12	1,41	2,17	1,83	<b>2,00</b>
MARZO	1,47	2,76	1,59	1,38	1,47	1,32	1,57	1,89	2,09	1,48	1,96	2,20	1,51	2,16	2,22	2,13	1,60	1,78	1,31	2,02	1,42	<b>1,78</b>
ABRIL	1,91	3,54	2,13	1,55	2,35	1,60	1,80	2,41	2,59	2,39	1,85	2,52	2,34	2,59	4,05	2,37	1,97	2,04	1,69	2,58	1,80	<b>2,29</b>
MAYO	4,99	5,60	4,22	3,05	4,18	4,23	4,49	5,52	4,61	4,30	3,31	3,57	5,36	5,75	7,22	4,74	3,88	3,50	4,84	4,94	5,00	<b>4,63</b>
JUNIO	7,79	6,83	8,40	5,58	7,17	6,99	7,91	7,33	6,98	6,91	6,10	4,55	7,89	9,09	8,52	7,21	5,80	5,97	7,34	7,28	7,75	<b>7,11</b>
JULIO	10,48	8,79	9,88	7,18	9,68	8,87	9,71	8,70	9,99	9,40	8,71	7,50	9,82	10,07	9,84	8,39	8,48	8,45	9,64	10,14	11,04	<b>9,27</b>
AGOSTO	11,28	10,69	10,32	8,70	10,76	10,48	10,66	9,74	11,15	10,81	10,38	9,25	10,83	10,82	11,13	9,45	10,20	10,05	11,08	11,32	12,03	<b>10,53</b>
SEPTIEMBRE	11,02	10,21	10,00	8,78	10,42	10,51	10,48	9,32	10,38	10,56	9,98	8,82	10,57	9,79	10,58	9,77	10,14	10,14	10,64	10,08	11,54	<b>10,18</b>
OCTUBRE	8,71	9,07	8,99	7,01	7,90	9,02	9,12	7,14	8,03	9,25	8,38	6,46	8,16	8,04	8,47	8,33	8,41	6,86	8,60	7,80	9,73	<b>8,26</b>
NOVIEMBRE	5,89	7,14	6,92	5,23	5,93	7,81	6,70	6,07	6,62	7,11	6,65	4,53	6,10	7,27	6,13	6,04	6,96	5,16	6,29	6,51	6,43	<b>6,36</b>
DICIEMBRE	4,53	4,27	4,31	3,86	4,39	5,48	4,89	5,14	5,38	4,53	6,32	2,84	5,90	6,53	3,73	4,62	4,40	3,96	5,10	3,74	3,84	<b>4,66</b>
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	<b>5,92</b>	<b>6,28</b>	<b>5,92</b>	<b>4,72</b>	<b>5,79</b>	<b>5,83</b>	<b>6,02</b>	<b>5,70</b>	<b>6,17</b>	<b>5,97</b>	<b>5,75</b>	<b>4,89</b>	<b>5,97</b>	<b>6,45</b>	<b>6,55</b>	<b>5,62</b>	<b>5,52</b>	<b>5,21</b>	<b>5,85</b>	<b>6,00</b>	<b>6,24</b>	<b>5,83</b>

Fuente: Elaboración propia con base a los datos suministrados por el INC

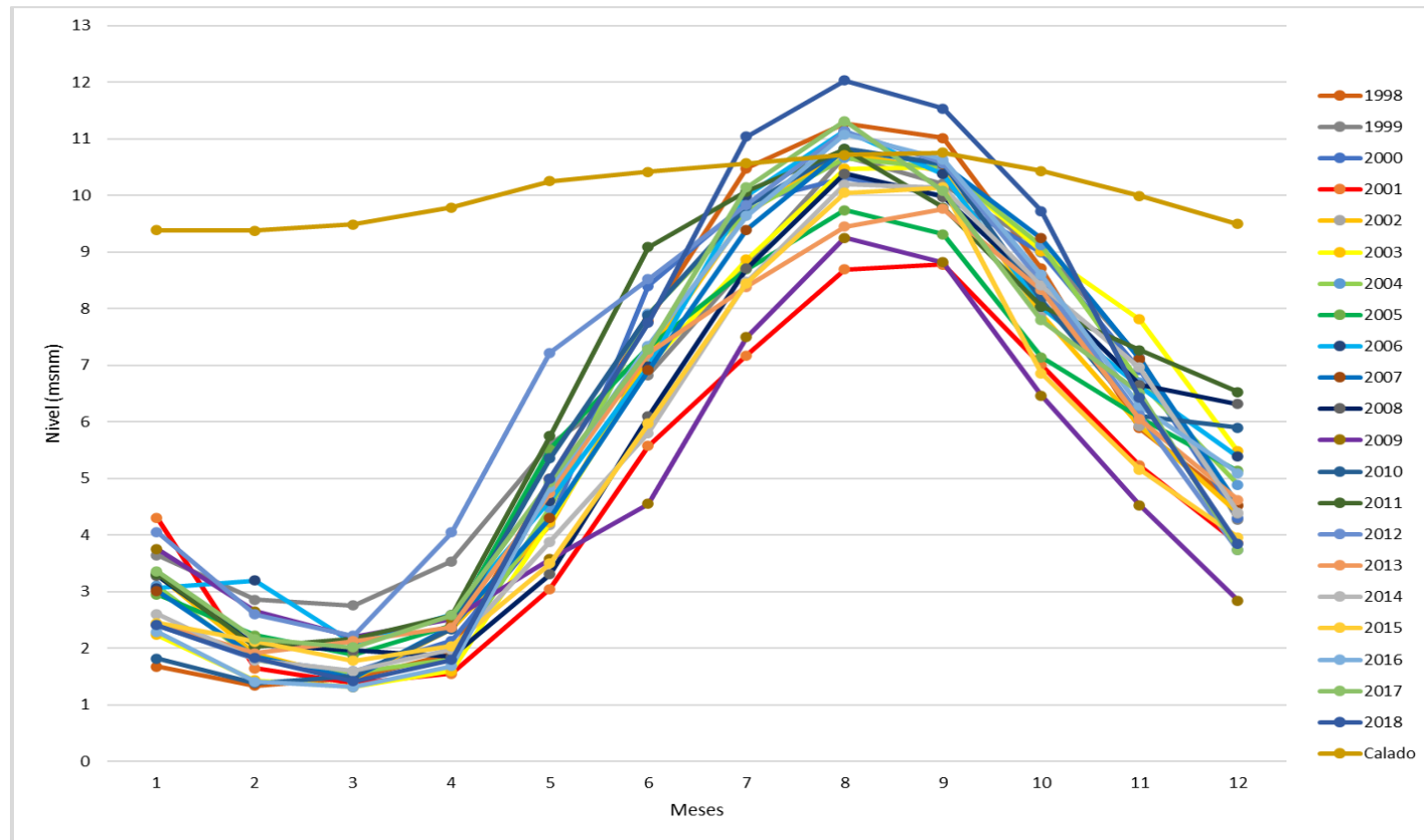
Aunque es evidente en la gráfica N°5 que el año 2018 sobre pasa el nivel de agua de los meses de julio a septiembre del calado promedio, por tanto, un nivel extremo de aguas altas, y se evidenció con el desbordamiento del río Orinoco en ese año, que afectó a una gran cantidad de habitantes de la zona de Atures, Atapabo Autana, Maroa, Río Negro y Alto Orinoco, quedando en evidencia, con esta gráfica, que la afectación se vio reflejada en el Bajo Orinoco (tramo Matanzas – Boca Grande).

Para incrementar la información y análisis se presenta en la gráfica N°6, el comportamiento de los niveles promedios de agua de los años (1998 -2018), en el que se evidencia los primeros tres meses del año 1998 un nivel bajo de agua, que según con los estudios de la CAF (2005) y Rivas (1998), sucede por la sequía del año 1997. Así mismo, se observan picos bajos de nivel de agua en los años 2001, 2009 y 2010 hasta aproximadamente el primer trimestre del año (gráfica N°6).

Por otra parte, los años 1998, 2010 (primer trimestre) y 2015 son considerados años de ocurrencia de El Niño, y los años de ocurrencia como Niña son 1998 (últimos trimestres), 1999, 2010, 2016 y 2018, por lo que se separó la información y se muestra la distribución de estos años según la ocurrencia del evento.

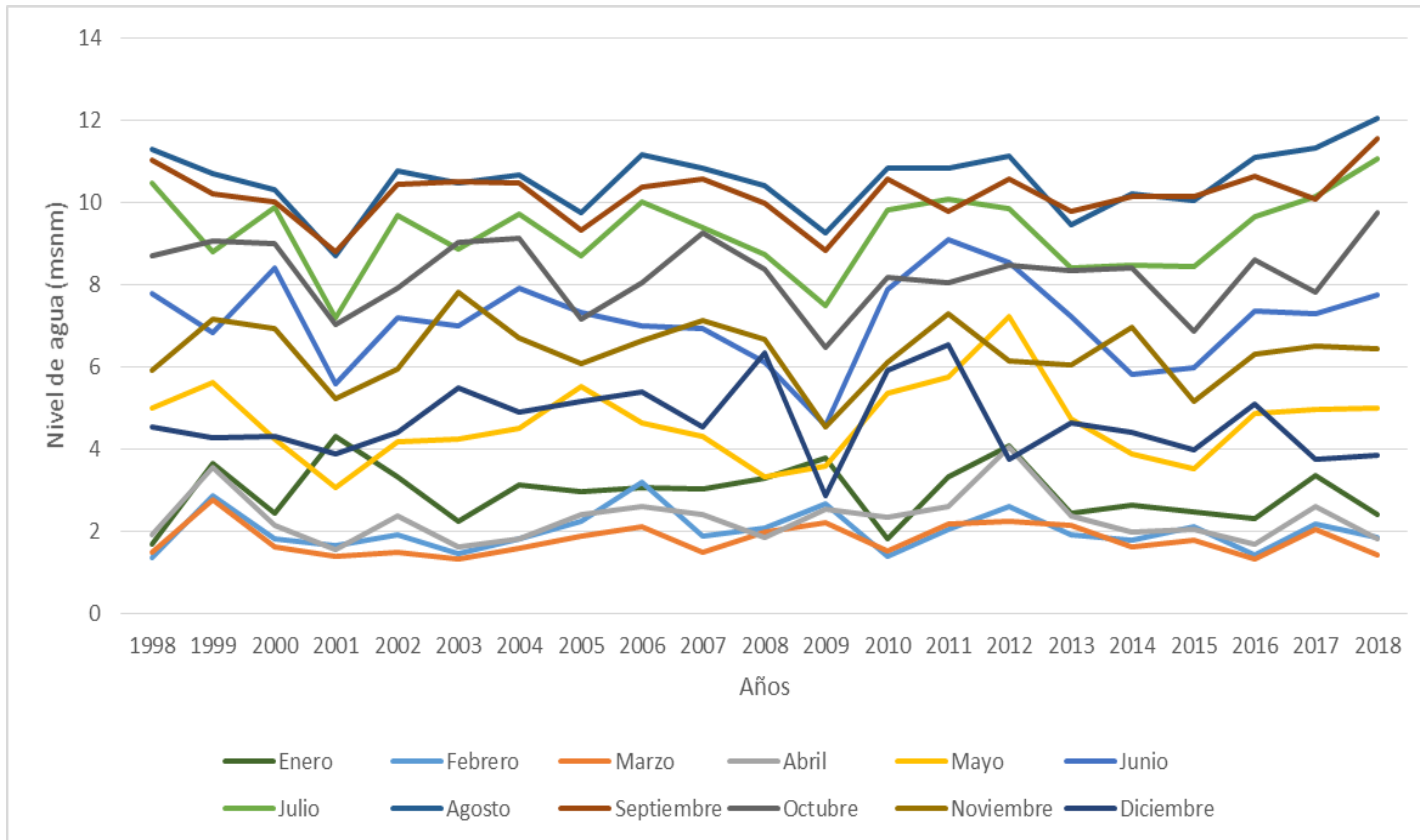
En la gráfica N°7 se muestra los niveles de agua de los años de la ocurrencia de El Niño, y además se incorpora los niveles máximos y mínimos históricos del tramo Matanzas – Boca Grande, así como el nivel de agua promedio, se observa que los primeros meses del año 1998 y 2010 está por debajo del promedio histórico, pero el mes de enero se encuentra por debajo del mínimo histórico, en el caso del año 2015 se mantiene por debajo del promedio hasta el mes de junio.

Gráfico N°5 Promedio anual de niveles de agua (m) del Sector Palúa, Río Orinoco 1998 – 2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos suministrados por el INC

Gráfico N°6 Distribución temporal del promedio mensual de niveles de agua (m) del Sector Palúa, Río Orinoco 1998 – 2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos suministrados por el INC

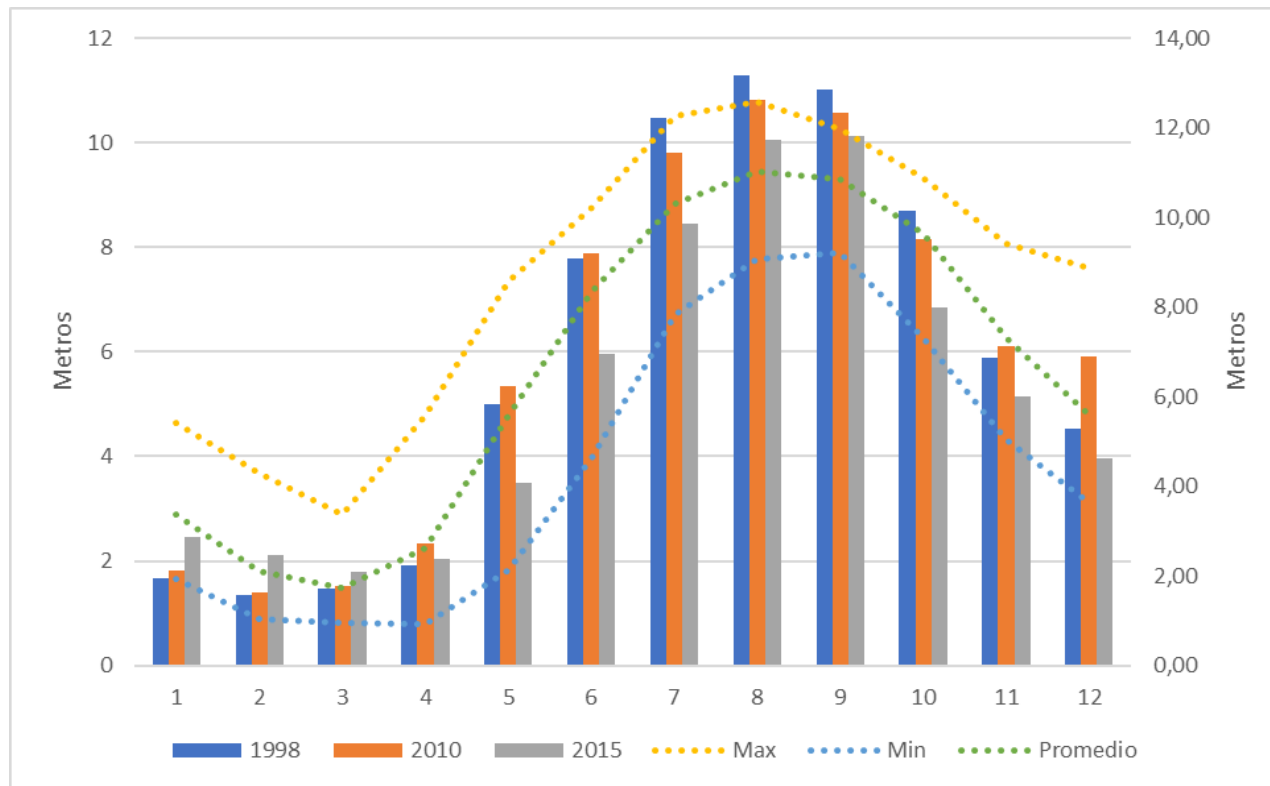
En el caso de los años considerado como La Niña, sobre todo en el primer trimestre del año 1999, superaron el promedio histórico del nivel de agua, y en los meses de julio a octubre se observa la superación del nivel máximo histórico en los años de 1998, 2010, 2016 y 2018, por lo que se puede considerar por las gráficas presentadas, es que ambos fenómenos climáticos, tienen incidencia en Venezuela, en el comportamiento del río y en particular en los niveles de agua (gráfico N°8).

A continuación análisis estadísticos de tendencia central, es así que con el cálculo de los estadísticos básicos se puede observar en el cuadro N°19 la media y la desviación estándar de los niveles de agua del tramo Matanzas – Boca Grande; también se aprecia el cálculo del coeficiente de variación; sus resultados están entre el 30 y 70%, y según Martínez, (2012) los datos de la muestra que se encuentran en este rango son heterogéneos, por lo tanto, la media no es representativa, ya que los valores extremos hacen que se eleve, las medias de los niveles de agua de los diferentes años oscilan entre 4 a 6 msnm, aunque los años que presenta menor media son el 2001 con 4,86 y 2009 con 4,89, lo que se puede inferir que en estos años se presentaron una menor precipitación con respecto a los otros, y que el valor de la mediana de esos años se encuentra entre los 4 metros, manteniendo una simetría en la distribución temporal de la altura media del nivel de agua (cuadro N°19 y gráfica N°9).

La gráfica N°9 representa la distribución temporal de la media y la mediana de los niveles de agua en el Tramo Matanzas – Boca Grande, para visualizar el comportamiento de sus valores en el período de 1998 al 2018, se observa que en los años 2001 y 2009, se presentan los valores extremos, en ambos estadísticos, al igual que en la mediana del año 2015, son significativos en el gráfico, por ser los puntos más bajos, sin embargo, existe una fluctuación en su comportamiento, adicionalmente en el 2011 presentó una mediana de 6,50 el pico más alto con una media de 6,45, por lo que los datos observados son heterogéneos (gráfica N°9).

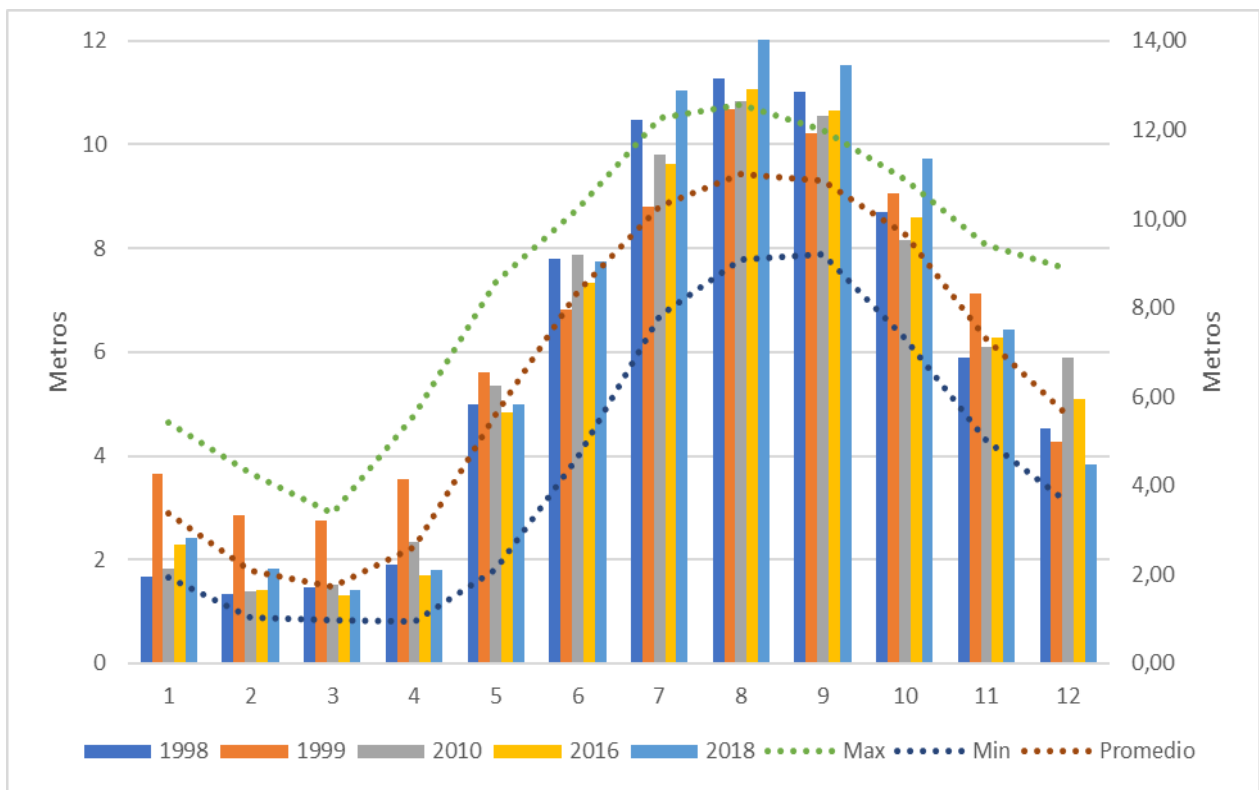


Gráfico N°7 Distribución temporal promedio anual de los niveles de agua (m), años “El Niño”, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del INC

Gráfico N°8 Distribución temporal promedio anual de los niveles de agua (m), años “La Niña”, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar



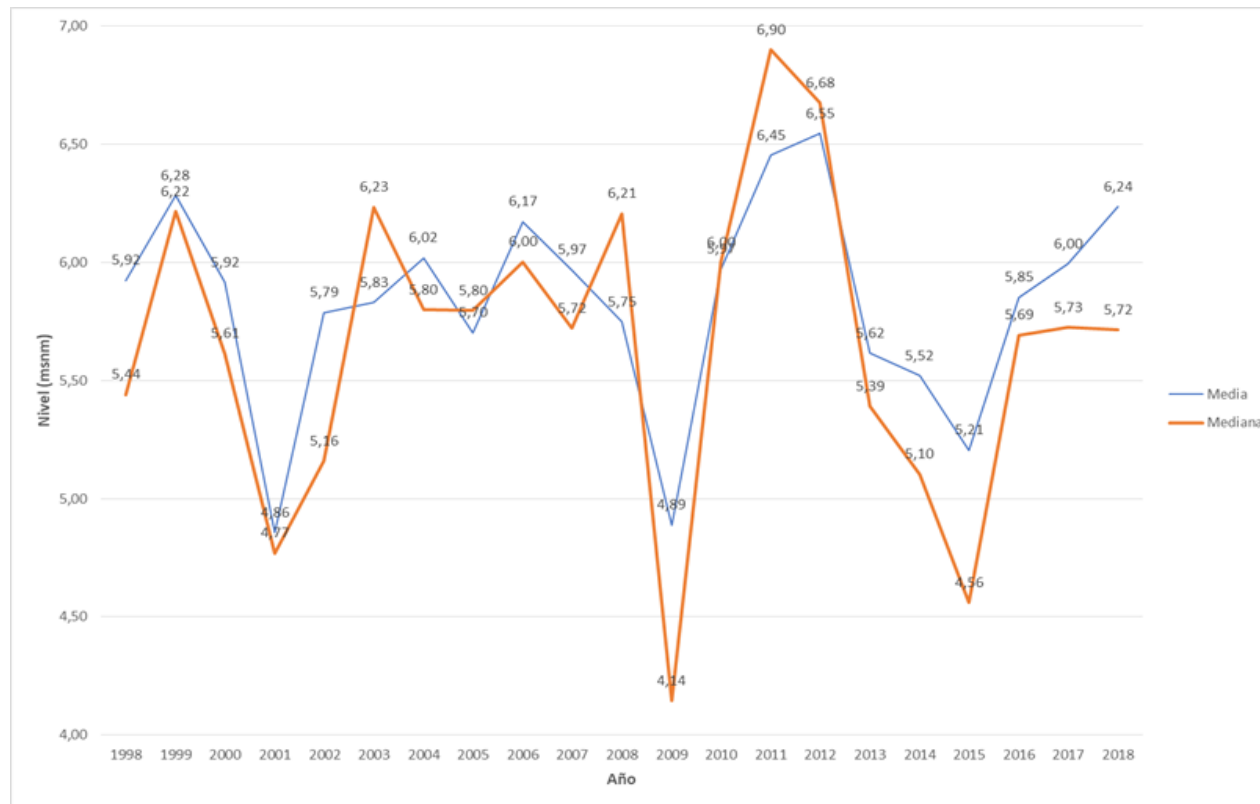
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del INC

Cuadro N°19 Distribución temporal altura media del nivel de agua (m) en el período 1998 – 2018,  
Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Tramo Matanzas - Boca Grande	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Desviación Estandar	3,87	2,91	3,52	2,67	3,36	3,58	3,52	2,84	3,20	3,47	3,18	2,51	3,56	3,26	3,18	2,99	3,26	3,09	3,65	3,34	4,08
Media	5,92	6,28	5,92	4,86	5,79	5,83	6,02	5,70	6,17	5,97	5,75	4,89	5,97	6,45	6,55	5,62	5,52	5,21	5,85	6,00	6,24
Mediana	5,44	6,22	5,61	4,77	5,16	6,23	5,80	5,80	6,00	5,72	6,21	4,14	6,00	6,90	6,68	5,39	5,10	4,56	5,69	5,73	5,72
Coficiente de Variación	65%	46%	59%	55%	58%	61%	58%	50%	52%	58%	55%	51%	60%	50%	49%	53%	59%	59%	62%	56%	66%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°9 Distribución temporal de la media y mediana de los niveles de agua (m) en el período 1998 – 2018, Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del INC

A continuación, se describirá el comportamiento de la altura de niveles de agua del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, por cada mes desde el año 1998 al 2018 respectivamente (cuadro N°18). El mes de enero está relacionado a bajas precipitaciones, por lo que a principios del año de estudio en 1998 su nivel es de 1,68, coincidiendo con el nivel más bajo durante todo el período, seguido del año 2010 con 1,82, siendo estos los dos años con los picos más bajos, pero igualmente se visualiza una variación entre 2 y 3 metros, sobre todo entre los años 2004 y 2007, mientras que en los demás años se observan picos diferenciales, en el caso del año 2001 presenta una altura de 4,31 metros, valor que no se repite al año siguiente, sino que disminuye, porque en diciembre del 2001 el nivel de agua es de 3,86 metros, por consiguiente y como se menciona corresponde a meses de sequía, además se observa la fluctuación del mes con respecto a la media (gráfico N°10).

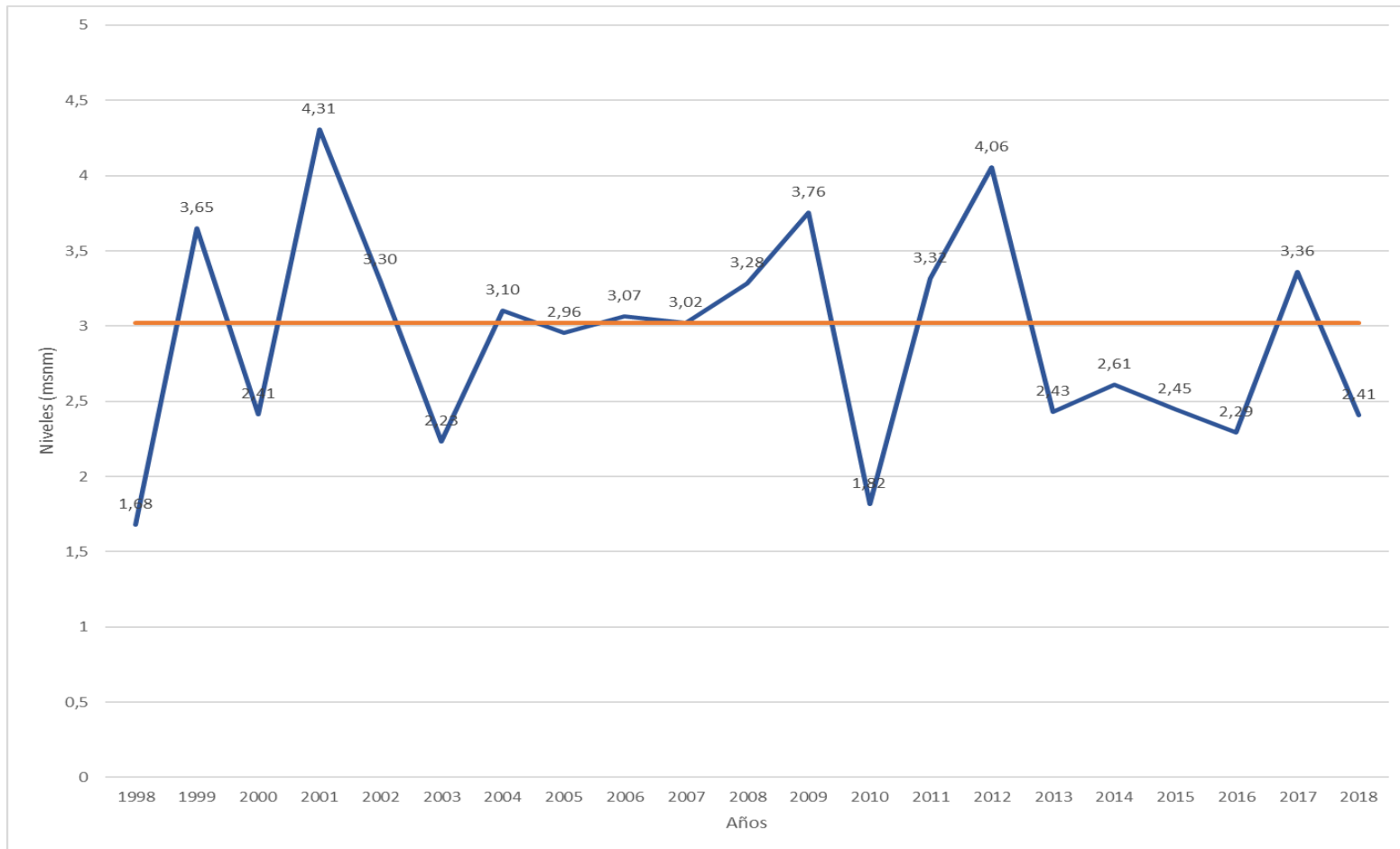
En el gráfico correspondiente al mes de febrero se aprecia que tiene dos picos altos, se pueden evidenciar de 2,86 metros en 1999 y 3,20 para el año 2006, y la mayoría fluctúa entre 1,5 y 2,5 metros, aunque presenta picos más bajos como son en 1998 y 2010 con 1,34 metros y 1,38 metros respectivamente y el 2016 con 1,41 metros (gráfico N°11). Continuando con el mes de marzo, el pico más alto del nivel del agua en este período de estudio es en el año 1999 con 2,76 metros, en el resto de los años la variación fue entre 1,5 y 2 metros, sin embargo, los picos más bajos se dan en 2001, 2003 y 2016, con 1,38, 1,32 y 1,31 metros respectivamente (gráfico N°12).

En el gráfico del mes de abril, se observan dos picos altos que sobrepasan los 3 metros, a diferencia del primer trimestre del año, siendo en el año 1999 con 3,54 metros y el 2012 con 2,04 metros respectivamente, en comparación con los demás años, en la gráfica se puede observar que las variaciones van entre 1,5 y 2,5 metros respectivamente para los demás años, pero se presentan picos bajos en el 2001, 2003 y 2016 con niveles de agua de 1,55, 1,60 y 1,69 metros (gráfico N°13).

Ya en el gráfico del mes de mayo se da inicio a lo que se denomina la temporada de lluvia en el país, que incluye junio, julio, agosto y parte de septiembre, es por ello

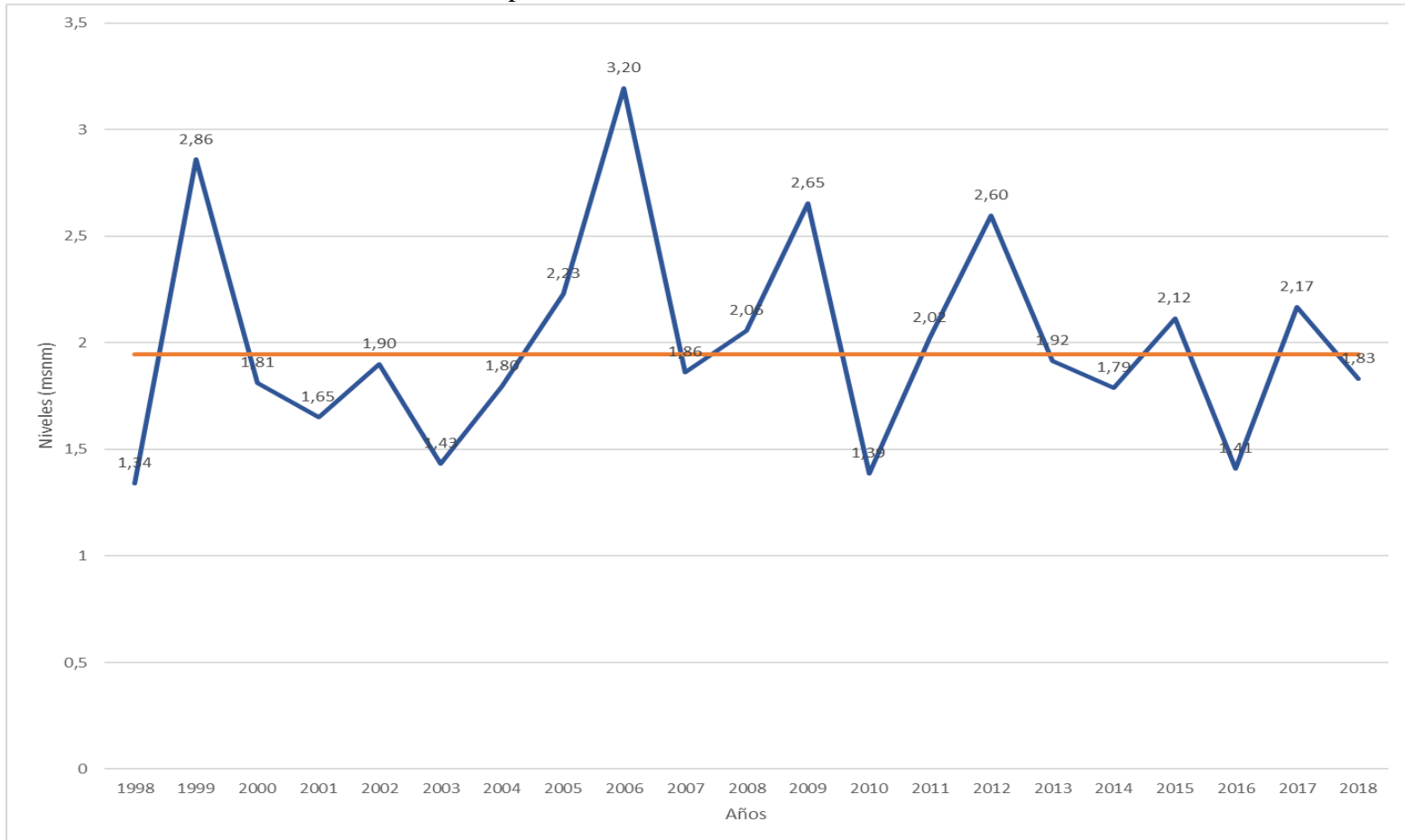
que en este mes se observan valores del nivel de agua más elevados con respecto a los primeros meses del año, ya que como se observa desde el mes de mayo, los niveles del río que se denotan en el período de estudio son registrados por encima de los 3 metros, y en el que sus máximos han sido en el año 1999 5,6 metros, pero en el 2012 se presentó con un nivel de 7,22 metros, los demás años si se varían entre los 3 y 5 metros, en cambio los años con los picos más bajos fueron el 2000 con 3,05 metros y 2008 con 3,31 metros y desde el 2013 su tendencia fue a niveles más bajos, pero a partir del 2016 se vuelve a subir su nivel, manteniéndose una tendencia a la alta en los dos siguientes años (gráfico N°14).

Gráfico N°10 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de enero, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

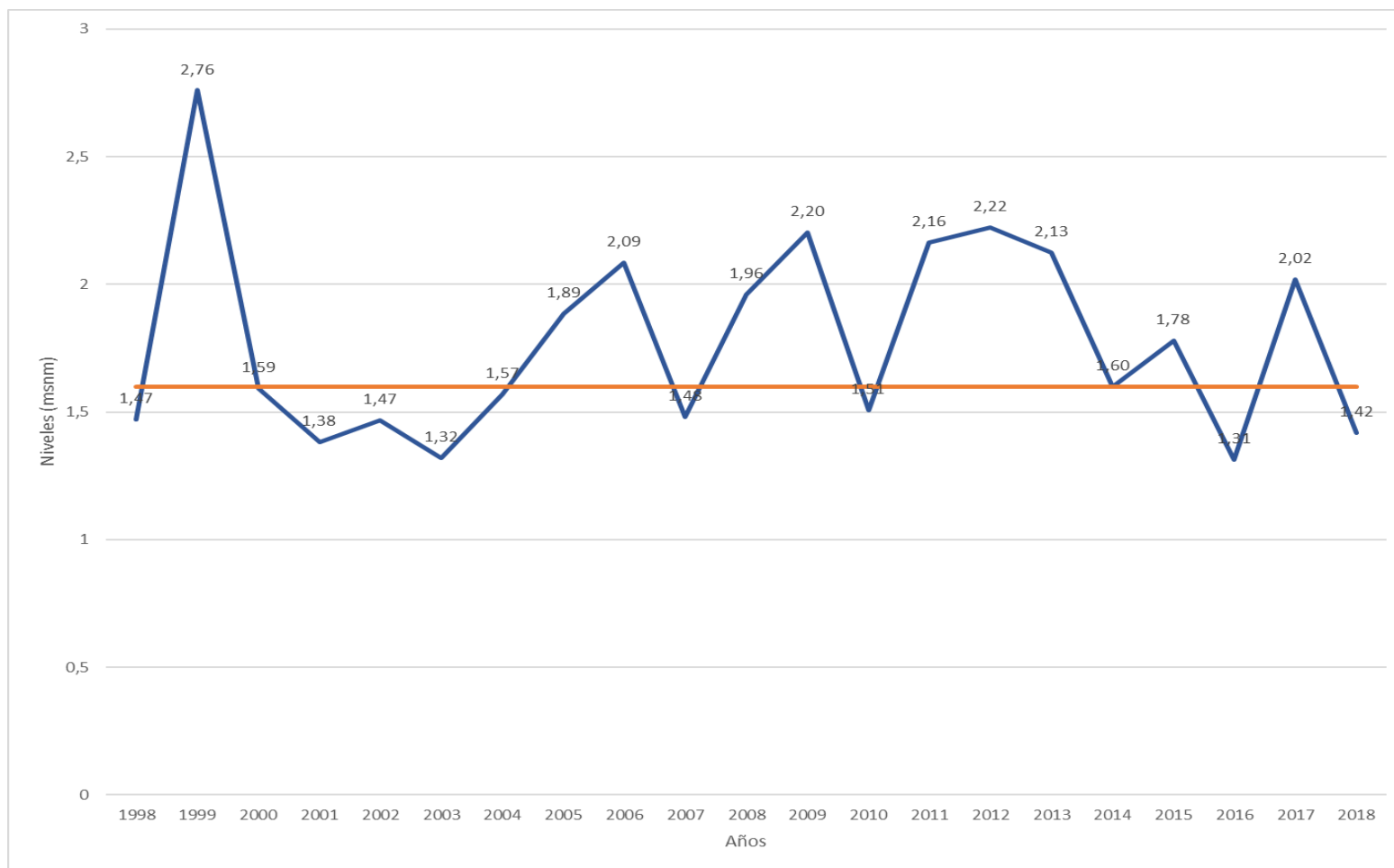
Gráfico N° 11 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de febrero Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

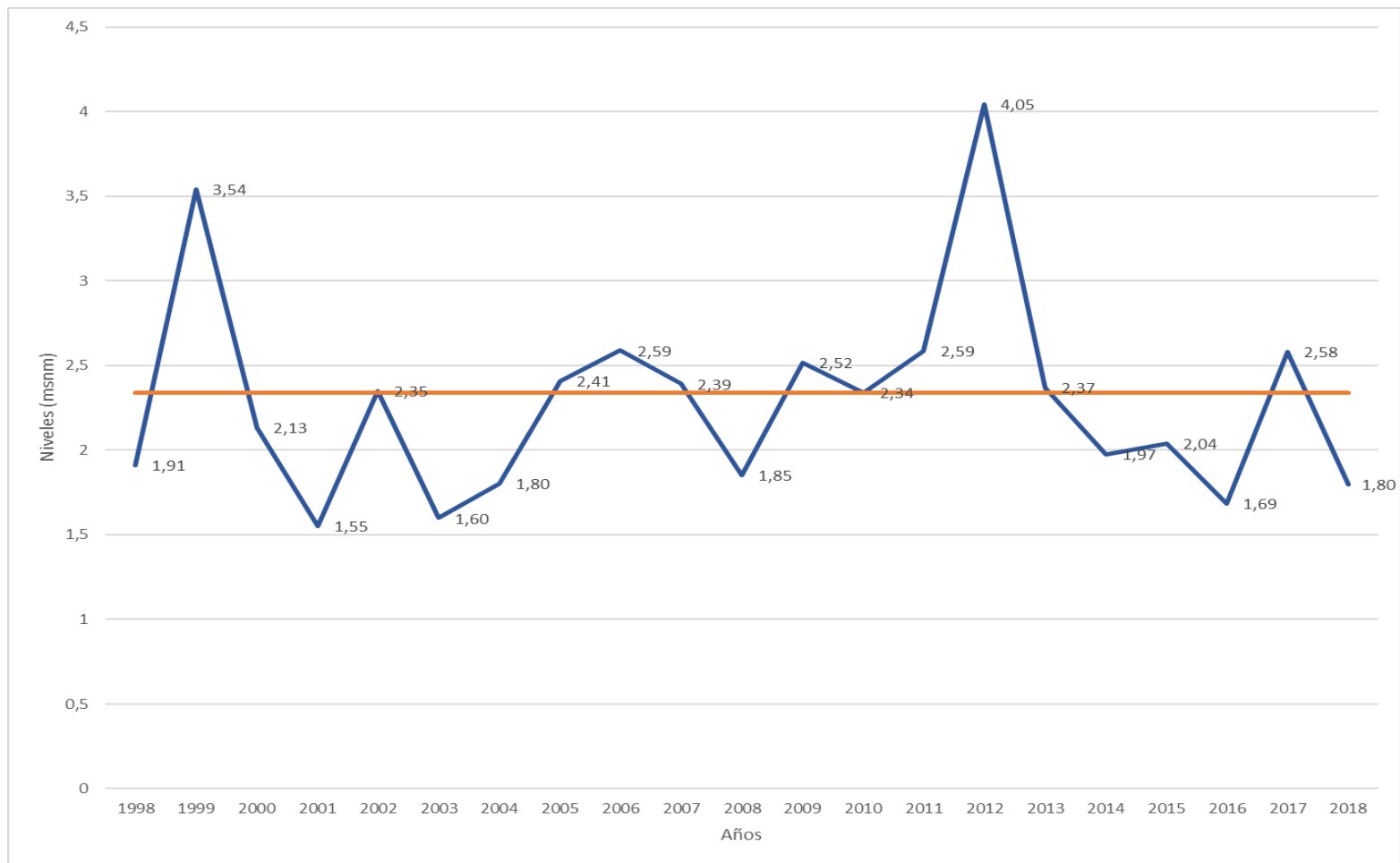


Gráfico N°12 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de marzo Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



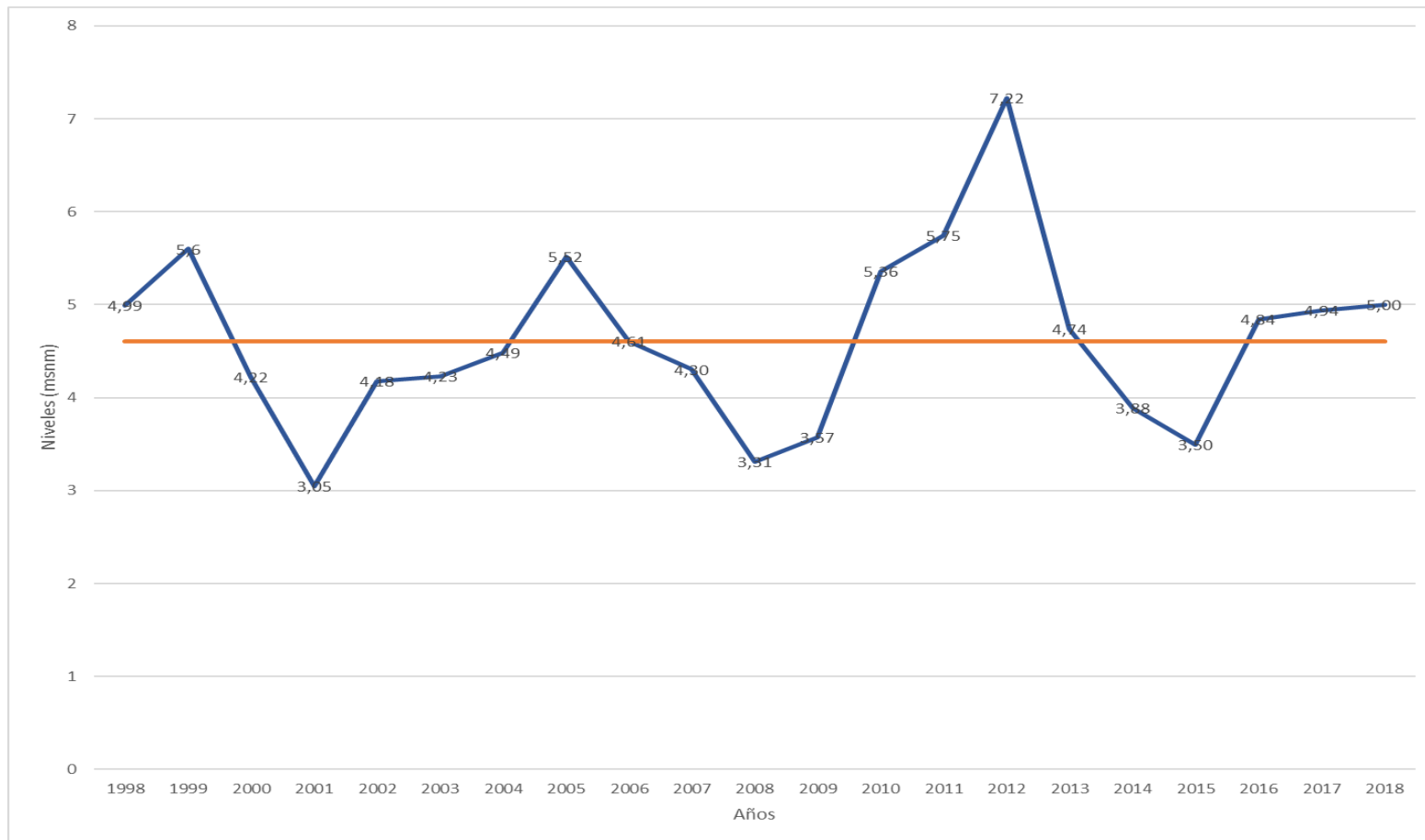
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°13 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de abril Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°14 Registro de los niveles de agua del río Orinoco, mes de mayo Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



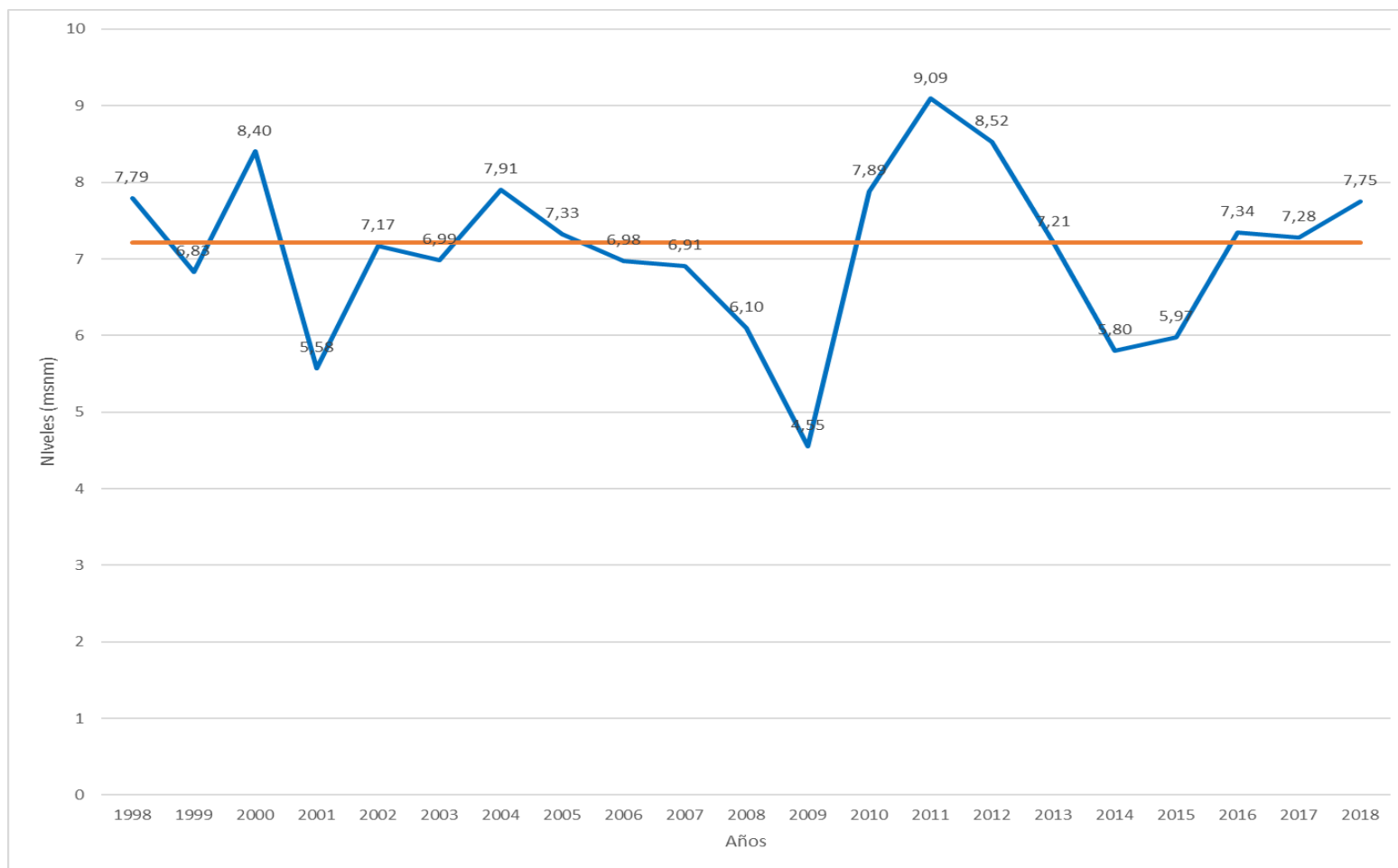
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

El mes de junio ya se han establecido las lluvias en el país y se puede evidenciar que los niveles de agua comienzan a aumentar, sus registros son mayores al promedio de 4 metros, son más predominante los registros entre 6 y 8 metros, en el gráfico N°15 del mes de junio se observa los valores más altos son del año 2000 con 8,40 metros y el 2011 con 9,09 metros, al contrario el nivel más bajo es presentado en el año 2009 con 4,5 metros, ello coincide con el trimestre de junio, julio y agosto de los episodios históricos del El Niño a nivel mundial, donde el año 2009 fue un año cálido en esos meses, igualmente para los años 2000 y 2011 que son los de mayor nivel, se relacionan a los episodios históricos de La Niña.

Los registros del mes de julio están entre 7 y 11 metros, hay dos máximos, el primero en 1998 de 10,48 metros, coincidiendo con el trimestre de junio, julio y agosto del episodio histórico La Niña a nivel mundial y el otro en 2018 con 11,04 metros. El menor valor se da en el año 2001 con un nivel de 7,18 metros, y en el año 2009 con 7,50 metros, por lo que durante el período de estudio estos dos valores de nivel de agua fueron los más bajos, aproximadamente dos (2) metros más bajo que el promedio del mes (gráfico N°16).

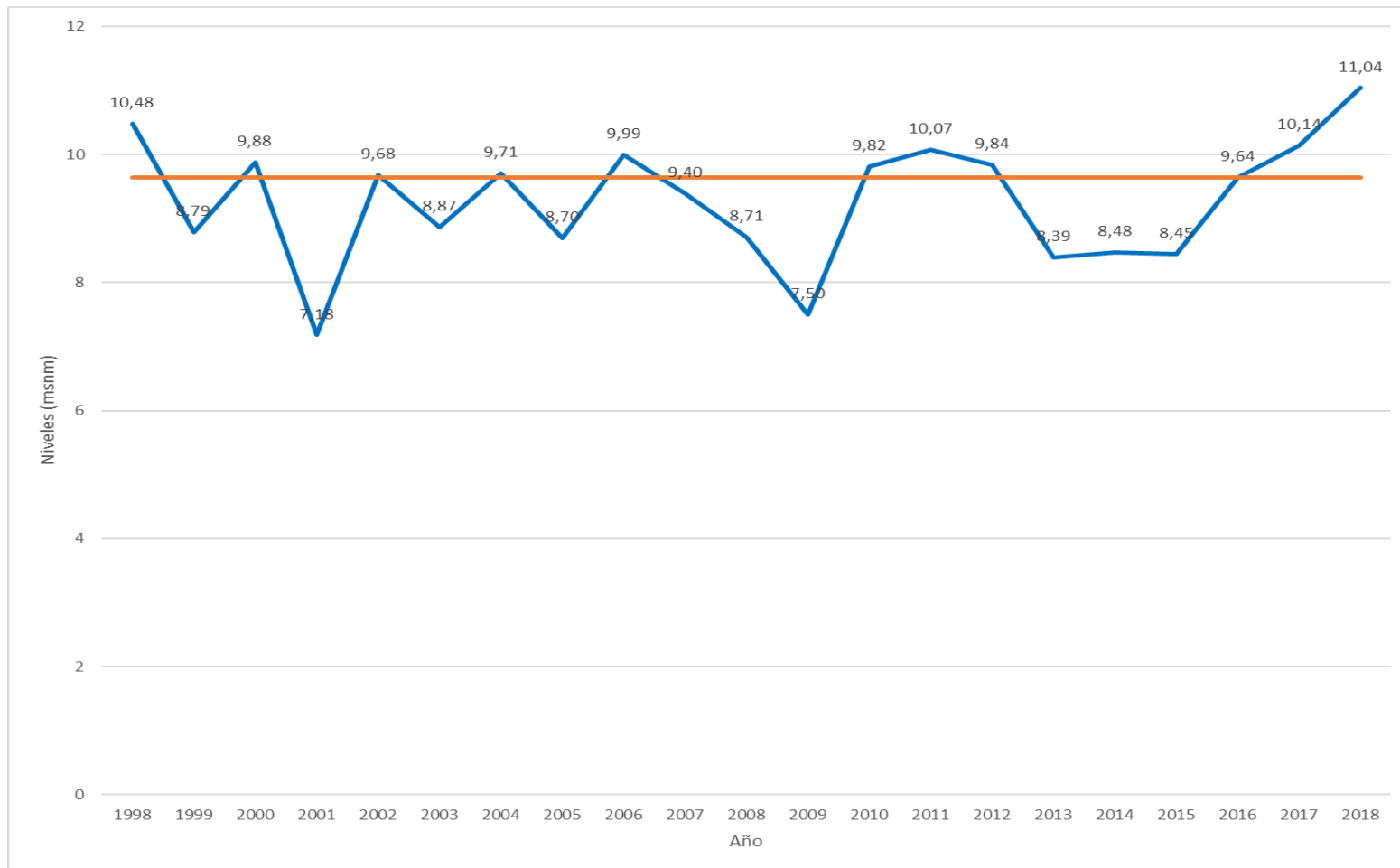
El mes de agosto los niveles de agua del río Orinoco varían entre los 8 y 12 metros, el más alto es el año 2018 con 12,03 metros, y en ese año hubo un crecimiento histórico del río Orinoco con un registro de 18,34 msnm en Ciudad Bolívar, que se refleja en tramo Matanzas – Boca Grande, sin embargo el nivel más bajo presentado durante el período de estudio del mes de agosto fue en el 2001 con 8,70 msnm, siendo un nivel inusual durante el período y por debajo de la mediana, seguido del año 2009 con 9,25 metros y el 2013 con 9,45 metros (gráfico N°17). El mes de septiembre mediante la gráfica N°18, puede observarse que los niveles están cercanos al promedio, con excepción del año 2018 con su máximo nivel de 11,54 msnm, sin embargo, en el período hay dos años con niveles de agua por debajo de promedio, como en el año 2001 con 8,78 msnm y el año 2009 con 8,82 metros.

Gráfico N°15 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de junio Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



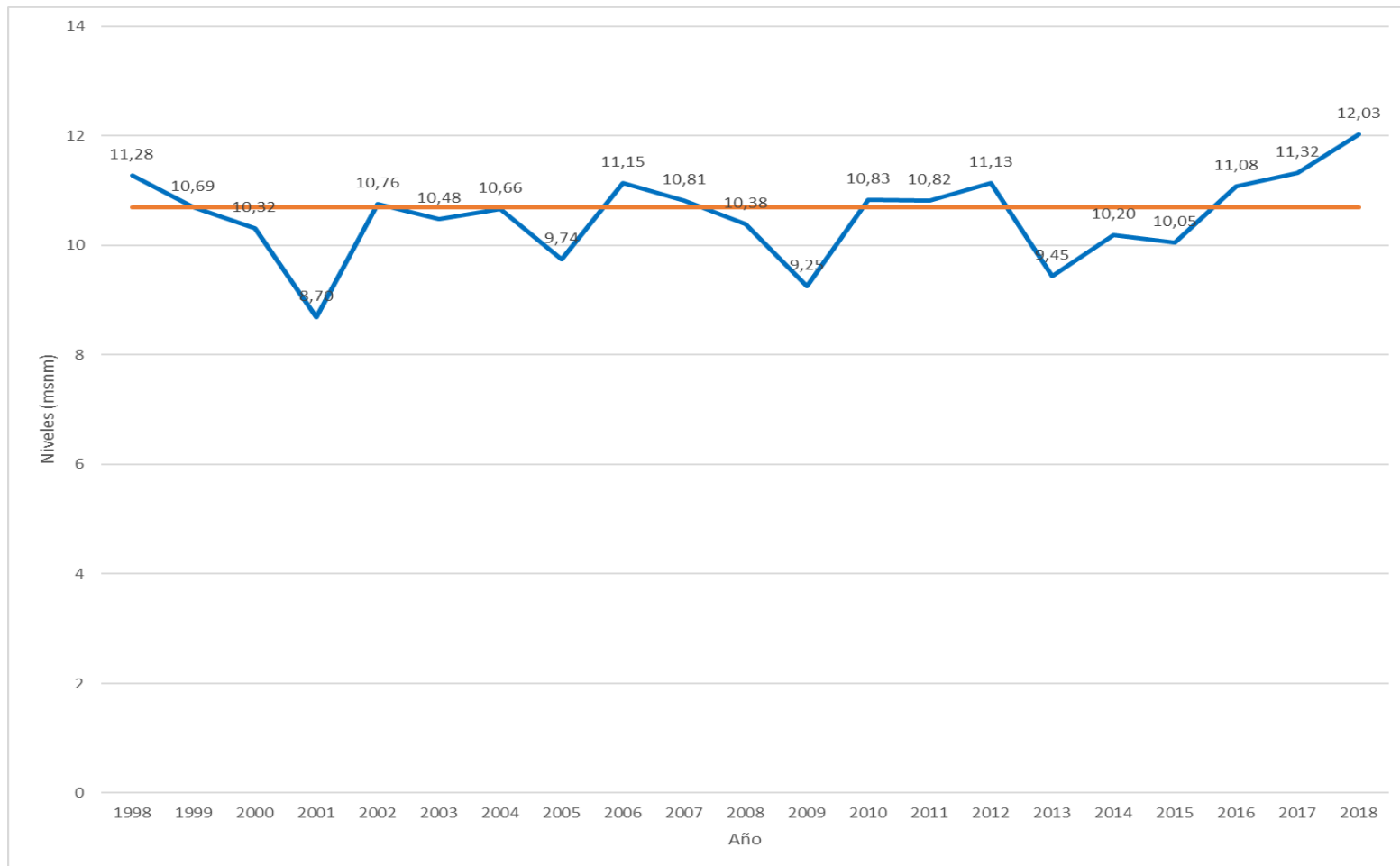
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°16 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de julio Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



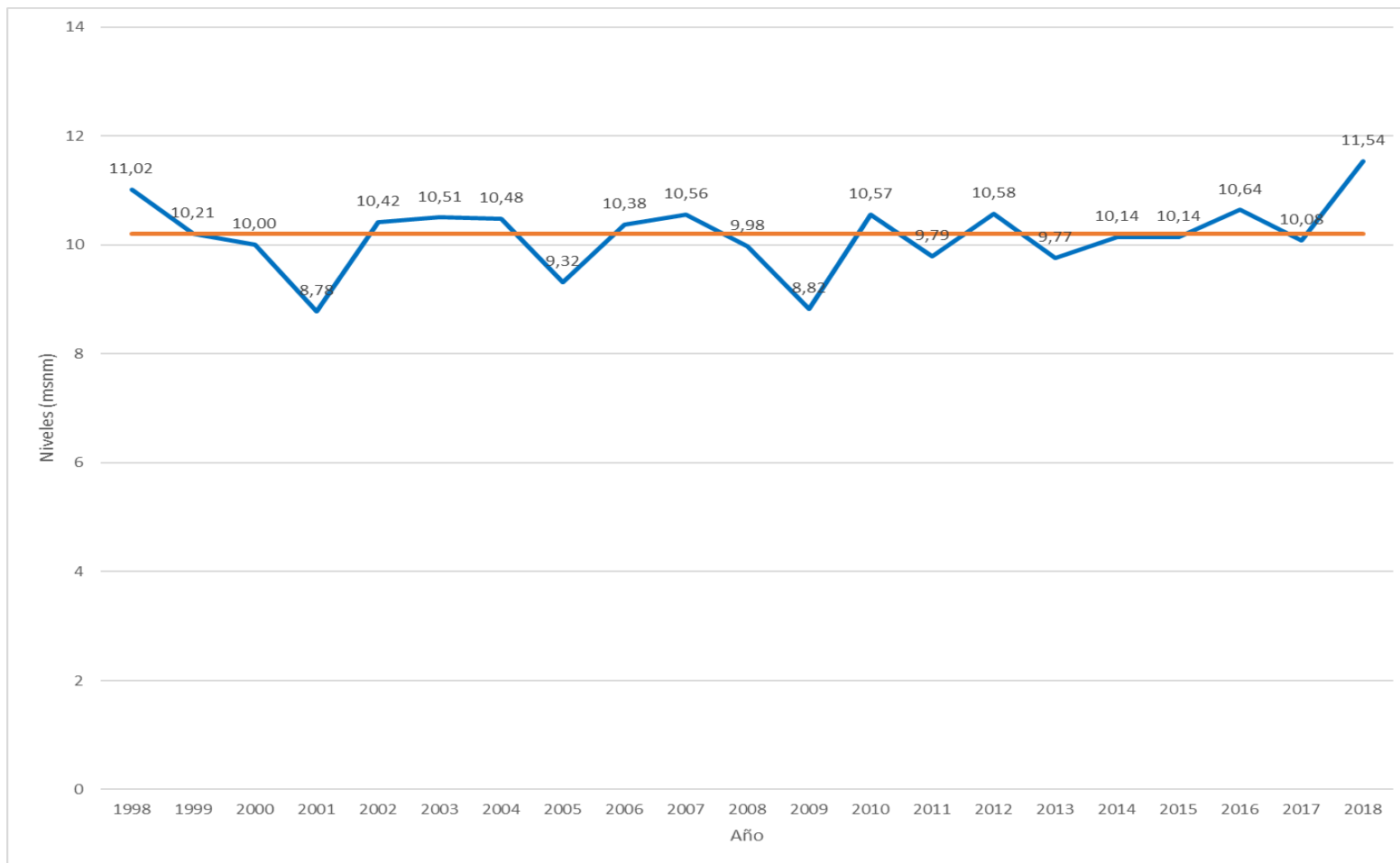
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°17 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de agosto Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°18 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de septiembre Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018



Siguiendo la caracterización de los niveles de la superficie del agua en el río Orinoco, en la gráfica N°19, se tiene que el comportamiento en el mes de octubre, el rango va de 6 y 10 metros, en la gráfica se puede observar que su valor más bajo se registró en el año 2009, con 6,46 metros, y el año 2015 con 6,86 metros, entre los años 2010 y 2014 existe un comportamiento similar, en el que los niveles del río están entre los 8 y 8.50 metros, y el año 2018 es el año con el nivel más alto para la serie con 9,73 metros.

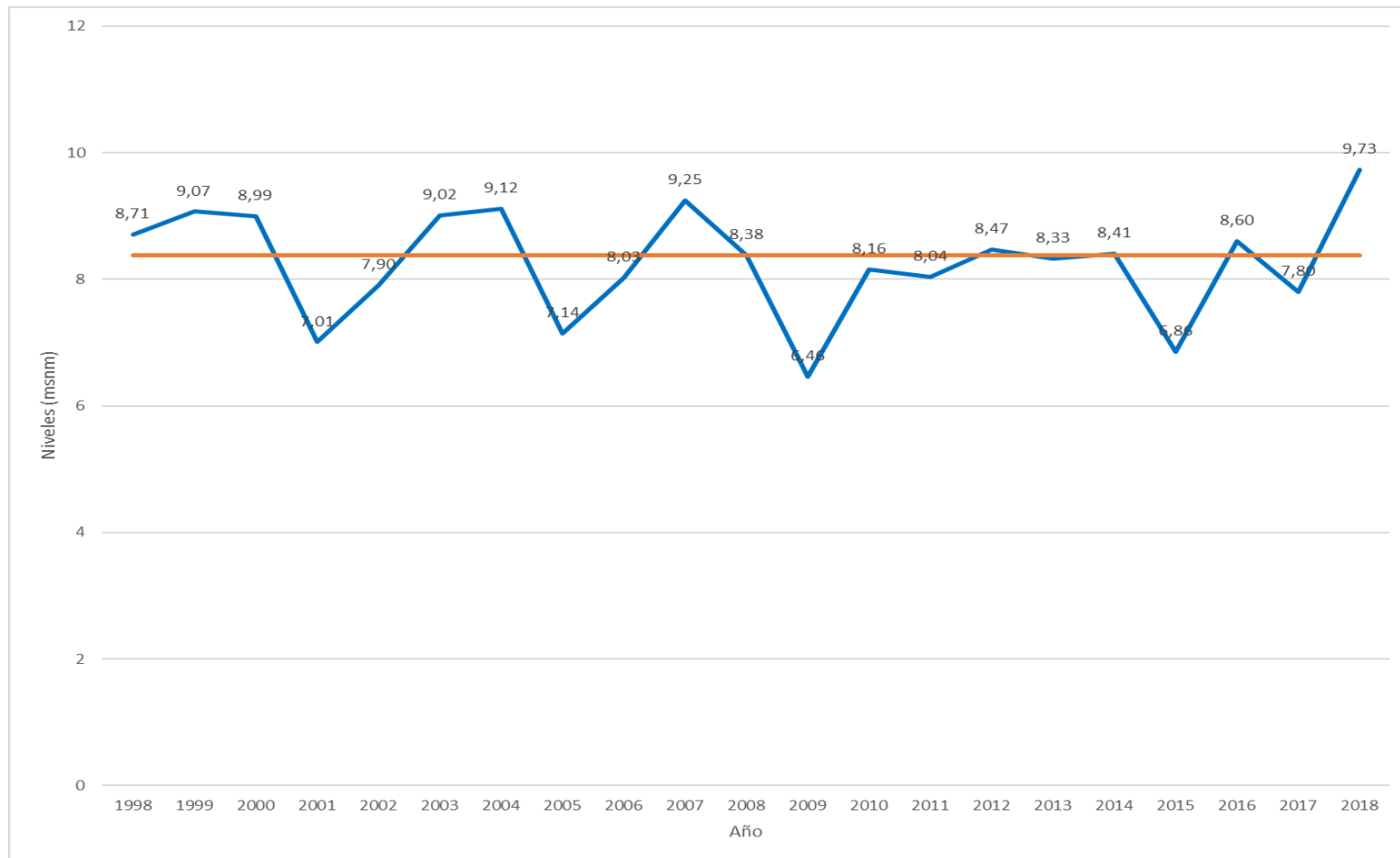
Pero el mes de noviembre, se observa en el gráfico N°20, una disminución de los niveles de agua del río Orinoco, van entre los 4 y 8 metros, su máximo nivel se apreció en el año 2003, con 7,81 metros, mientras que para el año 2009, se presenta una de las más bajas con 4,53 metros, coincidiendo con los meses cálidos de ese, el resto de los años sus niveles se mantuvieron entre los valores normales.

En el mes de diciembre continúa disminuyendo los niveles de agua, están entre los 3 y 6 metros, comportamiento normal para la temporada, en el gráfico N°21 en el año 2009 se presentó un registro de 2,84 metros, el nivel más bajo para la serie.

La presentación de las gráficas a nivel mensual, pueden detallar el comportamiento de la serie de datos durante los 21 años en los diferentes meses y en el que destaca, por presentar unos niveles por debajo del promedio son los años 2001, 2009 y 2015, niveles que pudieron haber afectado la navegación en el tramo Matanzas – Boca Grande.

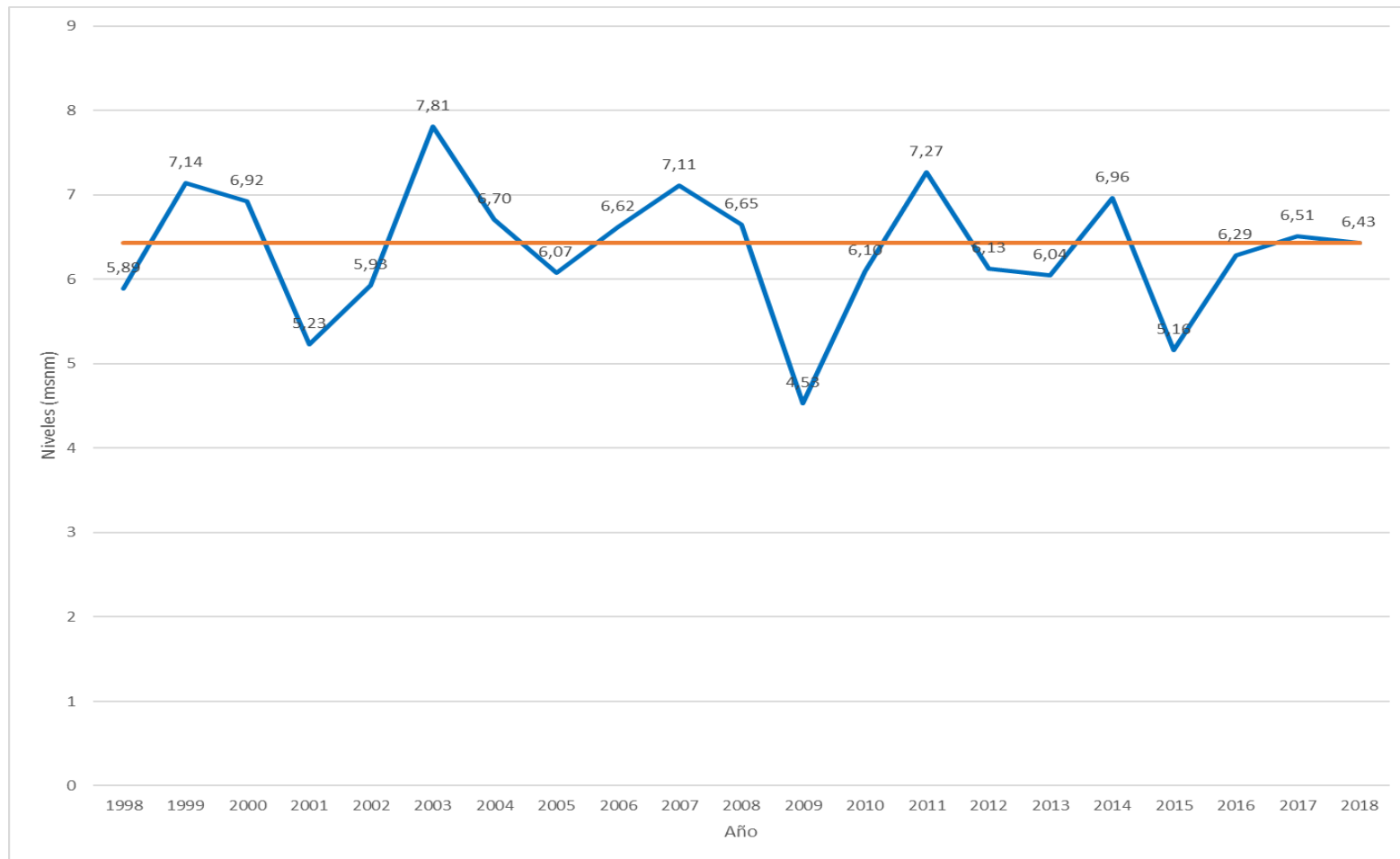
En el caso de los años 2009 y 2015, fueron influenciados por el fenómeno El Niño, donde el MINEC (2016) indica que las consecuencias registradas en Venezuela durante el 2009 – 2010 fueron muy fuertes, al igual que en 1997 – 1998, en el que se registraron disminución de los niveles de agua, afectando a embalses hidroeléctricos y efectos en el transporte fluvial; en el caso del año 2015, Venezuela ya venía afectada por evento de sequía del año 2013, que no está relacionado con el fenómeno El Niño, pero en el 2015 se presentaron bajos registros de precipitaciones en diferentes zonas del país, siendo Venezuela y Colombia los países que tuvieron impactos negativos por la sequía ocasionada por el fenómeno (Corporación de Radio y Televisión de Turquía (TRT Español), 2016).

Gráfico N°19 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de octubre, Tramo Matanzas –Boca Grande, período 1998-2018, estado Bolívar



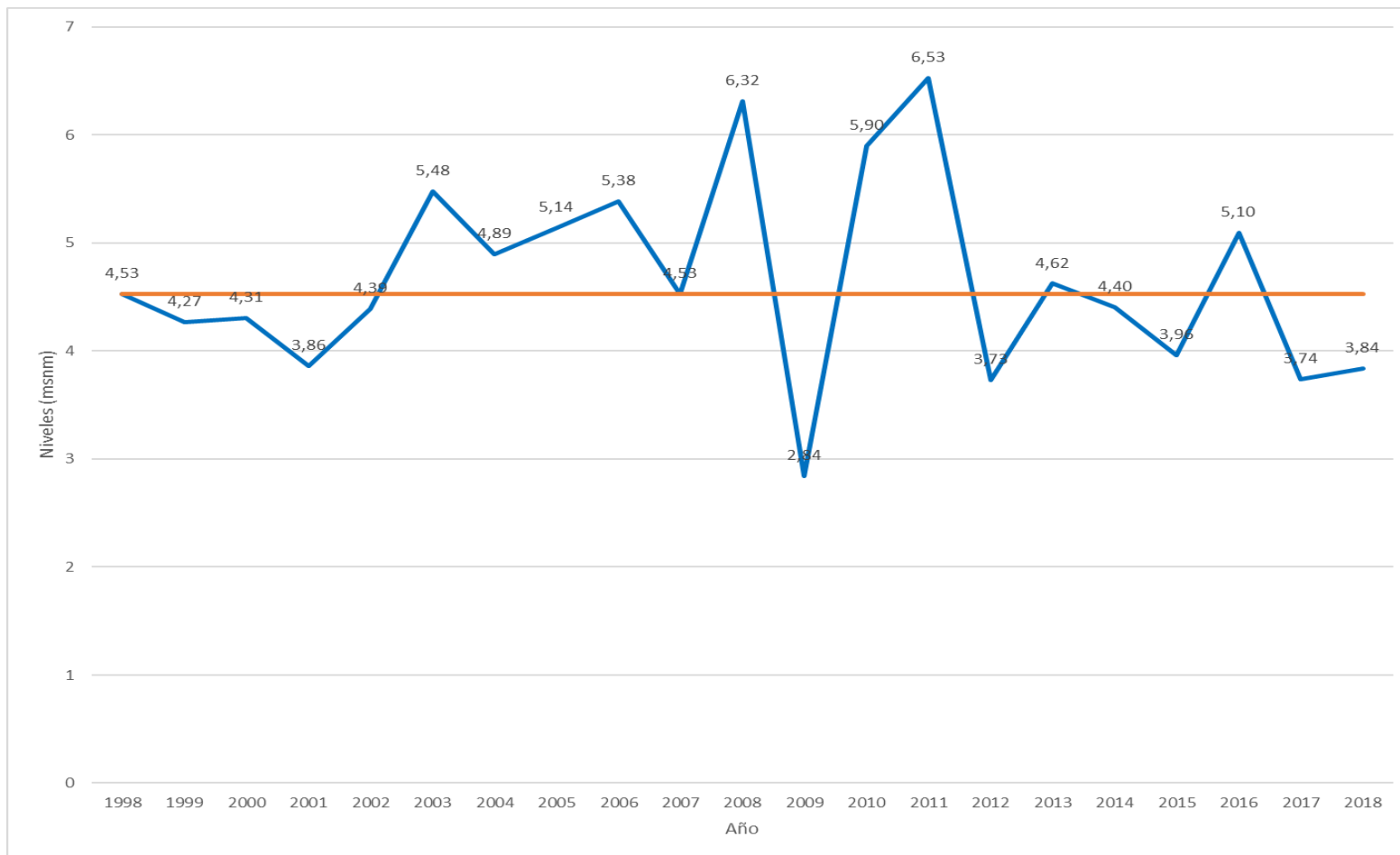
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°20 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de noviembre, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

Gráfico N°21 Registro de los niveles de agua (m) del río Orinoco, mes de diciembre, Tramo Matanzas –Boca Grande período 1998-2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua de 1998 al 2018

## Análisis frecuencial de los niveles extremos de agua del río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

Al observar los registros de los niveles en el período de 1998 al año 2018 se tiene que ocurren bajos valores y otros que son muy altos, en este caso los considerados de alto valor pueden ser interpretados como una amenaza en un contexto de estudio de riesgo. En una serie hidrometeorológicas como los niveles del río y su relación con la actividad humana, se puede concluir que los altos valores suponen mayor amenaza para los grupos humanos considerando la inundación y las consecuencias que ello supone.

Por otra parte, desde el punto de vista de evaluación de este tipo de series, en los estudios estadísticos hidrometeorológicos, la ocurrencia de muy alto valor de lluvia o de niveles de agua de un curso, es poco frecuente al compararlo con el valor medio, se espera que una distribución de proporciones ocurra menos los altos valores, y al presentarse puede ser de interés para su estudio y desde el punto de vista antrópico o de peligro. Los valores en una serie hidrometeorológica frecuentes o no se asocian a un nivel de proporción.

Bajo esta analogía, y según trabajos hidrometeorológicos, Martelo (2003), señala que una distribución de frecuencia va de 1 al 100%, los valores menos frecuentes se asocian a un alto valor de lluvia o asociado al nivel de agua en un curso de un río, pero tiene una probabilidad que se presente poco, igualmente los bajos registros de lluvia que se asocian al caso de este trabajo son frecuentes, y se puede señalar que su probabilidad de ocurrencia es alta.

Bajo este esquema en trabajos publicados en el ministerio del ambiente hoy ecosocialismo, como el de La Precipitación en Venezuela y su relación con el Sistema Climático de Martelo (2003), se emplea la frecuencia de ocurrencia de eventos al 25%, este indicador se refiere a los registros altos observados, pero que ocurren poco, por analogía, y dada la proporción a seleccionar, se entiende que una de cada cuatro puede ser alto o 25 eventos de cada 100 pueden ser altos a muy altos, y a su vez son muy poco frecuentes. Es así que se considera para este estudio el percentil del 25% como criterio

que permitirá el estudio del nivel de agua del río Orinoco, como elemento de análisis dado que la amenaza que presenta en la actualidad el calado del río Orinoco y las implicaciones que ellos supone.

Bajo esta consideración fueron evaluados los registros mensuales de los niveles de agua en el río Orinoco, en el punto de observación de la Palúa, para el período desde el año 1998 hasta el año 2018 (cuadro N°20).

En la distribución temporal de los niveles de agua existe una fuerte variación en el nivel de sus aguas anualmente, porque el régimen hidráulico del río tiene una relación estrecha con las dos estaciones que se registran en las regiones tropicales; las estaciones lluviosas y de sequía (Servicio de Hidrografía, Oceanografía, Meteorología, y Cartografiado Náutico (SHN), 2017).

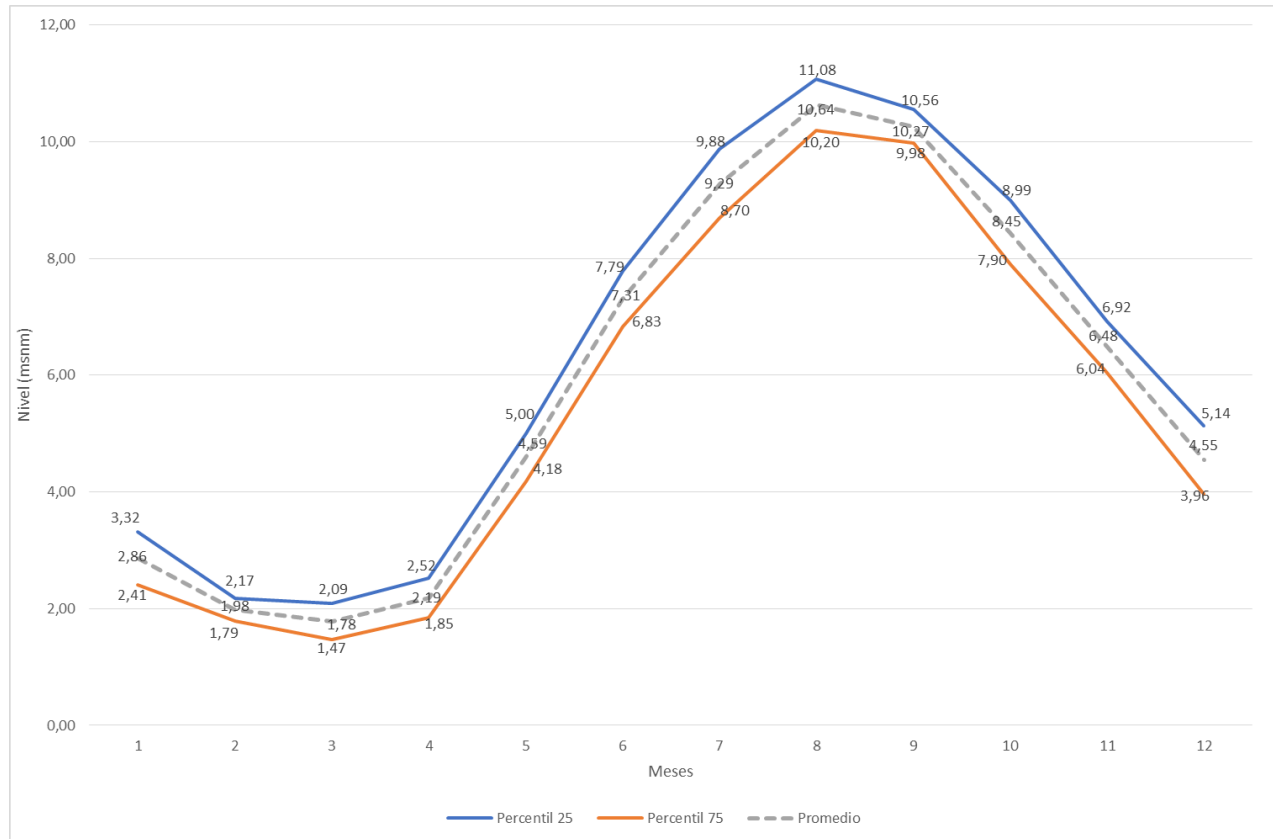
En el cuadro N°20 se observan los datos, de cada uno de los meses de la estación, ubicándose el percentil 25 entre las posiciones 5 y 7 y el percentil 75 entre las posiciones 17 y 19; están resaltados en color azul y naranja respectivamente, también en la gráfica N°22 se puede observar la distribución de los valores de ambos percentiles y el promedio; el percentil 25 presenta valores por encima del promedio, ocurre menos veces pero es más peligroso si se vincula a las actividades de los humanos. En relación con el percentil 75, estos valores son más bajos ocurre más veces, pero no pudiera representar una amenaza para la actividad del hombre.

Cuadro N°20 Distribución temporal valores mensuales de los niveles de agua (m), según percentiles del 25 y 75. Río Orinoco, estación Palúa Período 1998 – 2018, estado Bolívar

Orden	%	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	4,55%	4,31	3,20	2,76	4,05	7,22	9,09	11,04	12,03	11,54	9,73	7,81	6,53
2	9,09%	4,06	2,86	2,22	3,54	5,75	8,52	10,48	11,32	11,02	9,25	7,27	6,32
3	13,64%	3,76	2,65	2,20	2,59	5,6	8,40	10,14	11,28	10,64	9,12	7,14	5,90
4	18,18%	3,65	2,60	2,16	2,59	5,52	7,91	10,07	11,15	10,58	9,07	7,11	5,48
5	22,73%	3,36	2,23	2,13	2,58	5,36	7,89	9,99	11,13	10,57	9,02	6,96	5,38
6	<b>25%</b>	<b>3,32</b>	<b>2,17</b>	<b>2,09</b>	<b>2,52</b>	<b>5,00</b>	<b>7,79</b>	<b>9,88</b>	<b>11,08</b>	<b>10,56</b>	<b>8,99</b>	<b>6,92</b>	<b>5,14</b>
7	27,27%	3,32	2,17	2,09	2,52	5,00	7,79	9,88	11,08	10,56	8,99	6,92	5,14
8	31,82%	3,30	2,12	2,02	2,41	4,99	7,75	9,84	10,83	10,51	8,71	6,70	5,10
9	36,36%	3,28	2,06	1,96	2,39	4,94	7,34	9,82	10,82	10,48	8,60	6,65	4,89
10	40,91%	3,10	2,02	1,89	2,37	4,84	7,33	9,71	10,81	10,42	8,47	6,62	4,62
11	45,45%	3,07	1,92	1,78	2,35	4,74	7,28	9,68	10,76	10,38	8,41	6,51	4,53
12	50%	3,02	1,90	1,60	2,34	4,61	7,21	9,64	10,69	10,21	8,38	6,43	4,53
13	54,55%	2,96	1,86	1,59	2,13	4,49	7,17	9,40	10,66	10,14	8,33	6,29	4,40
14	59,09%	2,61	1,83	1,57	2,04	4,30	6,99	8,87	10,48	10,14	8,16	6,13	4,39
15	63,64%	2,45	1,81	1,51	1,97	4,23	6,98	8,79	10,38	10,08	8,04	6,10	4,31
16	68,18%	2,43	1,80	1,48	1,91	4,22	6,91	8,71	10,32	10,00	8,03	6,07	4,27
17	72,73%	2,41	1,79	1,47	1,85	4,18	6,83	8,70	10,20	9,98	7,90	6,04	3,96
18	<b>75%</b>	<b>2,41</b>	<b>1,79</b>	<b>1,47</b>	<b>1,85</b>	<b>4,18</b>	<b>6,83</b>	<b>8,70</b>	<b>10,20</b>	<b>9,98</b>	<b>7,90</b>	<b>6,04</b>	<b>3,96</b>
19	77,27%	2,41	1,65	1,47	1,80	3,88	6,10	8,48	10,05	9,79	7,80	5,93	3,86
20	81,82%	2,29	1,43	1,42	1,80	3,57	5,97	8,45	9,74	9,77	7,14	5,89	3,84
21	86,36%	2,23	1,41	1,38	1,69	3,50	5,80	8,39	9,45	9,32	7,01	5,23	3,74
22	90,91%	1,82	1,39	1,32	1,60	3,31	5,58	7,50	9,25	8,82	6,86	5,16	3,73
23	100%	1,68	1,34	1,31	1,55	3,05	4,55	7,18	8,70	8,78	6,46	4,53	2,84

Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua

Gráfico N°22 Distribución temporal valores mensuales de los niveles de agua (m) según, el Percentil 25 y 75 del Río Orinoco. Estación Palúa Período 1998 – 2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración propia con base a los datos de niveles de agua



Estos niveles de agua están relacionados con la temperatura de aire, la lluvia a gran escala regional, entre otros factores climáticos, y como se ha mencionado también al fenómeno ENSO, en esta oportunidad se toma en cuenta la anomalía ecuatorial, del índice de Oscilación Sur del cuadrante 3-4 (ver imagen N°9), área del pacífico que corresponde a los efectos de ubicación del país, estos registros fueron comparados en el mismo período de estudio desde 1998 al 2018, de cada uno de los meses de los niveles del río, y para una mejor visualización e interpretación de los datos, analizados mediante gráficas con cada uno de los niveles de agua mensual.

La Oscilación Sur se refiere a cambios en el sistema de presiones de las zonas subtropicales que afectan a la fuerza y la dirección de los vientos Alisios en el Pacífico y el fenómeno del Niño hace referencia a cambios en la temperatura superficial del agua en la zona ecuatorial del Pacífico debido a la intensificación de la corriente contraecuatorial que provoca cambios en la posición de la termoclina permanente e impide el afloramiento de aguas profundas frente a la costa occidental de Sudamérica (Instituto de Tecnologías Educativas, 2012).

En el cuadro N°21 se presenta la diferencia de temperatura en la superficie del agua ecuatorial de la Región 3.4, del período de estudio de esta investigación, estos valores fueron cotejados o comparados con el rango de intensidad del evento (cuadro N°7), y se desprende al hacer el ejercicio que existen valores entre moderada y fuerte intensidad del evento (mayo a diciembre, 1998; marzo a julio, 2015), es por ello más adelante que estos datos se correlacionaron con los datos de nivel de agua, para evaluar alguna vinculación entre el evento ENSO y el nivel de agua en el tramo Matanzas – Boca Grande.

Cuadro N°21 Anomalía Ecuatorial (°C). Índice de Oscilación Sur, cuadrante 3-4

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1998	0	0,38	0,61	1,06	<b>1,75</b>	<b>-2,16</b>	<b>-2,29</b>	<b>-2,46</b>	<b>-2,15</b>	<b>-2,35</b>	<b>-2,33</b>	<b>-2,18</b>
1999	<b>-1,8</b>	<b>1,61</b>	0,99	0,91	-0,81	-0,52	-0,64	1,21	-1,27	-1,07	-1,48	<b>-1,55</b>
2000	1,28	0,91	0,64	0,31	0,18	0,08	0,03	-0,08	-0,12	-0,37	-0,67	-0,96
2001	-0,56	0,63	0,29	0,26	0,11	0,46	-0,61	-0,12	-0,35	-0,28	0,22	0,17
2002	0,95	0,78	0,55	0,32	0,07	-0,67	-0,73	1,05	1,41	<b>1,72</b>	<b>1,58</b>	0,74
2003	-0,27	0,11	0,06	0,49	0,85	-0,13	-0,53	-0,03	-0,1	-0,34	0,54	0,17
2004	0,05	0,19	0,1	0,21	0,3	0,04	0,83	-0,78	-0,87	-0,61	-0,78	-0,79
2005	0,52	0,59	1,27	0,49	0	-0,11	-0,2	-0,42	-0,33	-0,14	-0,57	-0,74
2006	-0,97	-0,92	-0,29	0,42	0,54	-0,76	0,73	-1,05	-1,13	-0,8	-1,35	-0,86
2007	-0,46	-0,77	-0,72	-0,59	-0,58	-0,18	-0,48	-1,03	-1,03	-1,19	-1,19	-1,08
2008	<b>1,5</b>	1,2	-0,45	0,02	0,17	0,38	0,42	-0,15	-0,69	-0,48	-0,77	-1,44
2009	1,08	0,5	0,08	0,65	0,87	1,13	-1,05	-0,79	-0,76	-1,04	<b>1,75</b>	1,36
2010	1,14	1,24	0,97	0,06	-1	-1,34	-1,36	<b>-1,74</b>	<b>-1,93</b>	<b>-1,92</b>	<b>-1,64</b>	<b>-1,56</b>
2011	-1,27	0,22	0,5	0,58	0,47	0,39	-0,06	-0,54	-1,01	-1,26	-0,92	-1,07
2012	-1,17	-0,46	0	0,27	-0,47	-0,56	-0,82	-0,83	-0,36	-0,4	-0,34	0,27
2013	0,59	0,17	0,06	0,06	0,14	-0,26	-0,41	-0,32	-0,38	-0,15	-0,62	0,26
2014	0,33	0,39	1,6	1,41	0,95	0,27	-0,18	-0,39	-0,64	-0,53	-0,9	0,54
2015	0,15	0,83	<b>1,52</b>	<b>1,74</b>	<b>1,53</b>	<b>1,51</b>	<b>-1,69</b>	<b>-1,97</b>	<b>-1,8</b>	<b>-1,91</b>	<b>1,78</b>	1,2
2016	1,25	0,56	0,31	0,88	1,15	-1,05	-0,76	-0,71	-0,71	-0,92	-0,62	-0,24
2017	0,01	0,15	0,22	0,06	0,3	0,22	-0,16	-0,4	-0,79	-0,97	-0,84	0,75
2018	-0,16	0,11	0,51	0,8	0,88	-0,86	-0,81	-0,81	-0,98	-1,47	1,25	0,92

Fuente: Centro de Predicción Climática, 2023

En los gráficos N°23 y N°24 se puede observar la distribución de las 252 observaciones de los niveles de agua del tramo Matanzas – Boca Grande, y del índice de Oscilación Sur en la región 3.4 y se puede evidenciar las fluctuaciones en el período de 1998 al 2018.

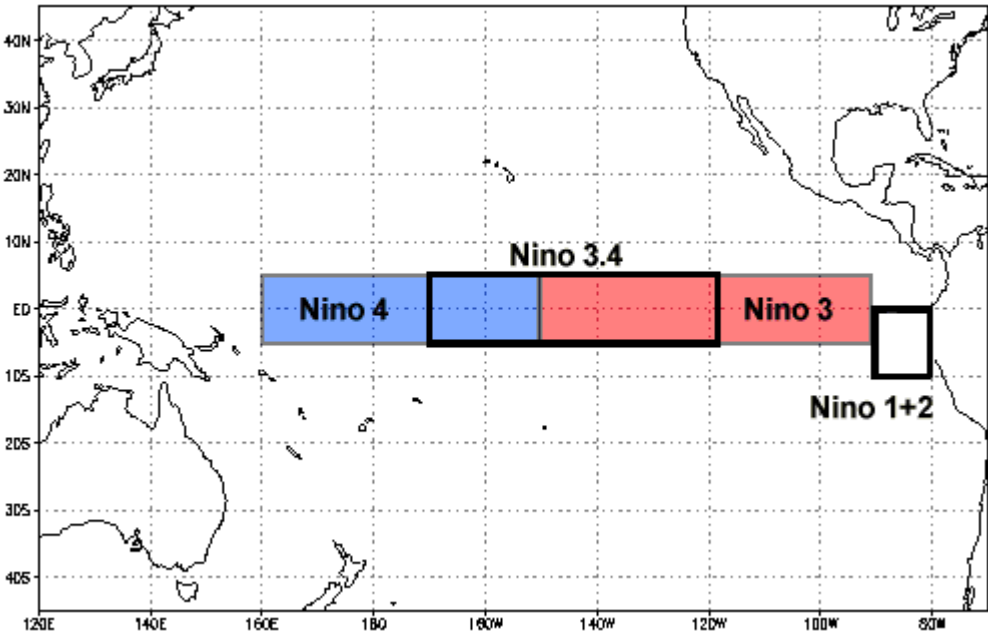
Sin embargo, en el gráfico N°25, se observa el comportamiento de ambas variables, por lo que existe un patrón altamente significativo, en donde ambos picos se unen y otros se alejan cuando el índice es menor y el nivel es alto, identificados algunos con círculo en la gráfica e igualmente existen valores no significativos, por lo que evidencia fluctuaciones en el comportamiento de las variables, pero pudiéndose inferir, que existe una relación entre índice de oscilación con respecto a los niveles del río.

Al aplicar la correlación entre los datos de la anomalía y nivel de agua, considerando cada año del período de estudio con un número de observación (N) de 252 arrojó un resultado entre temperatura y nivel de agua del río de  $r = -0,3547428$ , estadísticamente significativo. Cuando  $r$ , se encuentra entre 0,30 y 0,50 (Hernández, et. Al, 2018), existe una correlación moderada y negativa, es decir, inversa cuando una variable aumenta la otra descende, por ejemplo, al aumentar la temperatura, esta tiende a disminuir la precipitación, y trae como consecuencias niveles bajos de agua (Statistical Discovery, 2023; Hernández, et. al, 2018).

Aunque la correlación es estadísticamente significativa, se sabe que los eventos ocurridos en las cabeceras de los ríos, no se reflejan en el mismo día del evento, tomando en consideración que el área de estudio se encuentra en el bajo Orinoco, se realizó una correlación de un desplazamiento con una observación de 251 y el valor de  $r$  no presentó una variación significativa con respecto al valor anterior, es por ello que se procede a realizarla con dos desplazamientos, es decir, con un número de observación de 250, dando como resultado de  $r -0,5147687$ , ubicándose entre la categoría 0, 50 y 1 de correlación fuerte (Hernández, et. Al, 2018), es decir, que pudiera interpretarse que los efectos se presentan en varias semanas, y no al momento del

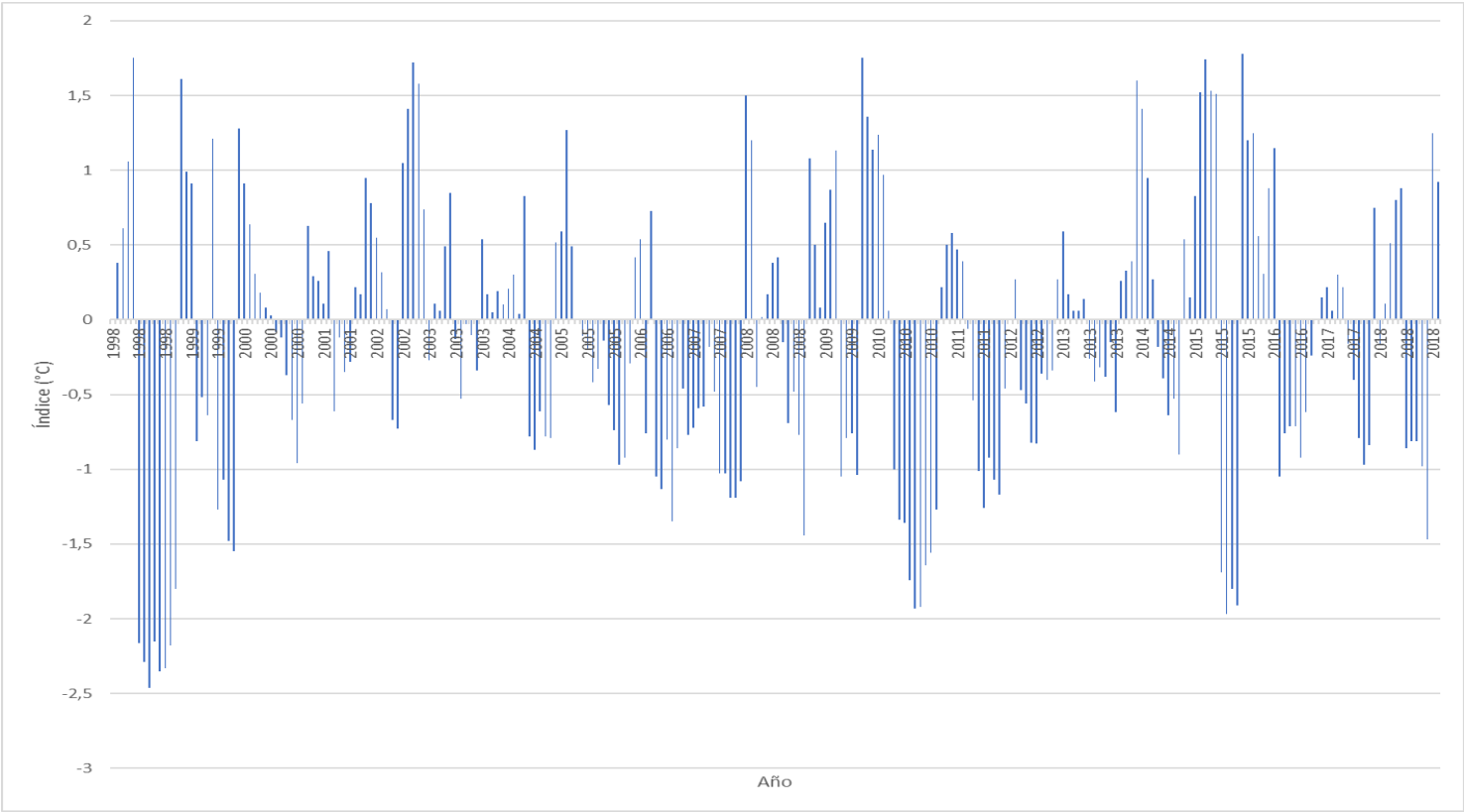
suceso, y aunado a que el área de estudio pertenece a la cuenca más grande que es la del río Orinoco, y está en el bajo Orinoco, en la desembocadura, los efectos o consecuencias de las actividades se verán reflejados después del recorrido que hacen las embarcaciones en el río.

Imagen N°9 Regiones del Niño



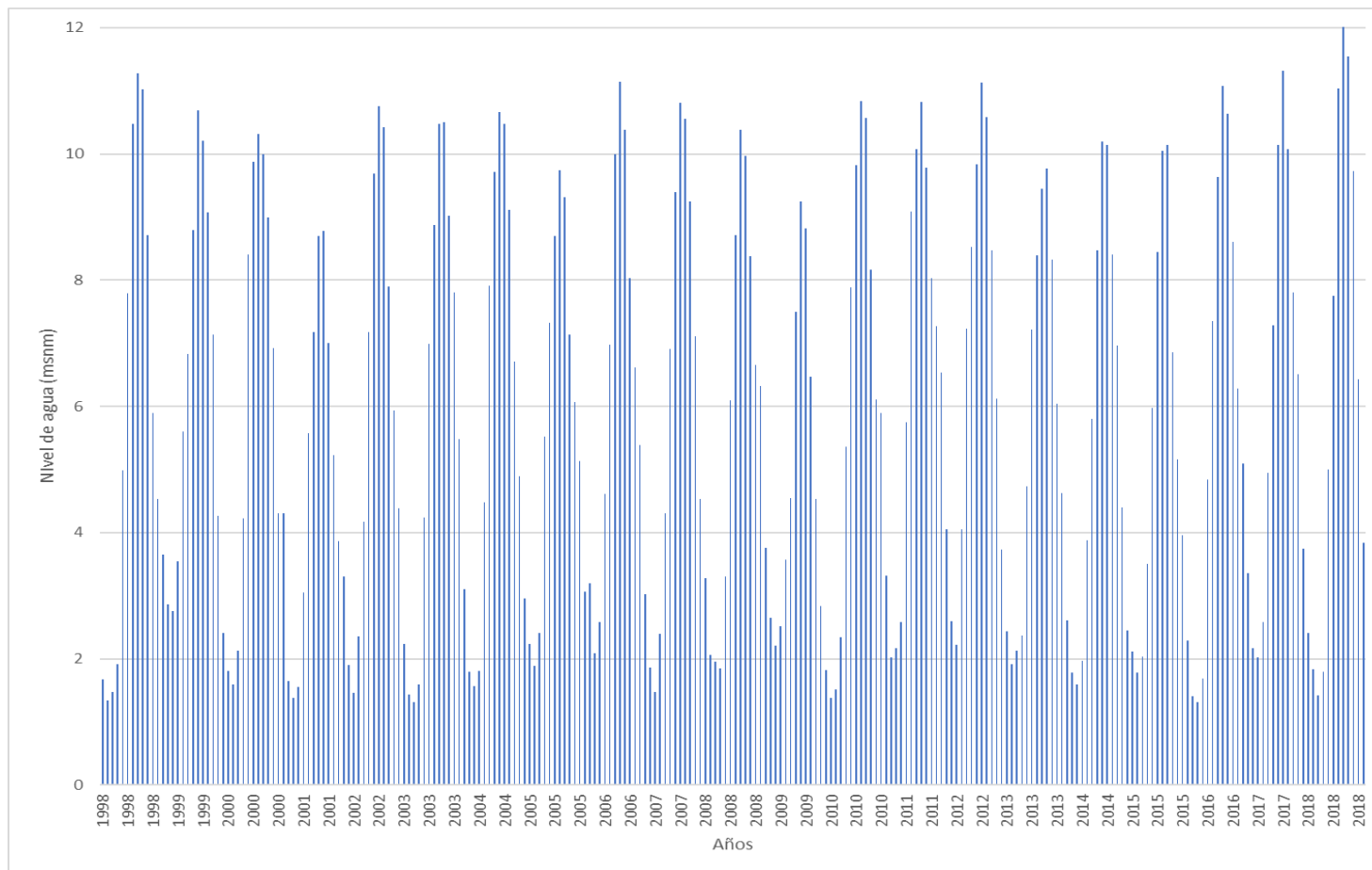
Fuente: Centro de Predicción Climática, 2023

Gráfico N°23 Distribución temporal del Índice de Oscilación Sur (mensual) período 1998 al 2018. Región 3.4



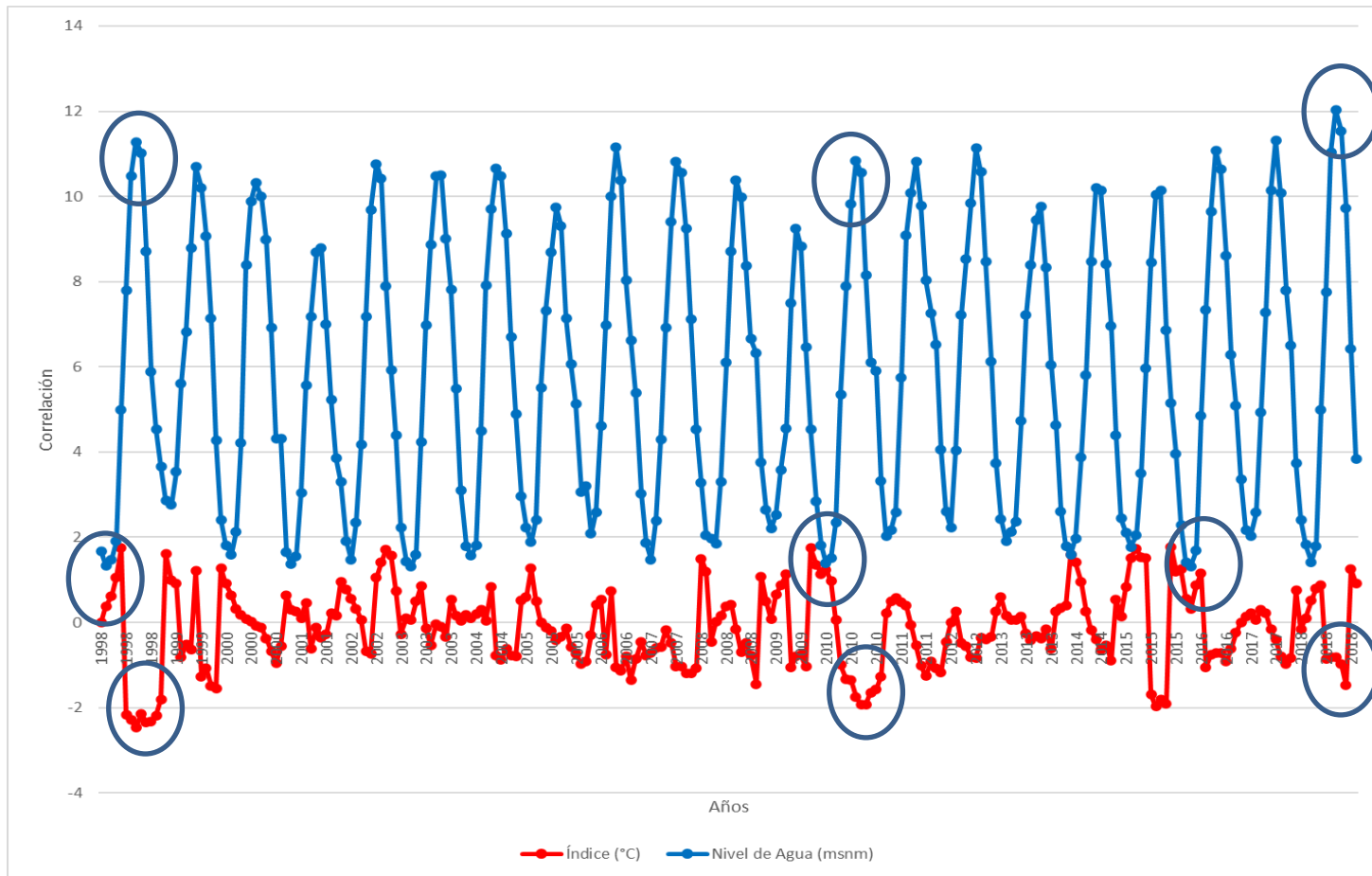
Fuente: Centro de Predicción Climática, 2022

Gráfico N°24 Distribución mensual nivel de agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande. Período de 1998 al 2018, estado Bolívar



Fuente: Instituto Nacional de Canalizaciones, 2018

Gráfico N°25 Distribución temporal entre temperatura del nivel del mar Región 3.4 (°C) y niveles de agua (m) del Río Orinoco. Estación Palúa período 1998 – 2018, estado Bolívar



Fuente: Elaboración Propia con base a los datos del índice de Oscilación Sur y el nivel de agua del río Orinoco, en el tramo Matanzas – Boca Grande

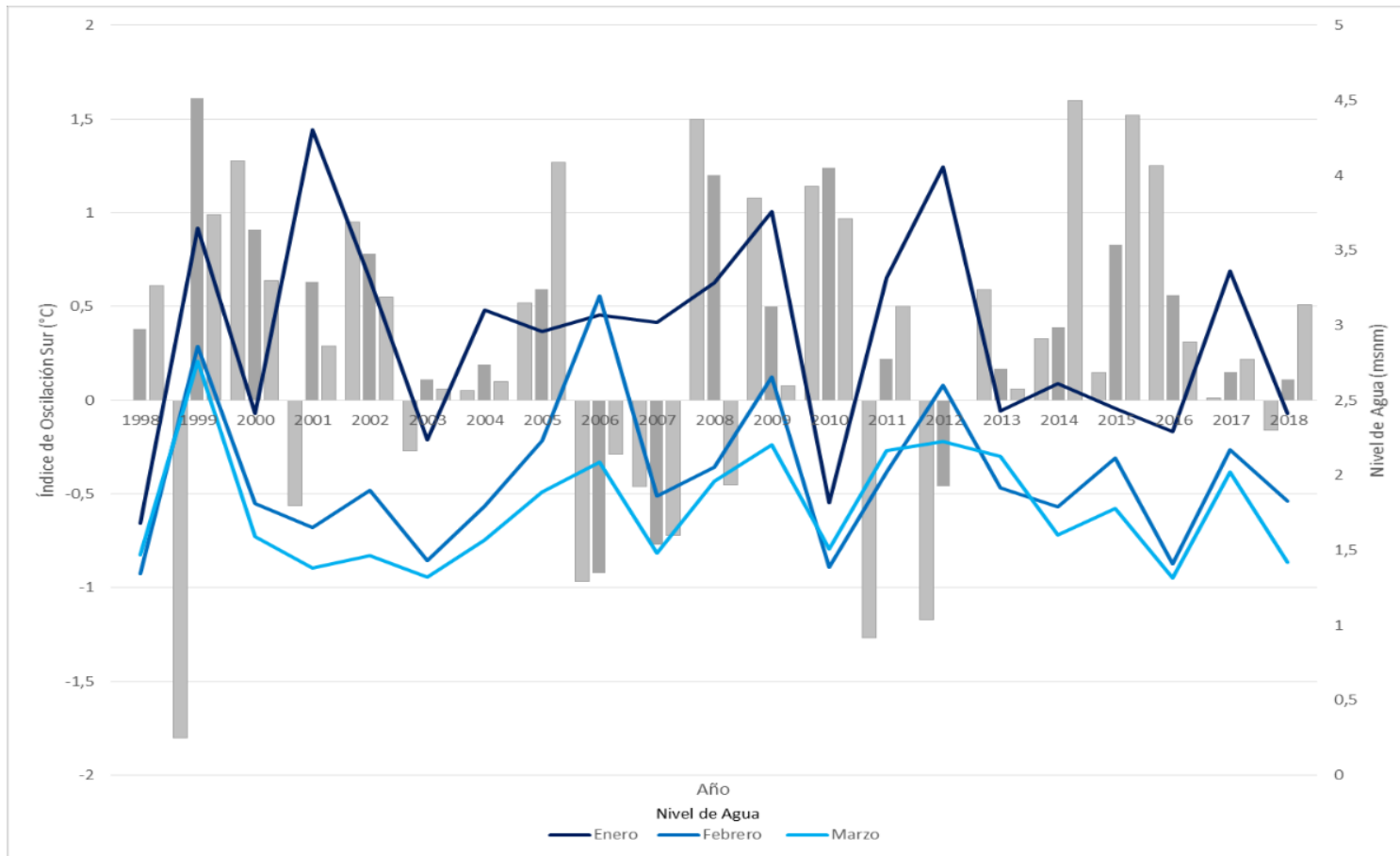
Según Rivas, (1998) en su estudio del canal de Navegación del Río Orinoco, los valores graficados con el promedio de cada año no reflejaban valores críticos que indicaran una incidencia del fenómeno ENSO, no pudiendo demostrar que este afecte o no sus condiciones históricas, sin embargo, en su estudio al colocar los niveles máximos y mínimos de toda la muestra histórica hasta los tres primeros meses de 1998, pudo constatar que existe una significativa en la disminución de los niveles del río durante los años que había presencia del evento El Niño, manifestándose en la temporada de sequía o período de aguas bajas.

Para esta investigación se procedió a evaluar la distribución trimestral del Índice de Oscilación Sur (región 3.4), y el nivel de agua del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco en el período de 1998 al 2018.

En el gráfico N°26 se muestra los primeros tres meses del año, en el que se observa la relación inversa entre la temperatura del agua de la región 3.4 y el nivel de agua del río Orinoco, algunos años son más visibles la relación, como por ejemplo el año 2010 en los tres meses están por debajo de los 2,5 metros, sin embargo el Índice de Oscilación Sur está por encima de 1°C, por lo que se infiere que la intensidad del evento fue moderado, al igual que el año 2016, sin embargo en los años 2014, 2015, la temperatura está por encima de 1,5 °C, es decir, la intensidad del evento fue fuerte, y se refleja en el mes de marzo con niveles por debajo de los 2 metros, en cambio cuando existe bajas temperaturas, el nivel de agua es mayor, ya que estas están asociadas a evento La Niña, caso de enero de 1999 que presentó una temperatura mayor a -1,5° C, es decir, una intensidad del evento fuerte, lo que pudo inferir un aumento de agua por encima de los 3,5 metros, presentándose en el año 2012, un evento similar en enero con 4 metros e intensidad del evento moderado ya que presentó temperatura por encima de -1°C, por lo que pudiera inferirse que existe la relación de ambas variables.



Gráfico N°26 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de enero, febrero y marzo, período de 1998 – 2018



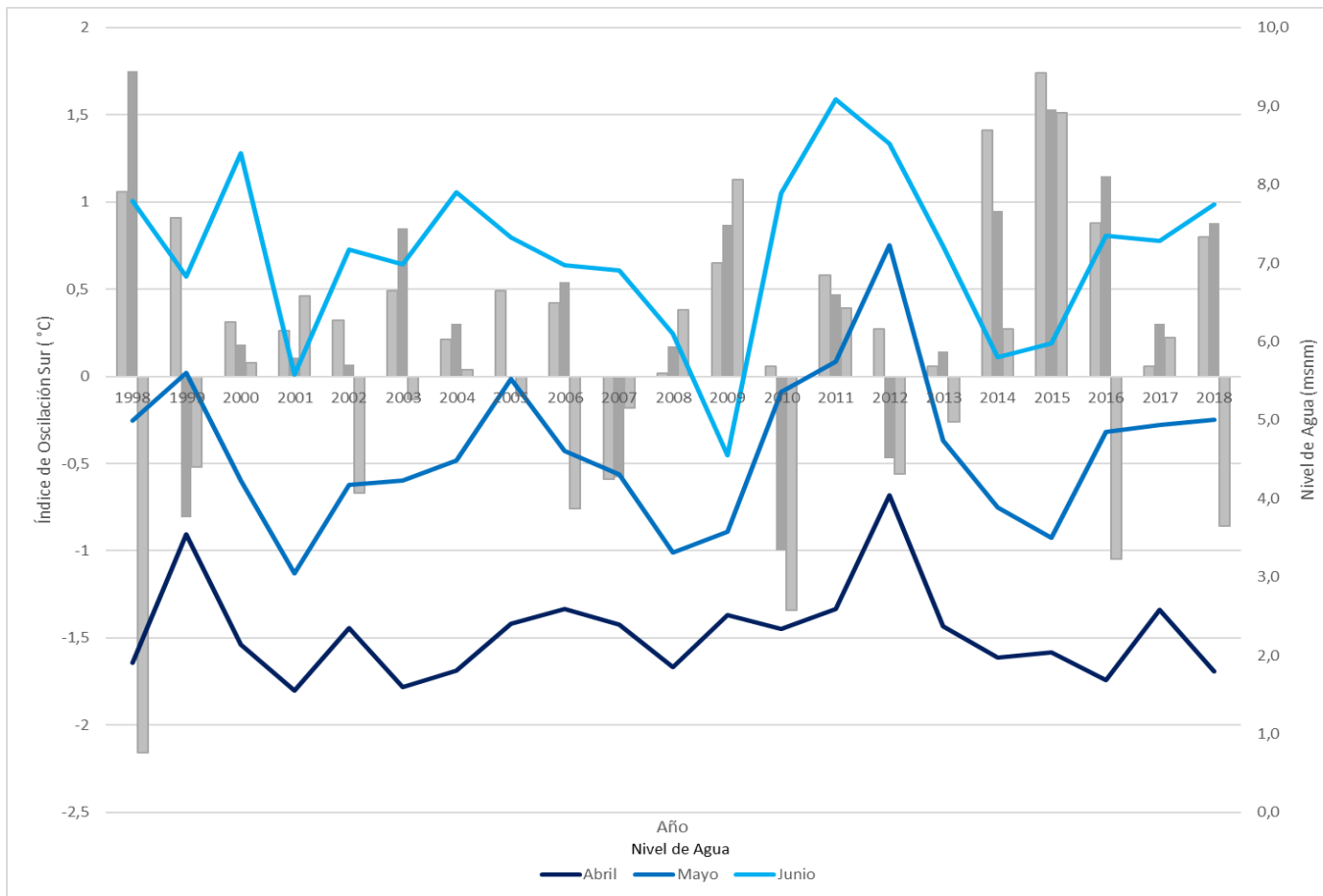
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Índice de Oscilación Sur y el nivel de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar

En el gráfico N°27 se observa el aumento progresivo del nivel de agua, esto responde a la relación con la entrada de los meses lluviosos entre mayo y junio, son los niveles más alto de la gráfica, y hay puntos clave, por ejemplo 2001 temperaturas de la superficie del agua que no superan el  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pero el nivel de agua por debajo de los 4 metros, otro caso es el año 2015 que se observa la relación inversa, con temperatura de la superficie del agua mayor a  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y niveles por debajo de los 4 metros en los meses de abril y mayo, y  $5,97\text{ m}$  en junio, sin embargo, hay puntos como el del 2009, que puede haber un ocurrido algún evento extraordinario en la zona, en el que existe una baja significativa del mes de junio durante todo el período de  $4,5\text{ metros}$ .

En el tercer trimestre del período en cuestión, con los meses de julio, agosto y septiembre, entramos a los meses con los mayores números de niveles agua, ya que es la temporada de lluvia del país, en la gráfica N°28, se puede observar el índice de oscilación del año 2010 estaban por  $-1^{\circ}\text{C}$ , los niveles de agua no superaron los 11 metros, en cambio en el 2015 se nota el mes de julio que inicia con  $8,79\text{ metros}$ , terminando el trimestre con 10 metros de profundidad, y el índice de oscilación fuerte con datos mayores a  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , mientras que otros no existen relación, como en el 2002 que presenta temperaturas de la superficie del agua por encima de  $1^{\circ}\text{C}$ , pero el nivel de agua del río, está entre los 11 y 12 metros.

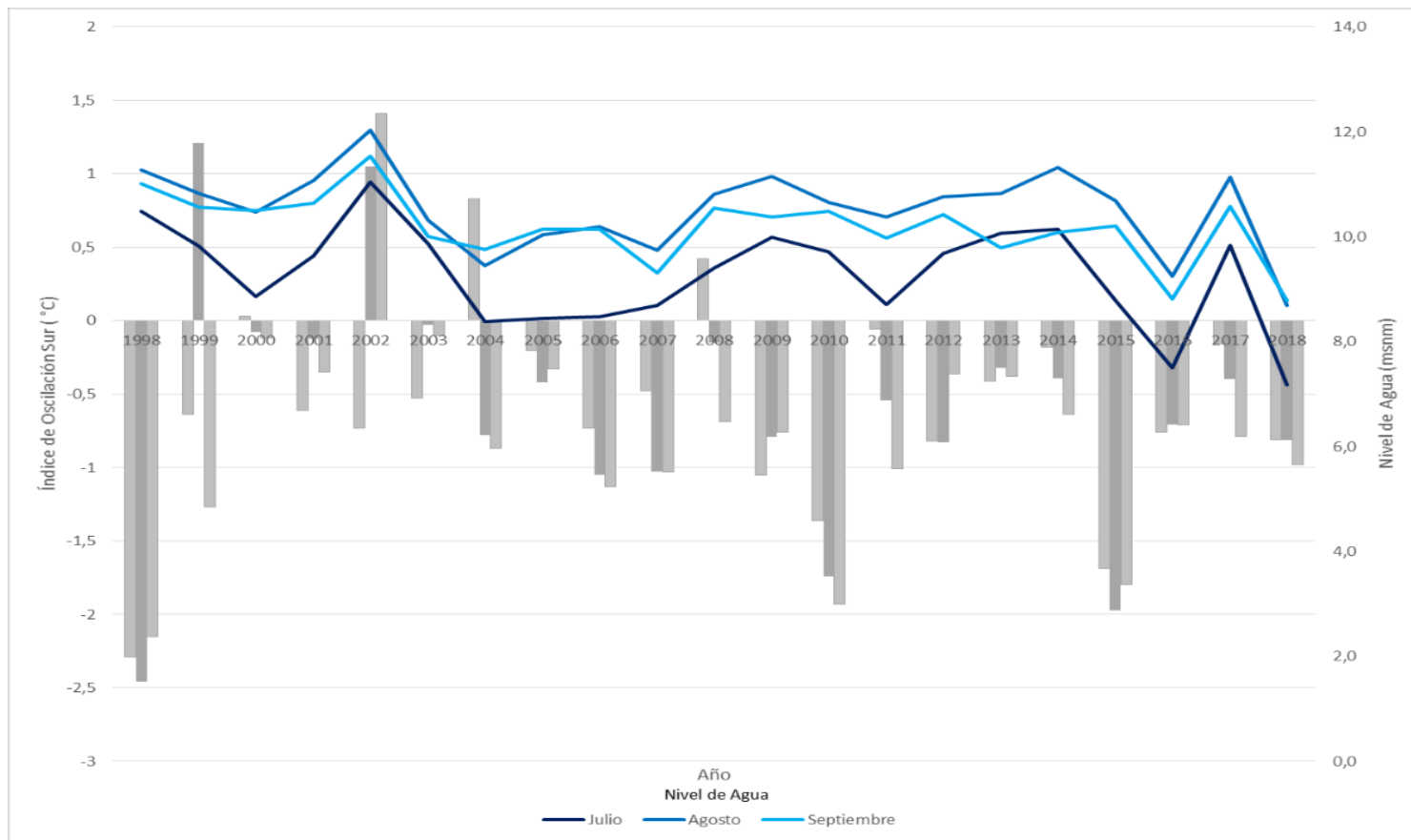
En el último trimestre del año en la gráfica N°29 con los meses de octubre, noviembre y diciembre se observa la disminución de cada uno; se tiene que en el año 1998, con una temperatura de agua de hasta  $-2,35^{\circ}\text{C}$  se infiere que la intensidad del evento es fuerte y los niveles del río, estaban entre 5 y 8 metros, sin embargo, en el 2002 con índices de oscilación por encima de  $1,5^{\circ}\text{C}$ , inicia el trimestre con  $9,73\text{ metros}$  y termina en diciembre con  $3,84\text{ metros}$ , por presentar una intensidad del evento débil por el índice de oscilación de  $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y en los años 2009 y 2015 se observa una disminución progresiva de los niveles de agua del río.

Gráfico N°27 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de abril, mayo y junio, período de 1998 – 2018



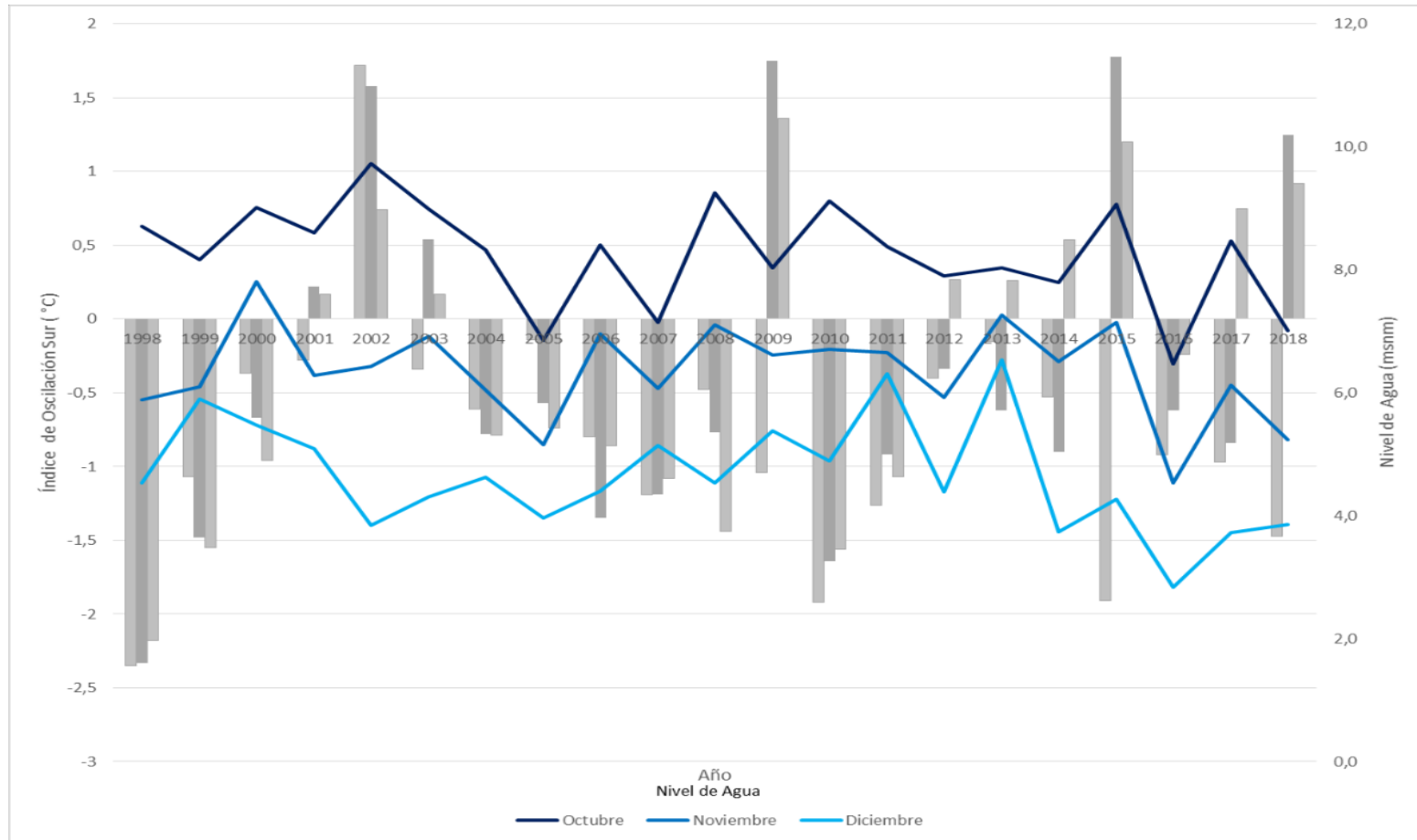
Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Índice de Oscilación Sur y el nivel de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande

Gráfico N°28 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de julio, agosto y septiembre, período de 1998 - 2018



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Índice de Oscilación Sur y el nivel de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande

Gráfico N°29 Distribución trimestral Índice de Oscilación Sur (región 3.4) y nivel del agua (m) del Tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar de los meses de octubre, noviembre y diciembre, período de 1998 – 2018



Fuente: Elaboración propia con base a los datos del Índice de Oscilación Sur y el nivel de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande

Considerando cada uno de estos trimestres de los niveles de agua del río con el Índice de Oscilación Sur, se puede inferir que existe una relación, algunas más significativas que otras entre las variables, sobre todo se puede determinar más entre el primero y último trimestre del año, ya que son considerados los meses con menor nivel de agua en el canal de navegación, por lo que su lectura es importante para garantizar la navegación, pero sobre todo entre los meses de febrero y marzo que existe una disminución del caudal y acción depositaria de sedimentos sobre el fondo, en cambio en el mes de agosto, en donde se dan los niveles máximos aumenta el canal y por ende una acción erosiva sobre el fondo (Servicio de Hidrografía, Oceanografía, Meteorología, y Cartografiado Náutico, 2017).

## 5.2 Análisis síntesis de los aspectos físicos-naturales y socio-económicos.

El análisis síntesis de los aspectos físicos – naturales y socio-económicos del tramo Matanzas – Boca Grande, se realizó con la finalidad de conocer las zonas del área de estudio susceptibles a cualquier intervención antrópica o la ocurrencia de una situación hidrometeorológica que pueda presentarse, tomando en consideración los resultados de la síntesis parcial físico – natural y la síntesis parcial socio-económica, dado que con la interacción de estas variables se pudieran orientar la identificación de zonas sensibles del área de estudio, detectar los espacios que requieran especial atención y utilizar los resultados para la medidas de protección.

La realización de esta síntesis se hizo por medio de la superposición de los mapas de síntesis parcial físico- natural, el de síntesis parcial socio-económica (cuadro N°22) y además se tomó en cuenta el comportamiento del nivel de agua del período de 1998 al 2018, por lo que se puede inferir que el tramo Matanzas – Boca Grande, puede presentar diversas condiciones, que logran verse afectadas por cambios realizados por el hombre o por efecto de la naturaleza; para ello se consideró al momento de realizar la superposición de los mapas los rangos cualitativamente del mapa síntesis, quedando la clasificación de cinco categorías de la siguiente manera: muy alta sensibilidad físico – natural con baja sensibilidad socioeconómica; alta sensibilidad físico – natural con moderada sensibilidad socio-económica; moderada sensibilidad físico-natural con baja sensibilidad socio-económica; mediana sensibilidad físico – natural con alta sensibilidad socio – económica; mediana sensibilidad físico – natural con muy alta sensibilidad socio económica (mapa N°15 síntesis).

Cuadro N°22 Criterios de evaluación para el análisis síntesis de los aspectos físico-naturales y socio-económicos del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, estado Bolívar

Síntesis
Geomorfología
Litología
Elementos climáticos
Hidrografía
Suelo
Vegetación
Población
Vialidad y Transporte
Servicios Básicos
Actividad económica

Fuente: Elaboración propia

En el mapa síntesis se puede observar la clasificación de **muy alta sensibilidad físico-natural con baja sensibilidad socio-económica**, categorías que se encuentran al este del área de estudio, entre los sectores de Araguaito y Boca Grande, con una superficie de 1.625 km<sup>2</sup> debido a que es una zona con excesivas restricciones por su composición física y la ubicación en el estado Bolívar de la Sierra de Imataca, además de ello los sectores dentro de esta clasificación, presentan problemas de profundidad por difluencia de caudales, estrechamiento por movimiento de barra lateral y afloramiento rocoso, problemas por efecto de represamiento en desembocaduras de ríos afluentes (Caura, 1994), pero no obstante se considera de baja sensibilidad socio-económica por el hecho de ser una zona de baja densidad de población y bajo acceso de comunicación, esta clasificación representa el 63,55 %.

La **alta sensibilidad físico – natural con moderada sensibilidad socio-económica**, se puede observar entre los sectores de Ya-Ya, Barrancas y Guarguapo en ambas riberas del río Orinoco, esta área presenta una sensibilidad físico – natural alta, donde se encuentran los llanos orientales, áreas de bosque, matorrales, aluviones, y estos sectores presentan problemas de sedimentación por desembocadura de ríos afluentes, poca profundidad por la difluencia aguas arriba del río Orinoco (Caura,1994), sin embargo es considerada de moderada sensibilidad socio-económica



por su cercanía a los principales centros poblados de la zona y mayores vías de comunicación, ya que también se encuentra en la ribera norte del río Orinoco entre los sectores de Matanzas y Los Castillos, los cuales tienen problemas igualmente de profundidad y ensanchamiento del canal sobre todo en los sectores de Aramaya y Los Castillos, abarcando una superficie de 529 km<sup>2</sup>, lo que representa el 20,68 %, sin embargo en los extremos de esta categoría, se observa pequeñas porciones de la categoría de **moderada sensibilidad físico-natural con baja sensibilidad socio-económica**, con una superficie de 12 km<sup>2</sup> ya que presenta las mismas condiciones físicas, pero con una baja sensibilidad socio-económica, al encontrarse más alejado de la ribera del río y de los centros poblados, lo que representa el 0,45 % del área.

En la ribera sur del río Orinoco, se encuentran dos categorías más, la de **mediana sensibilidad físico-natural con alta sensibilidad socio-económica**, al oeste, en los sectores de Los Castillos y parte del sector Aramaya, los cuales como se mencionó tienen problemas de profundidad, por difluencia aguas arribas del río y ensanchamiento del canal (Caura,1994) y es un área con ligeras restricciones, ya que ha sido mayormente intervenida, es por ello que posee una alta sensibilidad socio-económica, ya que se encuentran las principales vías de comunicación para ciudad Guayana, Puerto Ordaz, Purga y Sierra de Imataca, con una superficie de esta categoría de 148 km<sup>2</sup> lo que representa el 5,77 %, por último está la categoría de **mediana sensibilidad físico-natural con muy alta sensibilidad socio-económica**, los cuales los sectores de esa área como son Matanzas, San Félix y parte de Aramaya, presentan problemas de profundidad por estrechamiento del canal por afloramiento rocoso, difluencia aguas arriba y aproximación a puerto (Caura,1994), pero es de muy alta sensibilidad socio-económica, porque es el área donde se encuentra las ciudades de Puerto Ordaz, Ciudad Guayana y San Félix, que abarcan la mayoría de la población del área de estudio, así como las principales empresas, actividad económica de la zona, principales puertos y vías de comunicación para conectarse con el norte del país, posee una superficie de 244 km<sup>2</sup>, lo que representa el 9,54 %.

Por lo antes expuesto se pudo conocer las áreas sensibles del tramo Matanzas – Boca Grande, que por sus condiciones físicas naturales y socioeconómicas es variante a lo largo de la zona, por su grado de sensibilidad, pero sobre todo a lo largo del canal de navegación se presentan problemas de profundidad que varía según su distribución y ancho del río, sirviendo esta información para la toma de decisión de las áreas de principal interés, ya que los cambios naturales son los más relevantes, porque permanentemente ocurren procesos de formación, socavación de fondo, desplomes de riberas, procesos de ascenso y descenso de caudales, que producen aumentos y disminución en la carga de sedimentos (Caura, 1994).

### 5.3 Implicaciones físico-naturales y socio-económicas, propuestas para mitigar las implicaciones negativas que generará los niveles extremos de agua en el Tramo Matanzas – Boca Grande

Aunque se ha inferido en esta investigación que hay relación entre el Índice de Oscilación Sur y los niveles de agua del río, por ende se esperaría afectaciones en el área de estudio, por otra parte se debe considerar que la situación del cambio climático a nivel mundial es cambiante, dado que las emisiones siguen y la temperatura del aire de la Tierra es 1,1°C más elevada que a finales del siglo XIX (Naciones Unidas, 2020), entonces traerán como consecuencias sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, disminución de la biodiversidad, entre otros.

El río Orinoco tiene una gran cantidad de afluentes, no solo del territorio venezolano, sino también del colombiano, que pueden afectar el ciclo hidrológico natural, como lo pueden ser las inundaciones de los márgenes del río y zonas aledañas, formando terrazas fluviales, por crecidas extremas, ello significaría entre otras el aporte mayor de sedimentos y escombros que pueden afectar el tránsito en el canal, aumento en la velocidad del río, de las embarcaciones al tener mayor profundidad, afectaciones a los centros poblados.

Sin embargo, en el caso de una disminución de los niveles de agua del río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande, por la reducción de lluvias que generarían sequías prolongadas; entonces puede implicar afectaciones en el caudal, por la disminución de los aportes de los ríos de la cuenca del Orinoco, de la velocidad del río y aumento de la deposición de sedimentos en el fondo, formando nuevas islas o bancos de arena, esto se transformaría en una afectación en la navegación regular, para este caso se transforma en reducir los calados autorizados, incrementando el número de viajes para el traslado de mercancía, por ende se verá reflejado el aumento del costo de los usuarios por el uso del canal, aumento en la actividad de dragado y restricciones del tiempo de navegación, principalmente para las empresas que hacen uso del mismo para el transporte de mercancía y materia prima, como por ejemplo la CVG Ferrominera, Sidor, Maderas del Orinoco, entre otros (INC, 2012).

Así mismo, la disminución de los niveles de agua, no solo trae consecuencias al transporte fluvial, sino también afecta las condiciones normales del confort para el desarrollo de plantas, animales y para los centros poblados, perímetros urbanos de la zona, con el abastecimiento de agua potable, la generación de electricidad, pérdidas de producción, teniendo una repercusión nacional como internacional, al dejar de exportar y el tener que importar algunos productos, por ende el aumento del transporte fluvial (cuadro N°23)

Estas implicaciones en el río Orinoco en el tramo Matanzas – Boca Grande, se ven marcadas con un evento intenso del fenómeno, en el que se vea reflejado una reducción del mismo en el período de aguas bajas, perjudicando los requerimientos para una navegación segura y los requerimientos de calado para la navegación en algunas zonas del canal.

Es por ello que con base a las implicaciones de los niveles extremos de agua del tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, se le asignó un valor considerando la probabilidad de que el evento se presente; la intensidad con que se pueda manifestar en

el sitio; reversibilidad, es decir, la capacidad de retornar a la situación original; extensión de la influencia espacial del evento; duración, el tiempo que se demora en manifestarse, esto tomando en consideración las actividades hidrometeorológicas, es decir, disminución de la temperatura, aumento del nivel de agua y aumento de la temperatura, disminución del nivel de agua.

Todas las implicaciones socioeconómicas y físico-naturales se integraron y de acuerdo a sus características se le asignó un valor para los indicadores entre fuerte (10) moderado (5) y leve (2) (Hidroambiente, 2017), definiéndose así cuatro (4) categorías baja, media, alta y muy alta, con el fin de sintetizar las zonas o sectores de navegación que tengan mayor o menor impacto de los niveles extremos de agua en el tramo Matanzas – Boca Grande (cuadro N°24).

En los cuadros N°25 y N°26 se muestra la evaluación que se realizó considerando los impactos descritos en el cuadro N°23, que al compararlo con el rango de categorías se obtuvo los diferentes niveles para cada uno y tomando en consideración las características físicas y sociales estudiadas, los niveles de agua, las implicaciones de los niveles extremos de agua y las características de los sectores por su material, condiciones y el volumen programado de dragado que considere el Instituto Nacional de Canalizaciones, se elaboró un mapa de las implicaciones de los niveles extremos de agua según los sectores del canal de navegación del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande

Cuadro N°23 Implicaciones de los niveles extremos de agua en el río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande período 1998 – 2018, estado Bolívar

Variable Actividad	Geomorfología	Litología	Elementos climáticos	Hidrografía	Suelo	Vegetación	Población	Vialidad y transporte	Servicio Básico e Infraestructura	Actividades Económica	
Disminución de la temperatura, aumento del nivel de agua	Formación de nuevas terrazas aluviales	Mayor número de sedimentos	Variación brusca de la temperatura	Aumento del caudal	Saturación del nivel freático del suelo	Inundación	Damnificados por afectación de infraestructura	Destrucción de las vías de comunicación	Inseguridad alimentaria	Afectación de cultivos y actividades diarias	
	Arrastre de nuevos sedimentos		Disminución de la temperatura	Supera las cotas críticas de desbordamiento			Afectación de especies	Incomunicación a otros centros poblados	Limitación en la comunicación		Afectación de la infraestructura
				Aumento de la velocidad del río							
Aumento de la temperatura, disminución del nivel de agua	Cambios en la morfología del río	Aumento en la deposición de sedimento en el fondo del río	Aumento de la temperatura	Disminución del caudal	Desecación de los suelos	Incendios forestales	Afectación de la fuentes naturales	Disminución de la frecuencia de los viajes por vía fluvial	Afectación en los servicios de agua potable y electricidad	Pérdida de producción	
	Formación de nuevas islas y banco de arenas		Alta evaporación y evapotranspiración	Disminución de la velocidad del río				Afectación de especies	Problemas de maniobrabilidad y manejo de buques	Reducción del calado autorizado	Aumento de la actividad de dragado
										Aumento de la tasa por uso del canal	

Fuente: Elaboración propia, con base a las implicaciones del Índice de Oscilación Sur

Cuadro N°24 Rango de las categorías de impactos

Categoría	Rango
Baja	2 -4
Media	4 - 6
Alta	6 - 8
Muy Alta	8 - 10

Fuente: Elaboración propia

El rango de muy alto se encuentra a lo largo del tramo del área estudio, se ubica al este en el sector Boca Grande, área de desembocadura del río al Atlántico, las corrientes son más fuertes por la unión del océano con el río, y el sector Guasina, el cual posee dos área de descargas de sedimentos, resultado del dragado; al oeste se encuentran los sectores Ya-Ya, Guarguapo, Aramaya, San Félix y Matanzas coincidiendo con las zonas de dragado y las áreas de descarga designada para la deposición de los sedimentos; en el rango de alto, al este se encuentra el sector Curiapo, al oeste los sectores Araguaito, cercano al centro poblado El Consejo y el sector Barrancas, estos se caracterizan por las curvaturas y estrechamiento del canal; el rango de medio se ubica al oeste con los sectores Sacupana y Los Castillos; por último el rango bajo, al este los sectores de Noina, Imataca, Remolino, Paloma y al oeste el sector Portuguesa (mapa N°16 implicaciones).

Debido que lo niveles extremos de agua son efectos de la naturaleza y que de alguna manera no se pueden evitar, pero si mitigar las implicaciones negativas que generará en el tramo Matanzas - Boca Grande, ya que es de gran interés regional, nacional e internacional, debido a que es uno de los principales canales de navegación del país, no se puede limitar su actividad económica diaria, por lo que es necesario:

- Contar con un sistema de monitoreo en los sitios estratégicos de la cuenca del río Orinoco, que ayudará a profundizar los análisis a lo largo de todo el río, para determinar las zonas vulnerables.

- Reactivar las estaciones telemétricas a lo largo del canal, que tomen las mediciones diarias en tiempo real, para la toma de decisiones.
- Conexión entre las principales instituciones del país, como en el caso del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), Corporación Venezolana de Guyana (CVG), Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC) y con los organismos internacionales que monitorean los fenómenos climáticos, esto ayudará en la planificación del Plan Nacional de Dragado y en la actuación preventiva para el uso del canal
- Crear un Plan de Contingencia a aplicar en los años de presencia del Índice de Oscilación Sur.
- Monitoreo a lo largo del río Orinoco para conocer el caudal y la sedimentación del río.
- Recolectar y evaluar la data diaria de los niveles del agua, con la precipitación para un análisis más detallado de las implicaciones del Índice de Oscilación Sur.

Estas mitigaciones se plantean en su mayoría para la cuenca del río Orinoco, ya que el comportamiento y la situación del tramo Matanzas – Boca Grande dependerá de la situación general de la cuenca, por lo que también es necesario una relación estrecha con la República de Colombia, para el monitoreo de los comportamientos de los ríos tributarios del Orinoco.

Cuadro N°25 Clasificación de los impactos físico-naturales del tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar

Actividad	Implicaciones	Probabilidad	Intensidad	Extensión	Reversibilidad	Duración	Puntaje	Clasificación
Disminución de la temperatura, aumento del nivel de agua	Formación de nuevas terrazas aluviales	10	5	10	10	10	9	Muy Alta
	Arrastre de nuevos sedimentos	10	10	10	5	5	8	Alta
	Mayor número de sedimentos	10	5	10	5	5	7	Alta
	Variación brusca de la temperatura	5	5	10	5	5	6	Meda
	Disminución de la temperatura	2	5	10	2	5	4,8	Media
	Aumento del caudal	5	10	10	2	5	6,4	Alta
	Supera las cotas críticas de desbordamiento	5	5	10	5	5	6	Media
	Aumento de la velocidad del río	10	10	10	5	5	8	Alta
	Saturación del nivel freático del suelo	5	5	10	5	5	6	Media
	Inundación	10	5	10	5	5	7	Alta
Aumento de la temperatura, disminución del nivel de agua	Afectación de especies	5	5	10	5	5	6	Media
	Cambios en la morfología del río	10	5	10	5	5	7	Alta
	Formación de nuevas islas y banco de arenas	10	5	10	5	10	8	Alta
	Aumento en la deposición de sedimento en el fondo del río	10	10	10	5	5	8	Alta
	Aumento de la temperatura	5	10	10	5	10	8	Alta
	Alta evaporación y evapotranspiración	10	10	10	5	10	9	Muy Alta
	Disminución del caudal	10	10	10	5	5	8	Alta
	Disminución de la velocidad del río	10	10	10	5	5	8	Alta
	Desecación de los suelos	5	5	5	5	5	5	Media
	Incendios forestales	10	10	5	5	10	8	Alta
Afectación de especies	5	5	10	5	5	6	Media	

Fuente: Elaboración propia



Cuadro N°26 Clasificación de los impactos socio-económicos del tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar

Actividad	Implicaciones	Probabilidad	Intensidad	Extensión	Reversibilidad	Duración	Puntaje	Clasificación
Disminución de la temperatura, aumento del nivel de agua	Dañificados por afectación de infraestructura	10	10	5	2	10	7,4	Alta
	Incomunicación a otros centros poblados	5	5	5	2	2	3,8	Baja
	Afectación de la fuentes naturales	5	5	10	5	2	5,4	Media
	Dstrucción de las vías de comunicación	10	5	5	2	5	5,4	Media
	Limitación en la comunicación	5	5	5	2	5	4,4	Baja
	Inseguridad alimentaria	5	5	5	2	5	4,4	Baja
	Afectación de la infraestructura	10	10	5	2	10	7,4	Alta
Afectación de cultivos y actividades diarias	10	10	10	5	5	8	Alta	
Aumento de la temperatura, disminución del nivel de agua	Afectación de la fuentes naturales	5	5	10	5	2	5,4	Media
	Disminución de la frecuencia de los viajes por vía fluvial	10	10	10	5	5	8	Alta
	Problemas de maniobrabilidad y manejo de buques	10	5	5	2	5	5,4	Media
	Afectación en los servicios de agua potable y electricidad	10	10	10	5	5	8	Alta
	Reducción del calado autorizado	10	10	10	5	10	9	Muy Alta
	Pérdida de producción	10	5	10	5	5	7	Media
	Aumento de la actividad de dragado	10	10	2	5	5	6,4	Media
Aumento de la tasa por uso del canal	10	5	5	2	2	4,8	Baja	

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

El Orinoco es un río con un fondo inestable que se modifica de acuerdo con el régimen del río, ya que cuando el río comienza a subir de nivel, existe un mayor aporte de sedimento, en cambio cuando desciende el nivel, desciende el caudal y disminuye la velocidad del río, lo que facilita la deposición de los materiales.

Según Umpiérrez (2016), existen eventos extremos y cambios del clima, que suelen ser inusuales, haciendo padecer a una región de grandes inundaciones y fuertes sequías, que no dan tiempo de adaptación, y esta frecuencia e intensidad en los últimos años de los eventos meteorológicos, son más evidentes, los cuales afectan la infraestructura urbana, las diferentes actividades económicas y en lo que hemos estudiado en este proyecto en la navegación segura en un canal.

El fenómeno ENSO de variabilidad climática, produce efectos distintos e impredecibles, en las diferentes regiones del mundo, causados por la elevación o disminución de la temperatura promedio del océano Pacífico ecuatorial (Martínez y Poveda, 2011).

Se caracterizó la zona en función a los objetivos planteados, en los aspectos físico como la geomorfología, hidrografía, suelo, vegetación y elementos climáticos, en los aspectos socioeconómicas como la distribución espacial, actividades económicas, servicios básicos, proyectando los datos y considerando las condiciones políticas y sociales que ha presentado el país en los últimos doce años, permitieron identificar las áreas más relevantes de la zona, como el tipo de vegetación presente, las formaciones y regiones geomorfológicas, la litología, la hidrografía que drena en el área de estudio, el material de fondo del río Orinoco, así como la distribución de la población, empresas que hacen vida en el área y el tipo de actividad; la determinación de estos aspectos, se hizo de acuerdo a los parámetros para la superposición de todos

los elementos y obtener la síntesis parcial de cada uno, para establecer las zonas o áreas más susceptibles al momento de la ocurrencia de un evento natural o antrópico.

Los aspectos metodológicos empleados en esta investigación permitieron evaluar el comportamiento del río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande durante el período de 1998 -2018, con la visualización de los puntos extremos de nivel de agua, los estadísticos aplicados, los datos del Índice de Oscilación Sur, región 3.4, que intervienen en Venezuela, fueron útiles para recolectar el mayor número de datos y así obtener, clasificar y procesar la información, logrando adquirir un conocimiento más amplio de las implicaciones en el área de estudio.

Es por ello que para el período de estudio de 1998 al 2018 de esta investigación, existe un efecto del fenómeno ENSO, y al realizar la correlación se pudo constatar que existe una situación inversa fuerte de los niveles de agua del tramo Matanzas – Boca Grande, con el Índice de Oscilación Sur de la región 3.4, por lo que pudiera inferirse una incidencia en la disminución de los niveles y caudales del río sobre todo en el período de sequía del país, también conocido en hidrología en períodos de aguas bajas.

Las implicaciones de los niveles extremos de agua, tienen mayor repercusión en los niveles bajos de agua, ya que trae como consecuencias la disminución del calado autorizado, por lo que se deberá aumentar el número de viajes de carga según sean las necesidades, pero esto trae también un aumento de los volúmenes de dragado, por lo que es necesario una buena planificación para los años que sean considerados sequías extremas, para la disminución de los gastos de mantenimiento del canal, porque se incrementa la acumulación de sedimento por la disminución de los aporte de los ríos de la cuenca.

Al afectar la navegación del canal en el tramo Matanzas – Boca Grande del río Orinoco, esto se verá reflejado en las actividades económicas de la región y del país, ya que es de uso constante por los usuarios exportadores de materia prima, como lo son

los principales minerales del sur de Bolívar, ganadería, madera, entre otros, aumentando el costo de los productos.

Estas implicaciones han ocurrido en el pasado, según la CAF, (2005), en el que una serie histórica desde 1943, durante los años de ocurrencia del fenómeno El Niño, concluyen que los años en donde se presenta el fenómeno con mayor intensidad, ha existido una reducción importante de los niveles del río, sobre todo en los meses de niveles de aguas bajas, pero las variaciones climáticas de 1997 – 1998, representaron la disminución del caudal a valores mínimos, registrados en 49 años, que tuvo grandes repercusiones y preocupaciones al país, por las afectaciones de este fenómeno.

Es por ello que es importante plantearse un monitoreo de la cuenca del río Orinoco, ya que esta es necesaria para la planificación y la toma de decisiones, para cualquier evento extremo, que pueda variar las actividades diarias del canal de navegación y de la zona, ya que Venezuela no escapa de ser afectado por eventos extremos y lo mejor es estar preparados para ello para dar una buena respuesta a los usuarios y ciudadanos del país.

## Referencias Bibliográficas

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (5ª ed.), Caracas – Venezuela: Episteme.

Boletín FAL. (2016) *Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y El Caribe*. Edición N° 346 número 2/ 2016 CEPAL. [Documento en línea]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40177/1/S1600366\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40177/1/S1600366_es.pdf). Consultado: 7/12/2019

Castellano, H., (2004). Plan para el desarrollo sostenible de la región Orinoco-Apure. Cuadernos del CENDES, 21(55), 149-154. Caracas: CENDES.

Castells, X. y Bordas, S. (2012) *Energía, Agua, Medioambiente, Territorialidad y Sostenibilidad*. [Documento en línea]. Disponible en: [https://books.google.co.ve/books?id=\\_GL\\_W-seakgC&pg=PA264&dq=r%C3%Ado+orinoco+y+cambio+climatico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6h\\_zS-eHjAhXLmVkKHTUPDxkQ6AEINzAD#v=onepage&q=r%C3%Ado%20orinoco%20y%20cambio%20climatico&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=_GL_W-seakgC&pg=PA264&dq=r%C3%Ado+orinoco+y+cambio+climatico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6h_zS-eHjAhXLmVkKHTUPDxkQ6AEINzAD#v=onepage&q=r%C3%Ado%20orinoco%20y%20cambio%20climatico&f=false). Consultado: 15/11/2019

Caura. (1994). *Estudio de Impacto Ambiental Dragado del Río Orinoco-Tramo Matanzas – Boca Grande* (pp. 13-15). Caracas: Caura.

Centro de Predicción Climática. (2022). El niño – Southern Oscillation (ENSO). [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/Cwlink/MJO/enso.shtml> Consultado: 20/03/2022

Centro de Predicción Climática. (2023). Monitoring & Data [Página web en línea] Disponible en: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/ctb/> Consultado: 18/06/2023

Cilento, N. (2008). Estado Anzoátegui. *Geografía de la división político territorial del país*. (pp. 240 – 343). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Comité Regional de Recursos Hidráulicos. (2019). El Niño Oscilación del Sur (ENOS). [Documento en línea] Disponible en: [https://centroclima.org/wp-content/uploads/2019/02/El\\_Ni%C3%B1o\\_febrero\\_2019.pdf](https://centroclima.org/wp-content/uploads/2019/02/El_Ni%C3%B1o_febrero_2019.pdf) Consultado 14/05/2022

Córdova, J., González, M. (2015). La geografía del Agua. *Agua en Venezuela: una riqueza escasa* (pp. 109 – 120). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Corporación Andina de Fomento (CAF). (2005). *Las lecciones de El Niño – Venezuela* [Documento en línea]. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril-Mayo2005/CD1/pdf/spa/doc15908/doc15908-3.pdf> Consultado 7/10/2022

Corporación de Radio y Televisión de Turquía (TRT español). (2016). Colombia y Venezuela entre los países más afectados en Suramérica por El Niño [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.trt.net.tr/espanol/ciencia-y-tecnologia/2016/07/05/colombia-y-venezuela-entre-los-paises-mas-afectados-en-suramerica-por-el-nino-521626> Consultado 14/2/2023

Corvo, H. (2018). *Transporte Fluvial: Características, Ventajas y Desventajas*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/transporte-fluvial/> Consultado: 8/02/2020

Cueto, M. (1998). *Evaluación de la posibilidad de estructuras hidráulicas en el canal de navegación del río Orinoco- Sector Guasina* (pp 107 – 110). Puerto Ordaz: V Jornadas Técnicas Incanal

De Felippes, M., Betancourt, J., Camacho, J., Pérez, B. (2002). *Libro de Transporte*. Vol. I, 2002, pp.70-88. [Documento en línea]. Disponible en: [http://citamericas.org/imagenes/files/livros/vol\\_1/libro\\_vol\\_1\\_cap\\_3.pdf](http://citamericas.org/imagenes/files/livros/vol_1/libro_vol_1_cap_3.pdf) Consultado: 27/04/2020

De Lisio, A. (2008). La seguridad ambiental venezolana bajo la concepción ecológica del estado multidimensional. Instituto Latinoamericano de Investigaciones

Sociales, (pp. 7 -18). [Documento en línea]. Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/caracas/05558.pdf> Consultado: 27/08/2023

Departamento de Agricultura de los Estado Unidos (USDA). (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. [Documento en línea]. Disponible en: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf) Consultado: 10/04/2022

Elizalde, G., Vilorio, J., Rosales, A. (2007). Geografía de Suelos de Venezuela. *Medio físico y recursos ambientales* (pp. 402 – 526). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Fernández, R., Fuenmayor, H., Echeverría, D. (2004). *Estudio geomorfológico e hidrodinámico del sector Guarguapo del canal de navegación del río Orinoco*. Gerencia Canal del Orinoco. Caracas: Instituto Nacional de Canalizaciones.

Gámir, A., Ruiz, M., Seguí-Pons, J. (1995) *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona, España: Oikos-Tau.

Garrido, J. (2014). *Estudio de las características hidráulicas y de sedimentación del sector Aramaya del Río Orinoco en el período 1961 – 2011*. Puerto Ordaz: Instituto Nacional de Canalizaciones.

Garriga, A., Lubin, P., Merino, J., Padilla, M., Recio, P., Suárez, J. (2015). *Introducción al análisis de datos*. UNED, Madrid, España. [Documento en línea]. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=qe6tGv4cnhsC&pg=PT70&dq=percentil+50&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjThIPGI8ntAhUqo1kKHTXQCwoQ6AEwBXoECAkQA#v=onepage&q=percentil%2050&f=false> Consultado: 29/11/2020

González, E. (1998). Evaluación del Canal de Navegación del Río Orinoco. *V Jornadas Técnicas INCANAL* (pp.7 – 23). Caracas: Instituto Nacional de Canalizaciones.

Guevara, J. (2008). *El ABC de los índices usados en la identificación y definición cuantitativa de El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)*. Terra. Nueva Etapa 2008,

XXIV(35), 85-140 ISSN: 1012-7089. [Revista en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72203505> Consultado: 22/8/2022

Hawkes, P., Pauli, G., Moser, H., Arntsen, Ø, Gaufres, P., Mai, S., and White, K. (2010). *Waterborne Transport, Ports and Navigation: Climate Change Drivers, Impacts and Mitigation*. PIANC: Vol. 163, 2010, pp. 1-17. [Documento en línea]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.873.340&rep=rep1&type=pdf> Consultado: 07/11/2019

Hernández, D. (1998). Mediciones hidrológicas en el Río Orinoco durante la creciente anual de 1998. *El río Orinoco aprovechamiento sustentable*. (pp 115 – 124). Caracas: Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV.

Hernández, L., Espinosa, F., Rodríguez, J., Chacón, R., Gerardo, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S., Bermúdez, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf> Consultado: 18/06/2023

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014) *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.) D.F – México: McGraw Hill Education.

Hidroambiente. (2017). *Estudio de impacto ambiental y sociocultura del proyecto para el mejoramiento de la navegación en el río Apure tramo San Fernando – Arichuna* (pp. III-1-III4). Caracas: Instituto Nacional de Canalizaciones – Hidroambiente

Huber, O. (2007). Los grandes paisajes vegetales. *Geo Venezuela* (pp. 553-558). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Iglesias, M. (2020). Diseño de Obras Hidráulicas y sus Objetivos. [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.eadic.com/disenio-de-obras-hidraulicas/> Consultado: 27/04/2020



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2007). *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap10.pdf>  
Consultado: 10/10/2020

Instituto de Tecnologías Educativas (ITE). (2012). Lección 5. *Patrones de variabilidad climática*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion05/index.html> Consultado: 18/02/2023

Instituto Nacional de Canalizaciones (2012). *Plan de Desarrollo de la navegación eje Orinoco – Apure*. Caracas: Autor.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC). (1996). *Informe General: Condiciones del Canal de Navegación del Río Orinoco*. Puerto Ordaz: Autor.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC). (2014). Perspectiva del tránsito fluvial por efecto de los desarrollos de la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías, el Arco Minero de Guayana y los Proyectos Socio Productivos de la región. *Proyectos de Desarrollo* (pp.118-125). Caracas: Autor.

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC). (2019) *Principales Usuarios del Río Orinoco*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.incanal.gob.ve/index.php>  
Consultado: 10/10/2019

Instituto Nacional de Canalizaciones (INC). (2022). *Taller de ambientación de tecnología marítima (1er módulo)-Resumen de términos marítimos*. Caracas: Autor.

Instituto Nacional de Estadística. (2011). Censo Nacional de Población y Vivienda. [Página web en línea] Disponible en: <http://www.redatam.ine.gob.ve/Censo2011/index.html> Consultado 22/05/2021

Jaimurzina A. y Wilmsmeier G. (2017). *La movilidad fluvial en América del Sur*. [Documento en línea]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43135/1/S1700967\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43135/1/S1700967_es.pdf).

Consultado: 07/11/2019

Jarrín, V. (2012). Conceptos básicos de Estadística I. [Documento en línea]. Disponible en: [http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500580/n4.1\\_Conceptos\\_b\\_sicos\\_de\\_estadistica\\_aplica\\_da.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500580/n4.1_Conceptos_b_sicos_de_estadistica_aplica_da.pdf) Consultado: 10/10/2020

Statistical Discovery. (2023). Portal de formación estadística [Página web en línea]. Disponible en: [https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html#404f1893-ae56-43ed-b84c-f6c99f313eca](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html#404f1893-ae56-43ed-b84c-f6c99f313eca)

Consultado :12/3/2023

Kazimierski L. y Menéndez A. (2013) *Sedimentación en canales de navegación en el contexto del cambio climático*. [Documento en línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222014000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000100001). Consultado: 07/11/2019

Lozada, B., Prela, A. Sentelhas, P. (2004). *Influencia del fenómeno ENOS (El Niño y La Niña) en la disponibilidad de grados -día*. [Documento en línea]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2004000300004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000300004)

Consultado:14/06/2023

Martelo, M. (2003). El cambio climático global y sus posibles efectos en Venezuela. *Agua en Venezuela: una riqueza escasa*. (pp. 337-385). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Martelo, M. (2003). *La precipitación en Venezuela y su relación con el sistema climático*. [Documento en línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/15227800/LA\\_PRECIPITACION\\_EN\\_VENEZUELA\\_Y\\_SU\\_RELACION\\_CON\\_EL\\_SISTEMA\\_CLIMATICO](https://www.academia.edu/15227800/LA_PRECIPITACION_EN_VENEZUELA_Y_SU_RELACION_CON_EL_SISTEMA_CLIMATICO) Consultado 4/06/2021

Martelo, M. (2004). *Consecuencias ambientales generales del cambio climático sobre Venezuela*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/446640877/1-Martelo-2004-1-decl-cambio-clim-en-vzla-RESUMEN#> Consultado: 20/06/2022

Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. 13° ed. Bogotá, Colombia: ECOE ediciones

Martínez, R., Poveda, G. (2016). El Niño y La Niña: origen, efectos y oportunidades. *Revista Geociencias 1*, 34-39. [Documento en línea] Disponible en: <https://www.gruposura.com/wp-content/uploads/2019/02/grupo-sura-revista-geociencias-edicion-1.pdf> Consultado 18/07/2023

Martínez, Z. (2011). *Situación de los recursos hídricos de Venezuela*. [Documento en línea]. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-situacion-recursos-hidricos-venezuela.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-situacion-recursos-hidricos-venezuela.pdf). Consultado: 10/11/2019

Millano, J., Paredes, F. (2012). *Influencia del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) sobre la precipitación en la cuenca del río Caroní, estado Bolívar, Venezuela*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2013/agro14.pdf> Consultado 2/06/2021

Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. (3ª ed.). Caracas: Autor.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. (1999). El Niño. Un fenómeno oceanográfico. *Revista La Hoja Ambiental*, 9, 1-8. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2023/08/La%20Hoja%20Ambiental%20N%C2%B09.%20El%20Ni>

[%C3%B1o.%20Un%20fen%C3%B3meno%20en%20Oceanogr%C3%A1fico.pdf](#)

Consultado: 27/08/2023

Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC). (2016). Conozca los efectos del fenómeno “El Niño” sobre Venezuela. *Prensa Inameh* [Página web en línea]. Disponible en: [http://www.minec.gob.ve/conozca-los-efectos-del-fenomeno-el-nino-sobre-](http://www.minec.gob.ve/conozca-los-efectos-del-fenomeno-el-nino-sobre-venezuela/#:~:text=%E2%80%9Cdesde%20el%20%C3%B1o%202013%2C%20Venezuela,Barrancas%2C%20Mat%C3%Adcora%20e%20Isiro%20que)

[venezuela/#:~:text=%E2%80%9Cdesde%20el%20%C3%B1o%202013%2C%20Venezuela,Barrancas%2C%20Mat%C3%Adcora%20e%20Isiro%20que](http://www.minec.gob.ve/conozca-los-efectos-del-fenomeno-el-nino-sobre-venezuela/#:~:text=%E2%80%9Cdesde%20el%20%C3%B1o%202013%2C%20Venezuela,Barrancas%2C%20Mat%C3%Adcora%20e%20Isiro%20que) Consultado 14/2/2023

Mora, L (2016). *Gestión Logística Integral: las mejores prácticas en cadena de abastecimiento*. 2ª. Ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. [Libro en línea]. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=jXs5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gestion+logistica+integral&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjn79vwgqDnAhVCw1kKHedwBMoQ6AEIJzAA> Consultado: 06/11/2019

Munro, S. (2010). *El Río y la Forma: Introducción a la Geomorfología Fluvial*. 1era. ed. Santiago de Chile: RIL Editores. [Libro en línea]. Disponible en: [https://books.google.co.ve/books?id=WB-WtOx86XoC&pg=PA24&dq=redes+fluviales&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwie8-ydpq\\_sAhXJp1kKHajDAmQQ6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q=redes%20fluviales&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=WB-WtOx86XoC&pg=PA24&dq=redes+fluviales&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwie8-ydpq_sAhXJp1kKHajDAmQQ6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q=redes%20fluviales&f=false) Consultado: 13/10/2020

Muñoz, J. (2008). Estado Bolívar. *Geografía de la división político territorial del país* (pp. 576 – 665). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Naciones Unidas. (2020). ¿Qué es el cambio climático? [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change#:~:text=Las%20concentraciones%20de%20gases%20de,fue%20la%20m%C3%A1s%20c%C3%A1lida%20registrada.> Consultado: 18/2/2023

Organización de las Naciones Unidas (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Vol.I. Río de Janeiro:Autor.

Organización Meteorológica Mundial (OMM), (2010). *Manual on Stream Gauging*. Volumen I, Trabajos Sobre el Terrero OMM-Nº 1044, Ginebra. [Documento en línea].Disponible en: [http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/stream\\_gauging/1044\\_Vol\\_I\\_en.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/stream_gauging/1044_Vol_I_en.pdf) Consultado: 10/10/2020

Paolini, J., Sureda, B., De Felipe, J., Rosales, J. (2012). Influencia del fenómeno El Niño – La Niña / Oscilación Sur (ENOS) y de la temperatura del Atlántico norte en los caudales del río Caura, Guayana Venezolana. *Revista de Climatología*, 12 23-32. [Revista en línea],Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277195667> Consultado 2/06/2021

Peña, J. (2010). *Sistema de Información Geográfica aplicada la gestión del territorio*. [Documento en línea]. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=BFDuDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistema+de+informaci%C3%B3n+geogr%C3%A1fica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjSt-yA7dnnAhWv1VkJHXkTAFgQ6AEIQTAD#v=onepage&q=sistema%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica&f=false> Consultado: 08/02/2020

Pérez y Merino. (2014). *Definición.de: Definición de Recursos Hídricos*. [Página web en línea]. Disponible en: <https://definicion.de/recursos-hidricos/> Consultado: 27/04/2019

Pérez, D., López, J. (1998). Algunos aspectos relevantes de la hidrología del río Orinoco. *El río Orinoco. Aprovechamiento sustentable* (pp. 88-98). Caracas: Instituto de Mecánica de Fluido, UCV.

Pérez, D., López, J. (1998). Procesos geomorfológicos y estructuras sedimentarias en el río Orinoco. *El río Orinoco. Aprovechamiento sustentable* (pp.138-153). Caracas: Instituto de Mecánica de Fluido, UCV.

Quintero, J., Ramírez, Y., Cortázar, A. (2020). *Transporte fluvial en Colombia: operación, infraestructura, ambiente, normativa y potencial de desarrollo*. Revista Ciudades, Estados y Política, 7(1), 49-68. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cep/v7n1/2389-8437-cep-7-01-49.pdf> Consultado: 27/08/2023

República Bolivariana de Venezuela (2008). Ley de Canalización y Mantenimiento de las Vías de Navegación. *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.891: Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley de Canalizaciones y Mantenimiento de las Vías de Navegación*. Caracas, 31 de julio de 2008.

Ríos del Planeta. (2019). Río Orinoco [Página web en línea]. Disponible en: <https://riosdelplaneta.com/rio-orinoco/> Consultado: 10/11/2019

Rivas, E. (1998) *Posibles efectos del fenómeno El Niño en el Canal de Navegación del Río Orinoco* (pp 91-95). Caracas: V Jornadas Técnicas Incanal

Rodríguez y De León. (1975). *Apuntes para los Estudios de Navegación por el Sistema* (pp 12-25). Caracas: Ministerio de Obras Públicas

Rojas, T. (2008) *Geografía del Transporte*. Fundación Empresas Polar Tomo IV. Caracas, Venezuela.

Romero, J. (2023). Conociendo Anzoátegui. *Diócesis del Tigre*. [ Documento en línea] Disponible en: [https://diocesisdeeltigre.com/?page\\_id=564](https://diocesisdeeltigre.com/?page_id=564) Consultado 27/07/2023

Rondón, C. (2009). Estado Delta Amacuro. *Geografía de la división político territorial del país* (pp. 126-194). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Rosales, A., García, P. (2015). Las cuencas hidrográficas y su gestión integral. *Agua en Venezuela: una riqueza escasa* (pp. 869 – 909). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Rosales, J., Rodríguez, M. y Natayán, A. (2007). El corredor ribereño del bajo río Orinoco, basamento hidrogeomorfológico y sedimentológico funcional. *Enfoques* (pp. 46-58) Guayana: Revista Copérnico

Sáez, V., Aguilar, V., Pino, J. (2008). Comparación entre los casos de malaria en Venezuela y el Índice de Oscilación Sur (IOS). Período 2000 a 2006. *Terra Nueva* Etapa 24 (35), 63-84 [Revista en línea] Disponible en: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_terr/article/view/1265](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_terr/article/view/1265) Consultado 12/05/2022

Savelli, R. (1998). Hidrodinámica y proceso de transporte de sedimentos en el canal de navegación del río Orinoco. *El río Orinoco. Aprovechamiento sustentable* (pp. 308-326). Caracas: Instituto de Mecánica de Fluido, UCV.

Servicio de Hidrografía, Oceanografía, Meteorología, y Cartografiado Náutico (SHN). (2017). *Producción de Cartas de Navegación en el Río Orinoco en el Tramo Boca Grande – Matanzas desde las Milla 0 hasta la Milla 200* [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.shn.mil.ve/hidrografia/estaciones-hidrograias/ehpo-memoriadescriptiva.pdf> Consultado: 14/02/2023

Silva, A. (2015). La navegación fluvial. *Agua en Venezuela: una riqueza escasa* (pp. 693 – 705). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Silva, F. (2009). Estado Monagas. *Geografía de la división político territorial del país* (pp. 668-673). Caracas: Fundación Empresas Polar.

Silva, G. (2000) *Historia resumida de la hidrología venezolana*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24549/nota41-1.pdf;jsessionid=A2A8F4883C0C6DAB20D54BCD9112F25A?sequence=2>

Consultado: 15/11/2019

Siso, G.J. (2008). *Geografía de las actividades comerciales y de servicios*. Fundación Empresas Polar Tomo IV. Caracas, Venezuela.

Umpiérrez, O. (2016). Análisis de impactos hidrológicos del “El Niño”. *Compilación, estudios e investigación*. [Documento en línea] Disponible en: <https://floodresilience.net/resources/item/analisis-de-impactos-hidrologicos-del-el-nino-compilacion-estudios-e-investigacion/> Consultado 24/06/2022

Valera, A., Rondón, C. (2003). *Sistema de clasificación estructural de suelos venezolanos: tipos, clases y subclases*. [Documento en línea] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326679533\\_SISTEMA\\_DE\\_CLASIFICACION\\_ESTRUCTURAL\\_DE\\_SUELOS\\_VENEZOLANOS\\_TIPOS\\_CLASES\\_Y\\_SUBCLASES](https://www.researchgate.net/publication/326679533_SISTEMA_DE_CLASIFICACION_ESTRUCTURAL_DE_SUELOS_VENEZOLANOS_TIPOS_CLASES_Y_SUBCLASES) Consultado 17/05/2022

Zambrano, B. (2020). *El bosque más grande del mundo, creado por el hombre está en Venezuela* [Página web en línea]. Disponible en: <https://www.venezuelaenhouston.info/post/el-bosque-m%C3%A1s-grande-del-mundo-creado-por-el-hombre-est%C3%A1-en-venezuela> Consultado 25/08/2022



## Anexos



Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Humanidades y Educación  
. Coordinación de Postgrado  
Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio



### Entrevista

Objetivo: Determinar los impactos socioeconómicos que generaría los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.

Nombre:

Profesión:

1.- ¿Cree usted que existan variaciones extremas en el nivel del Río Orinoco en el Tramo Matanzas – Boca Grande, que pueda afectar el transporte fluvial que se da en esa zona? ¿Por qué?

2.- ¿La actividad minera que se da en los ríos Caura, Aro, influyen en el comportamiento del Río Orinoco en los niveles de agua y su navegación en el Tramo Matanzas – Boca Grande? ¿Por qué?

3.- ¿Cómo cree que pueda verse afectada la actividad económica de la zona, si los niveles de agua llegan hacer extremos y no existiera un mantenimiento del canal de navegación en el Tramo Matanzas – Boca Grande?

4.- Si su respuesta es sí, ¿A nivel nacional cuáles podrían ser las repercusiones socioeconómicas?

5.- ¿Cuándo se debería tener un monitoreo intenso del río?

6.- ¿Qué medidas deberían ser tomadas con respecto a los niveles extremos?

7.- ¿Es importante el uso del río Orinoco para el transporte de mercancía y de la población? ¿Por qué?

8.- ¿el río Orinoco es de gran importancia a nivel económico para que se hagan grandes gastos en su mantenimiento anual? ¿Por qué?



Universidad Central de Venezuela  
 Facultad de Humanidades y Educación  
 Coordinación de Postgrado  
 Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio



### Encuesta

Objetivo: Determinar los impactos socioeconómicos que generaría los niveles extremos en aguas bajas y en aguas altas del río Orinoco tramo Matanzas – Boca Grande, estado Bolívar.

Nombre:

Lugar de donde vive:

1.- ¿A qué se dedica?

Comerciante\_\_ Industrial\_\_ Ama de Casa\_\_Mantenimiento\_\_  
 Otros\_\_\_\_\_

2.- Si es a lo industrial o mantenimiento, ¿hace uso del canal de navegación del río Orinoco?

SI\_\_ NO\_\_

3.- ¿Se ha visto afectado por el aumento o disminución del río Orinoco para hacer uso del canal de navegación?

SI\_\_ NO\_\_

Justifique\_\_\_\_\_

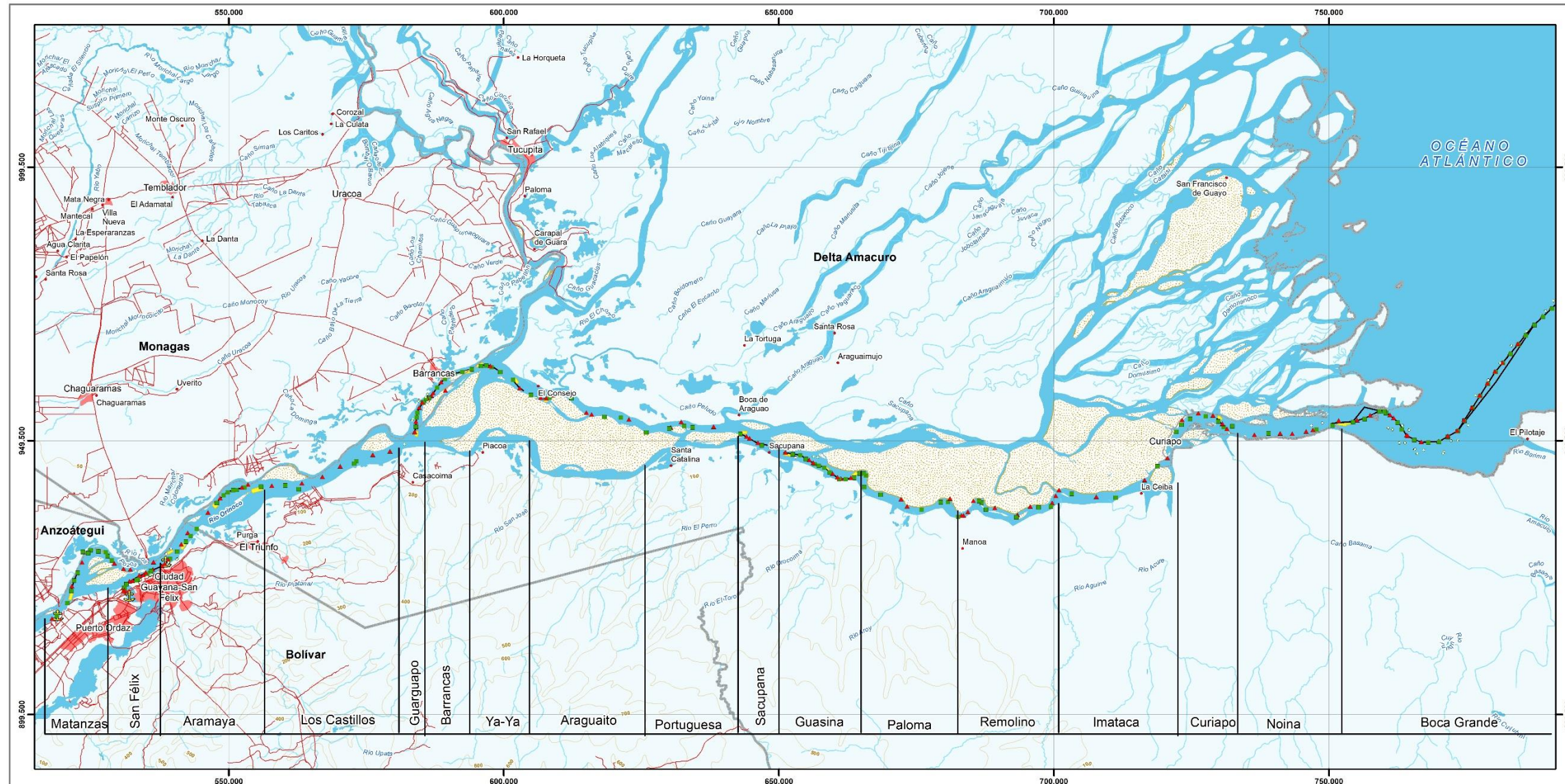
4.- ¿Cree que el aumento o disminución del río puede verse afectado por las actividades mineras?

SI\_\_ NO\_\_

Justifique\_\_\_\_\_

- 5.- ¿Qué opina sobre el uso del río Orinoco para el transporte de personas y productos?
- 6.- ¿Cuál es la frecuencia de uso del canal de navegación del río Orinoco?
- 7.- ¿Cuál cree que es la importancia del río Orinoco para el país

# Mapa N°1 Base



Mapa Base

**Implicaciones Espaciales de los Niveles Extremos de Agua del río Orinoco Tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar**

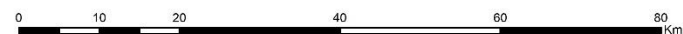
Tutor: Dr. Vidal Sáez-Sáez

Caracas, 2023

Lic. Bárbara Gil Álvarez

### Signos Convencionales

- Vialidad
- Islas
- Perímetro Urbano
- Hidrografía
- Centros Poblados
- Puertos
- Cuerpos de Agua
- Estados
- Curvas de Nivel



Datum REGVEN Huso 20 N  
Elaboración propia con base a la información del IGVSB y al Instituto Nacional de Canalizaciones (INC)

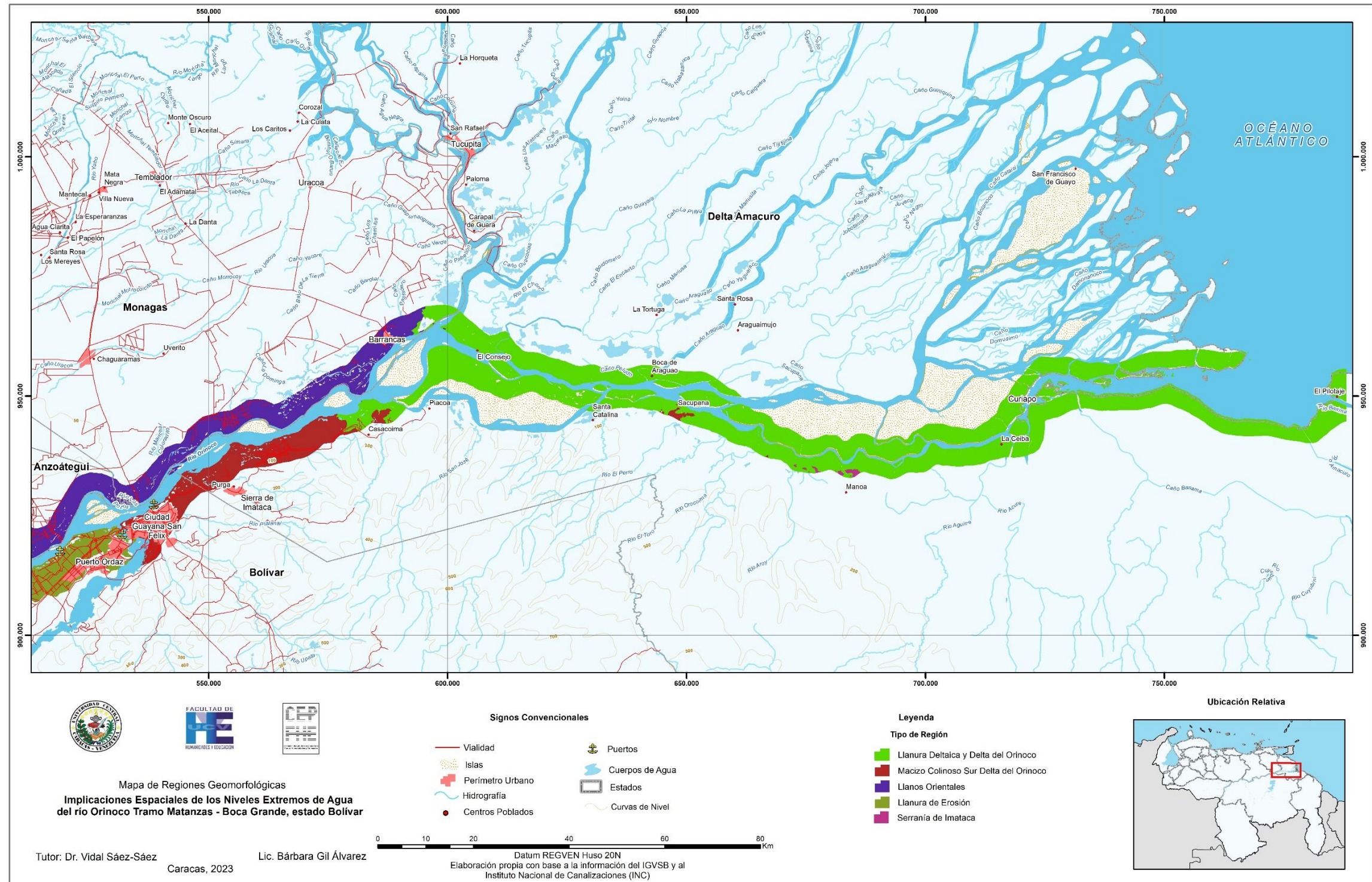
### Legenda

- Sectores del Río Orinoco Tramo Matanzas - Boca Grande
- Área de Descarga
- Zona Dragable
- Señales de Navegación**
- Blanca
- Roja
- Verde

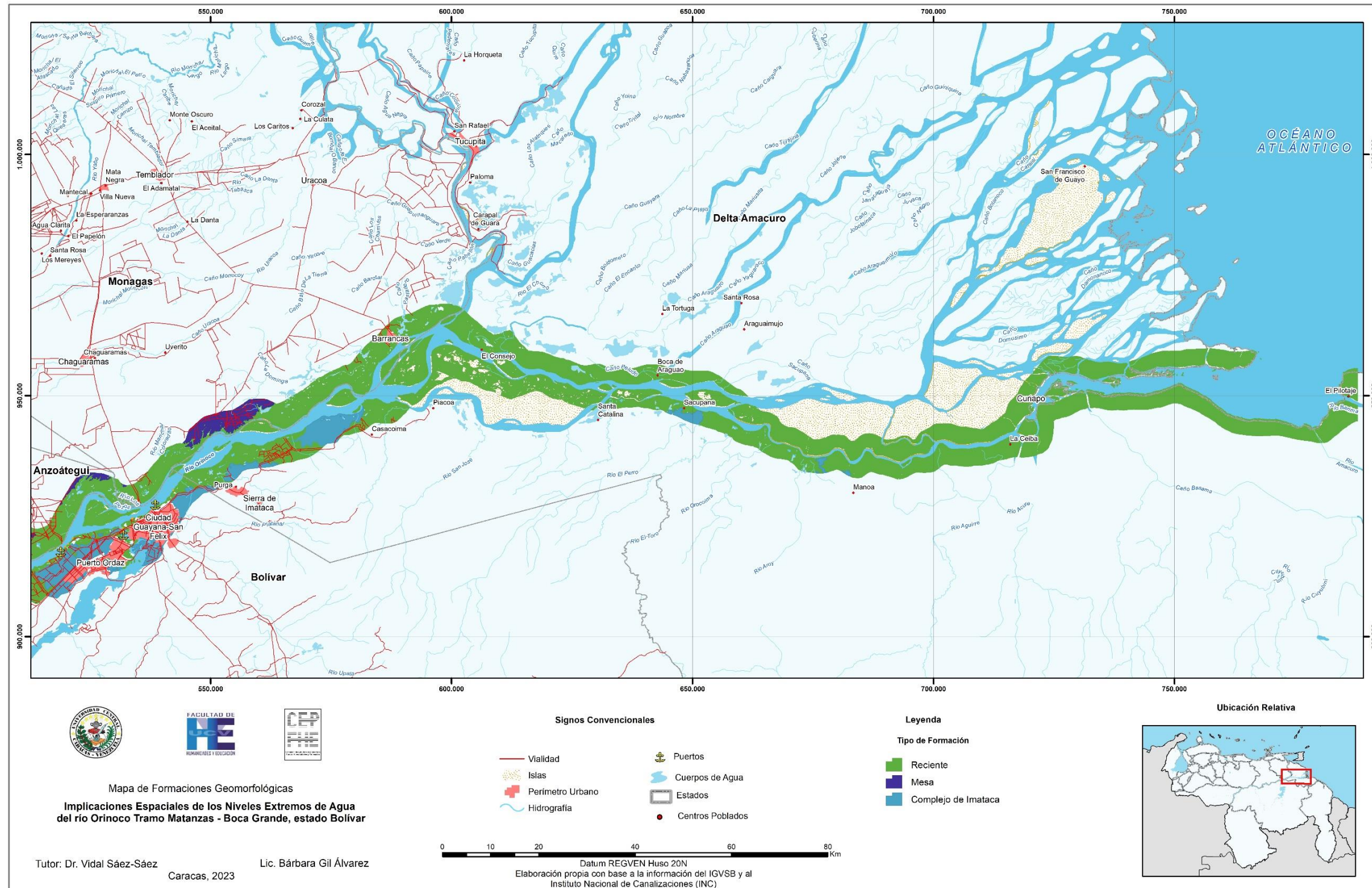
### Ubicación Relativa



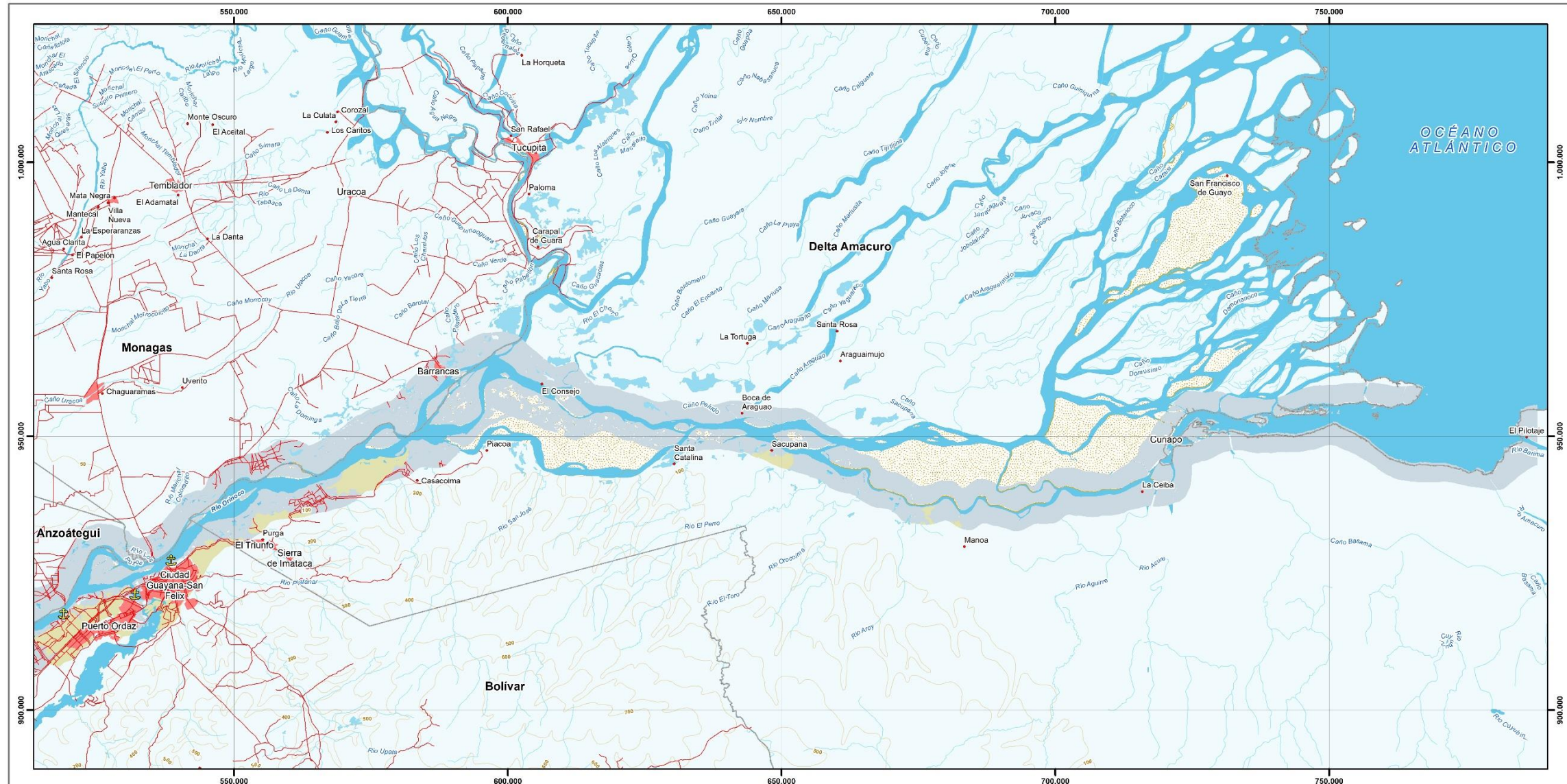
Mapa N°2 Regiones geomorfológicas



Mapa N°3 Formaciones geomorfológicas



# Mapa N°4 Litología



Mapa de Litología  
**Implicaciones Espaciales de los Niveles Extremos de Agua del río Orinoco Tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar**

Tutor: Dr. Vidal Sáez-Sáez  
 Lic. Bárbara Gil Álvarez  
 Caracas, 2023

### Signos Convencionales

- Vialidad
- Islas
- Perímetro Urbano
- Hidrografía
- Centros Poblados
- Puertos
- Cuerpos de Agua
- Estados
- Curvas de Nivel



Datum WGS 84  
 Elaboración propia con base a la información del IGVS y al Instituto Nacional de Canalizaciones (INC)

### Legenda

#### Tipo de Litología

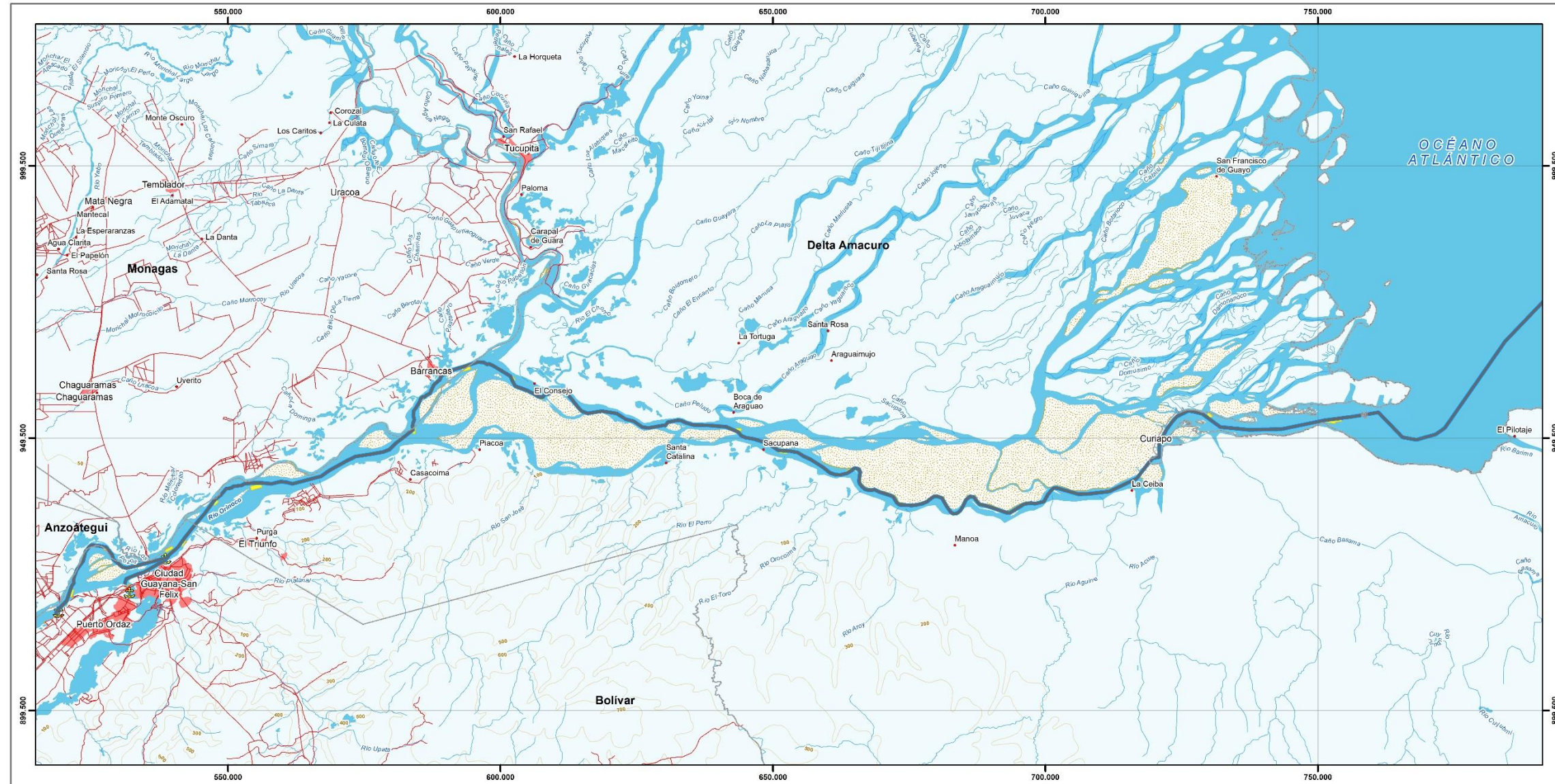
- Aluviones
- Gneises - Cuarzo-Feldespáticos y Anfibolitas Piroxénica por Rocas Graníticas y Diques Basálticos

### Ubicación Relativa





# Mapa N°5 Hidrografía



Mapa de Hidrografía  
**Implicaciones Espaciales de los Niveles Extremos de Agua del río Orinoco Tramo Matanzas - Boca Grande, estado Bolívar**

Tutor: Dr. Vidal Sáez-Sáez

Lic. Bárbara Gil Álvarez

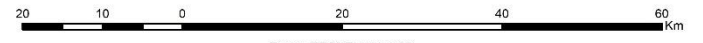
Caracas, 2023

### Signos Convencionales

- Vialidad
- Islas
- Perímetro Urbano
- Hidrografía
- Centros Poblados
- Puertos
- Cuerpos de Agua
- Estados
- Curvas de Nivel

### Leyenda

- #### Navegación
- Eje de Navegación
  - Área de Descarga

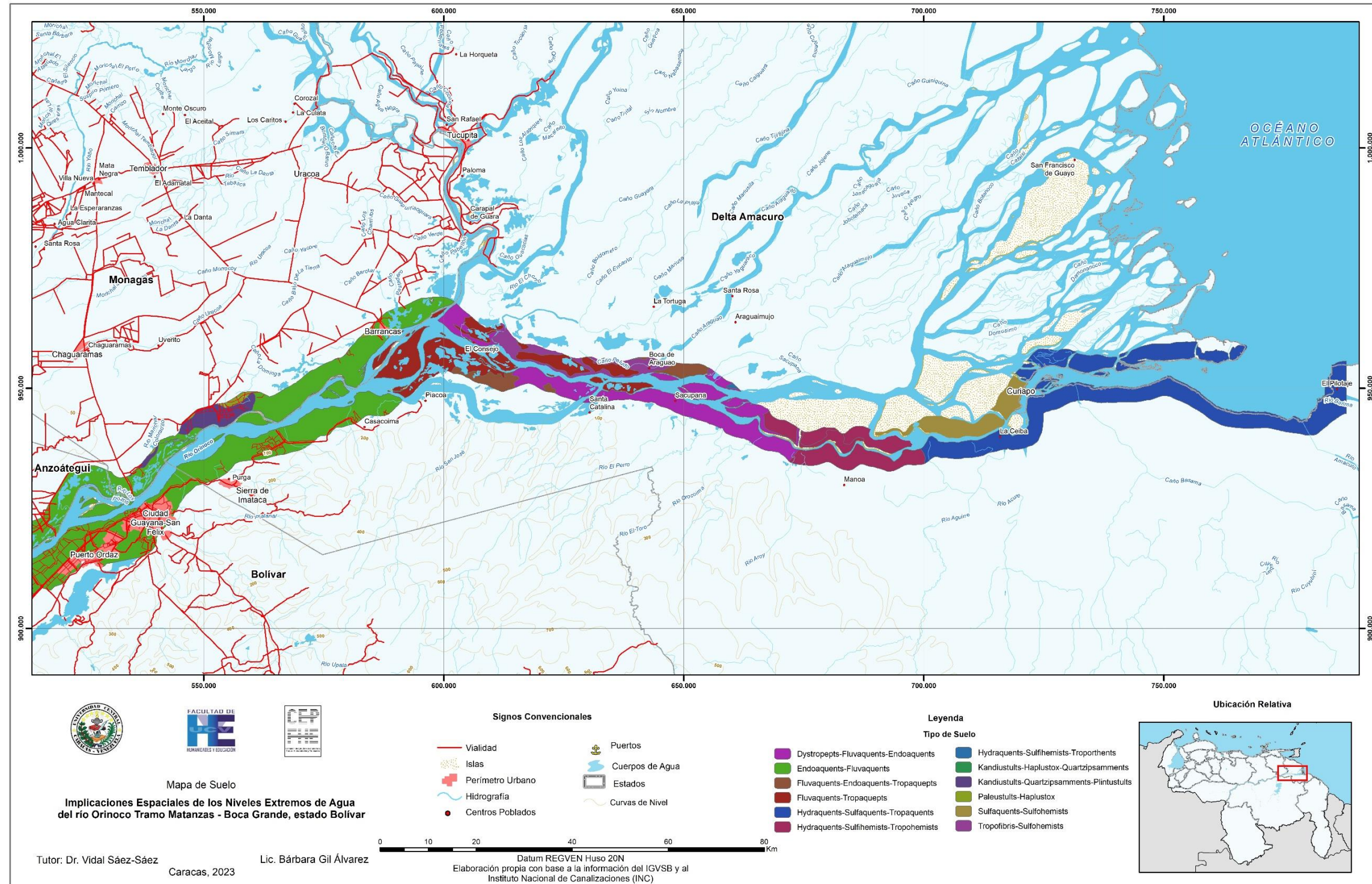


Datum REGVEN Huso 20  
 Elaboración propia con base a la información del IGVSB y al Instituto Nacional de Canalizaciones (INC)

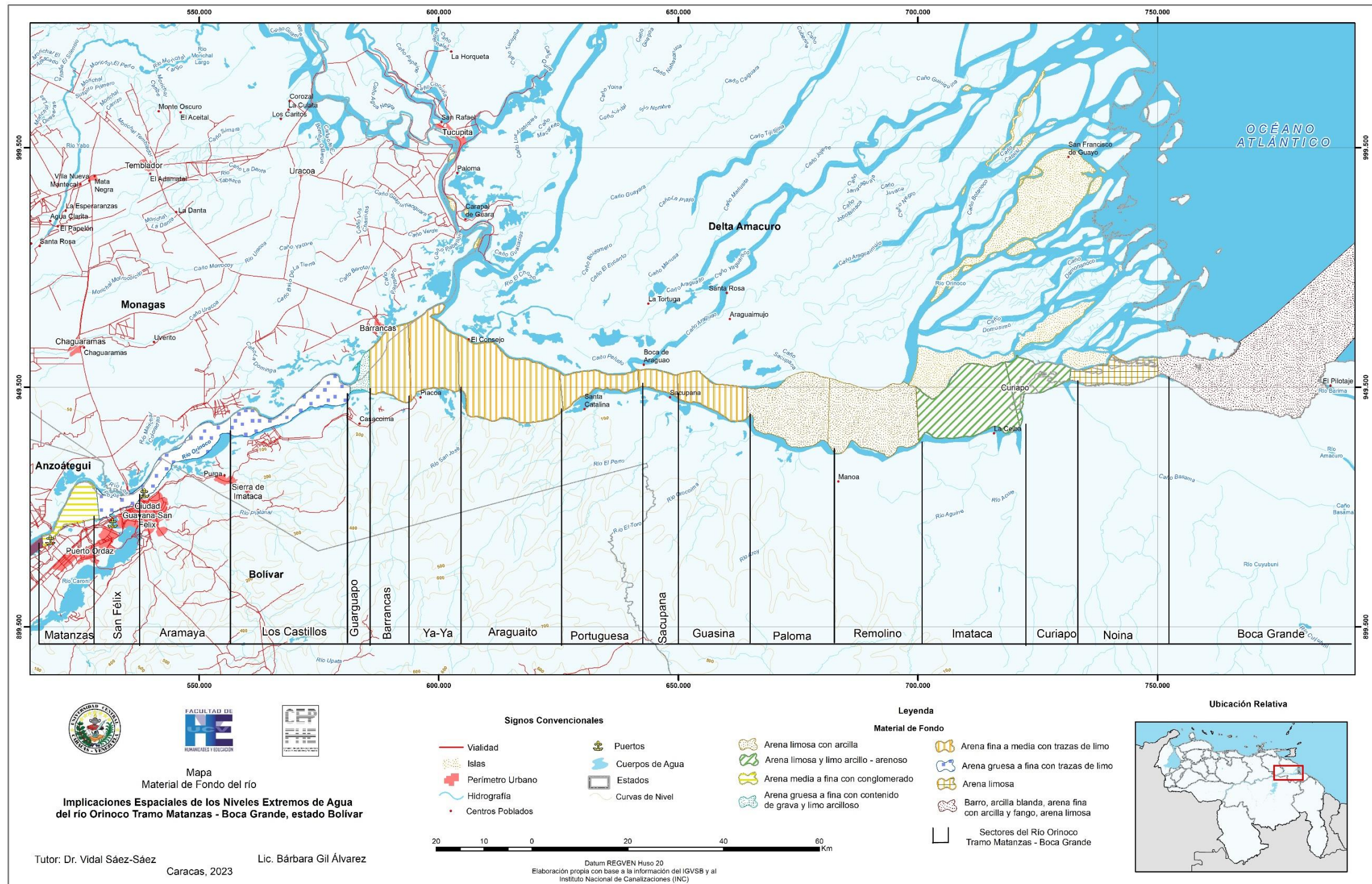
### Ubicación Relativa



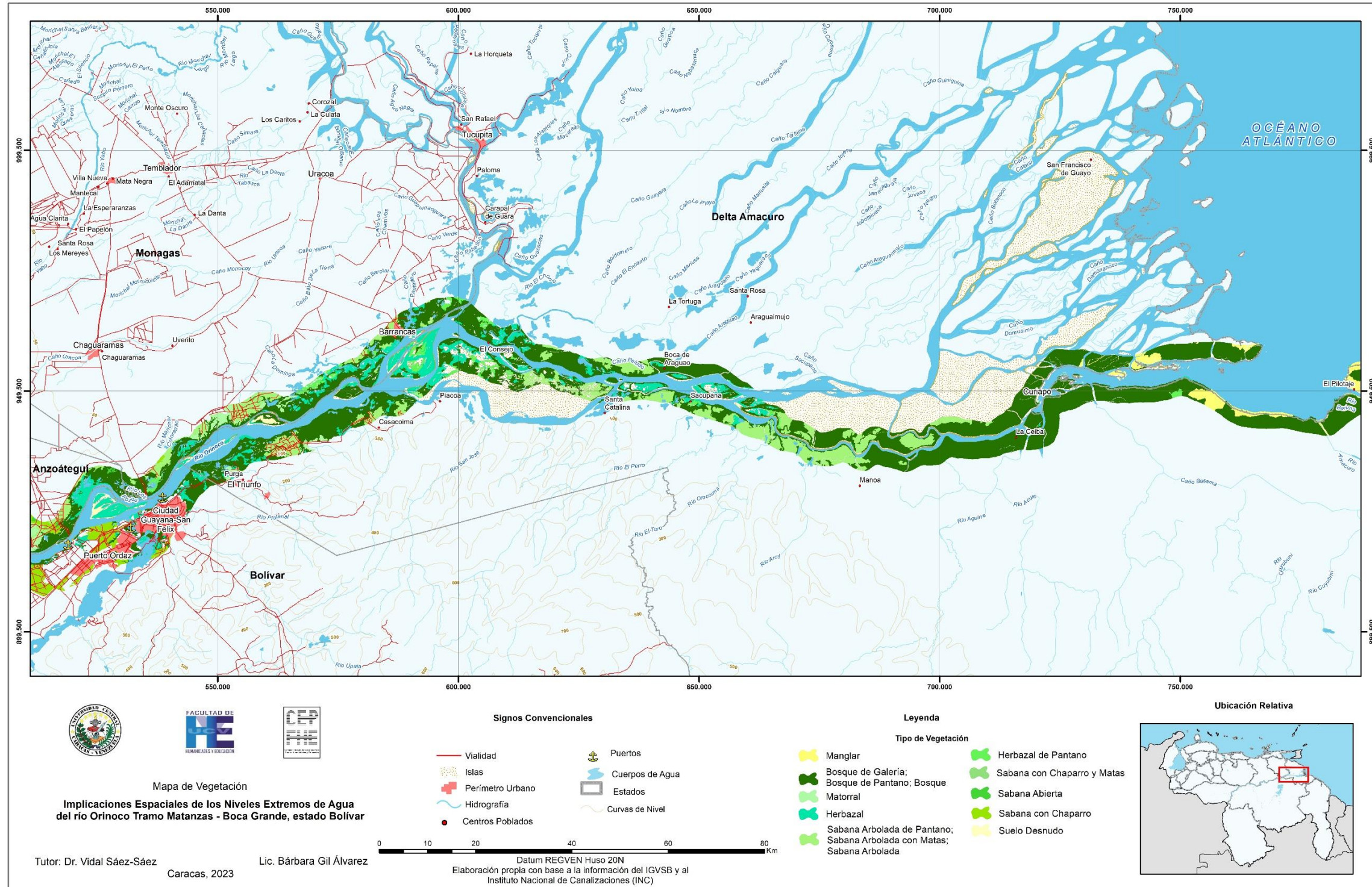
Mapa N°6 Suelo



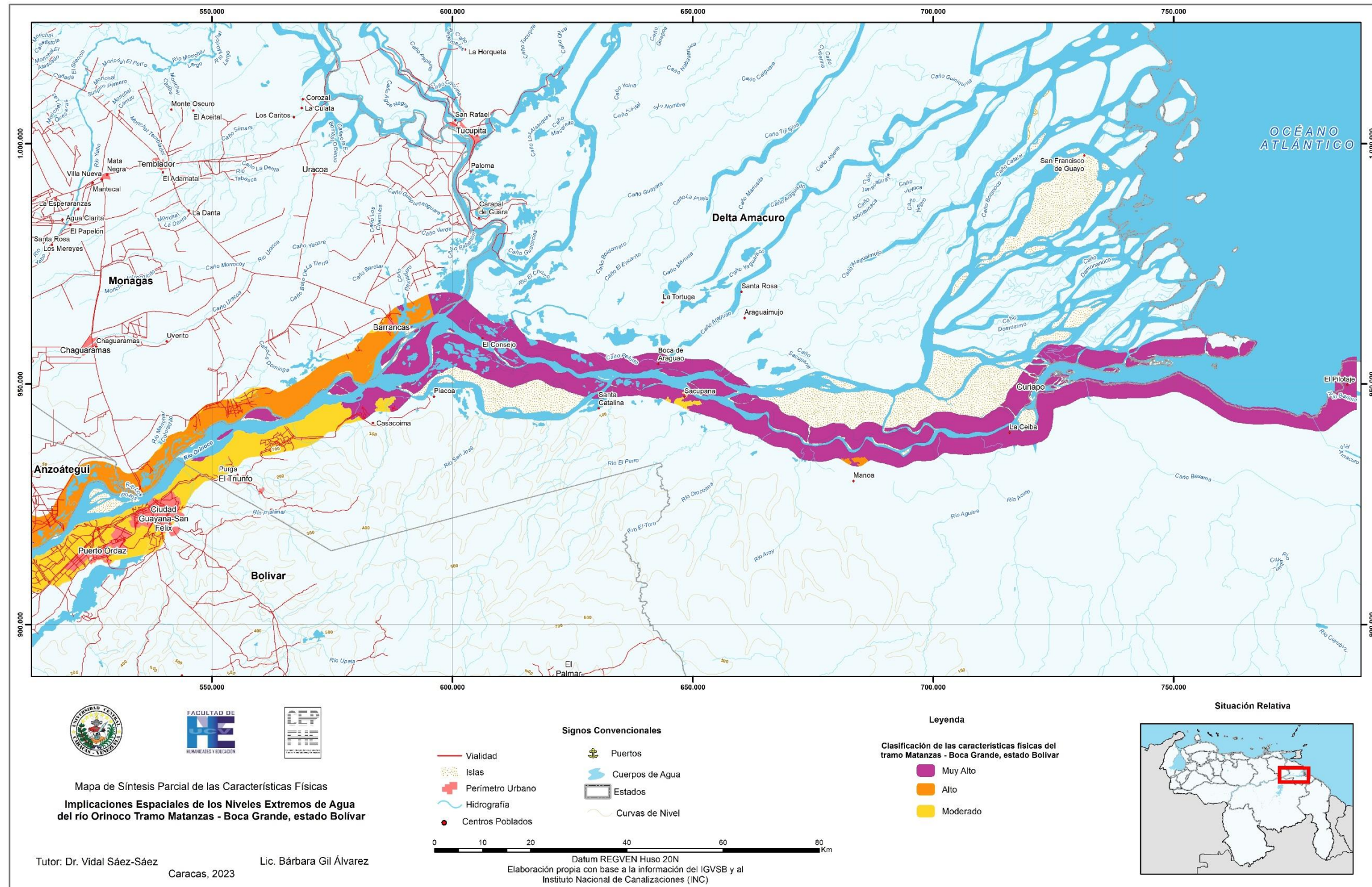
Mapa N°7 Material de fondo



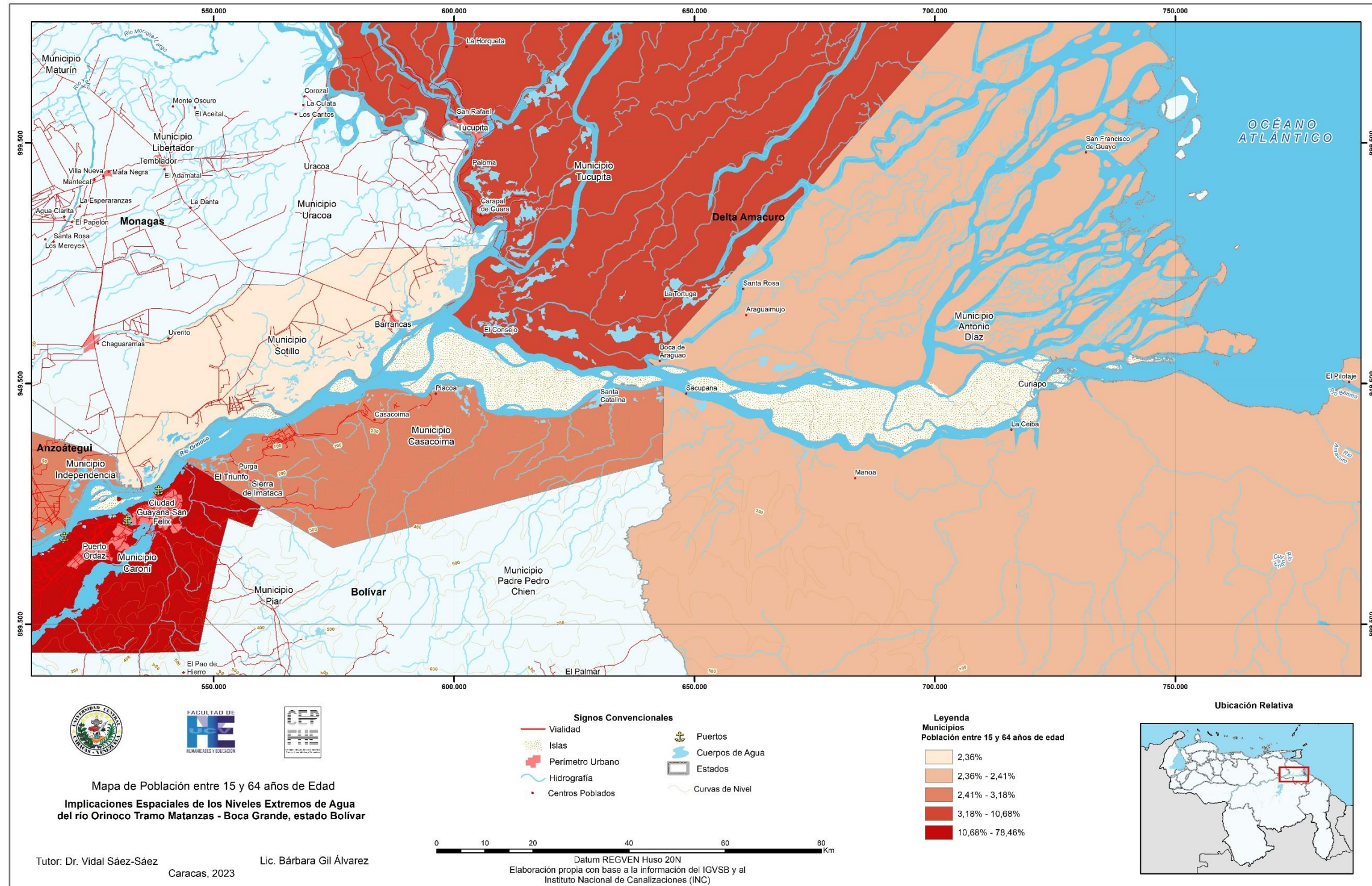
Mapa N°8 Vegetación



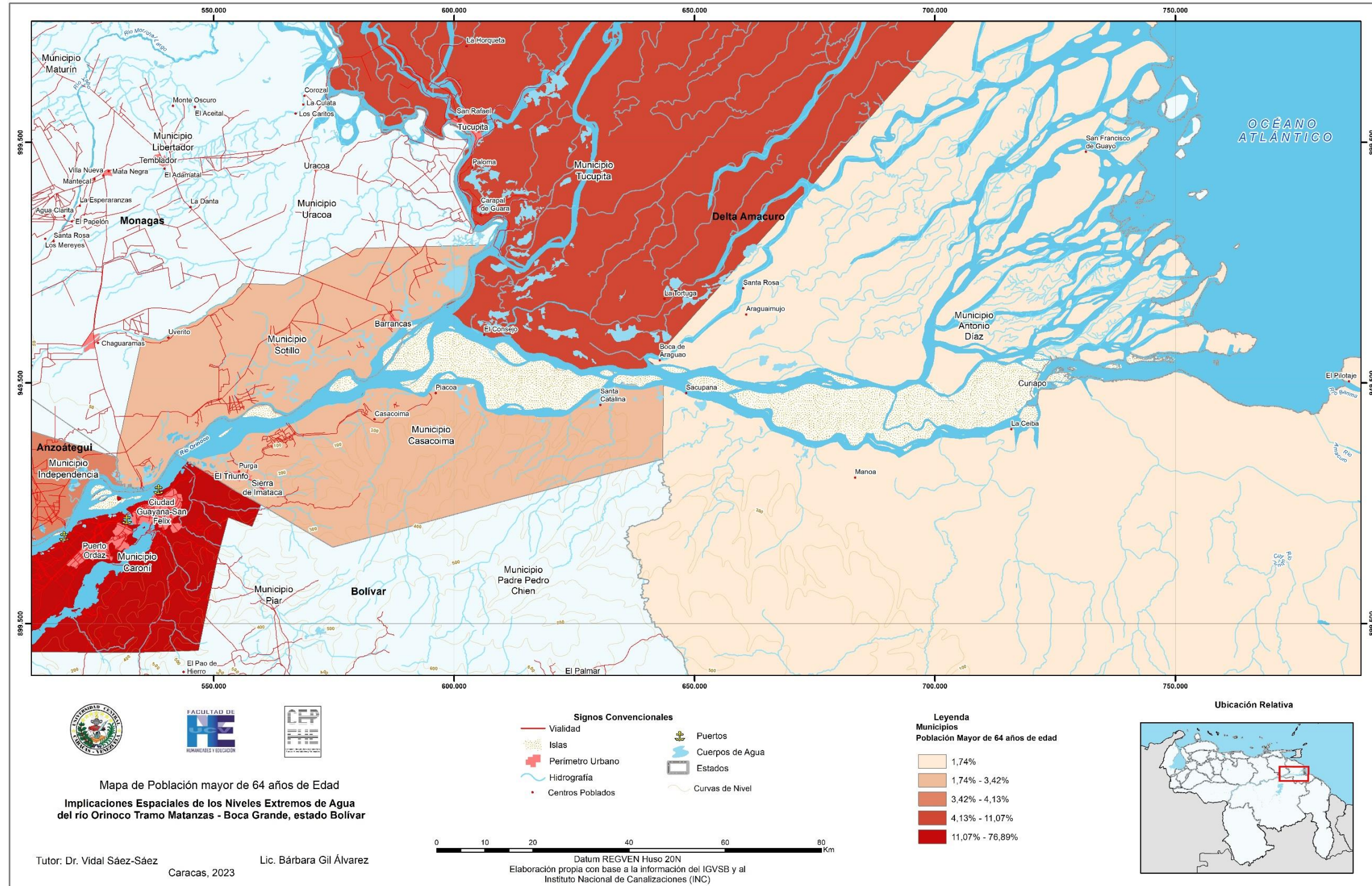
Mapa N°9 Síntesis parcial de las características físico-naturales



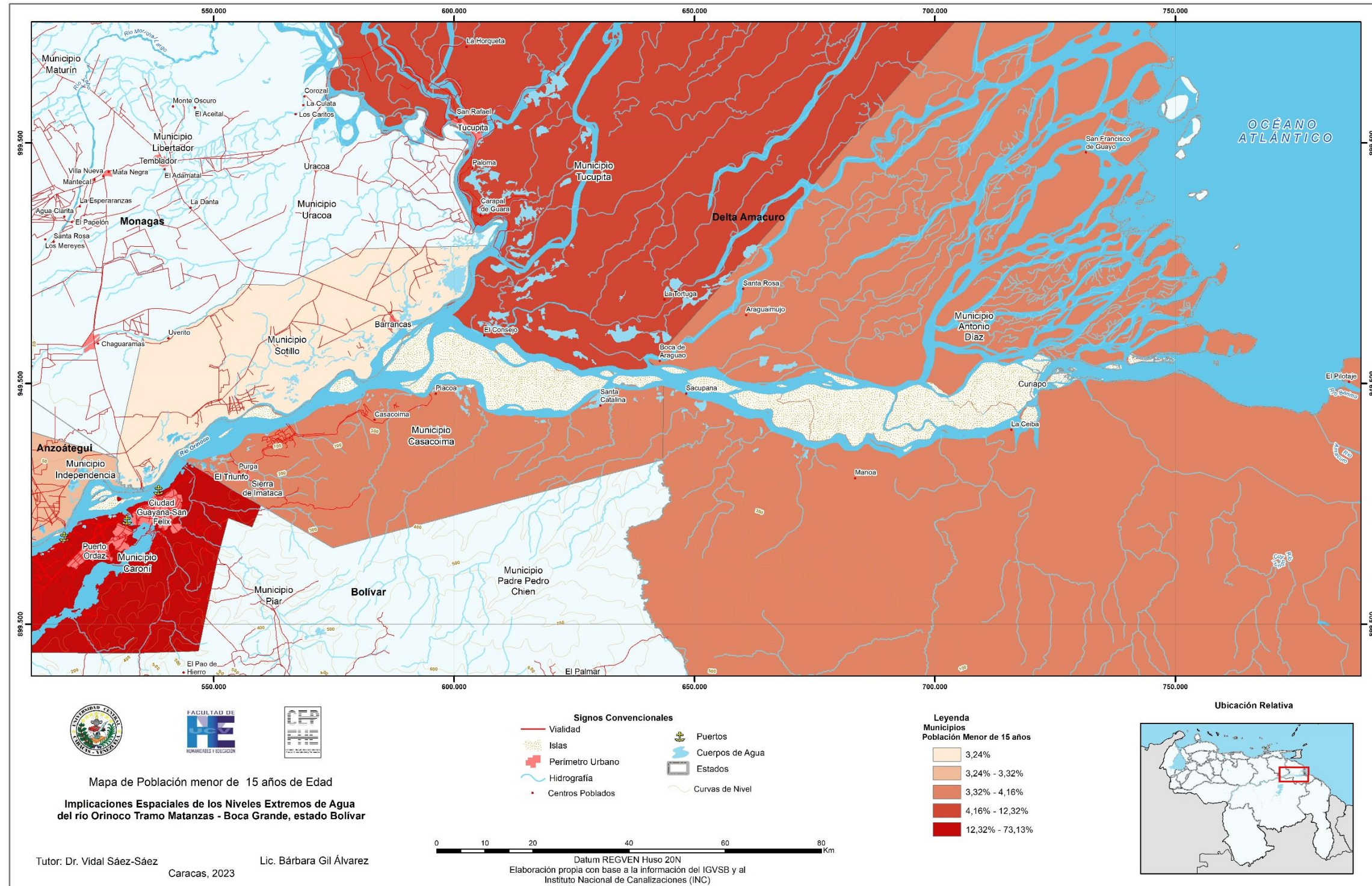
Mapa N°10 Población entre 15 y 64 años de edad



Mapa N°11 Población mayor de 64 años de edad

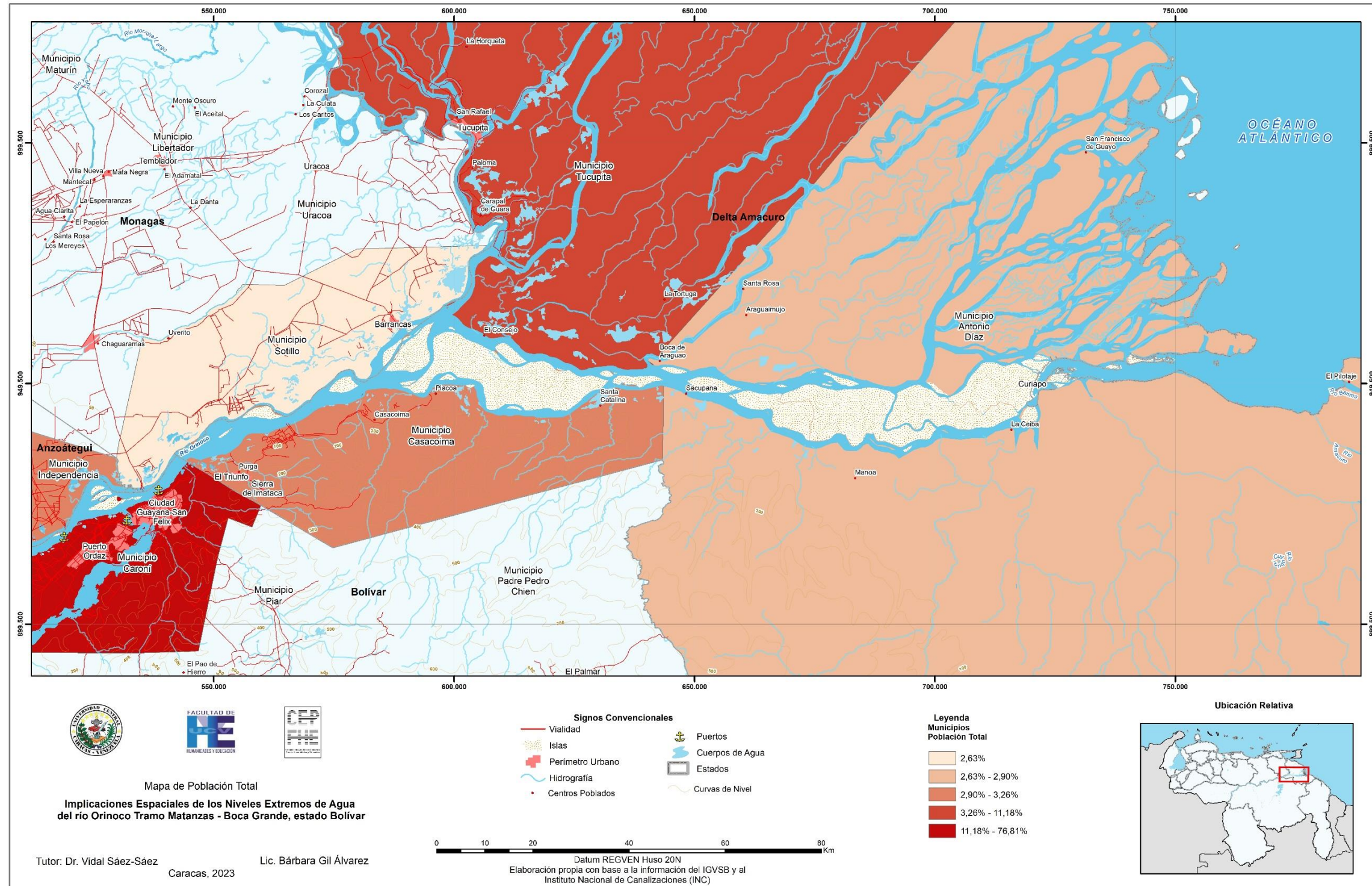


Mapa N°12 Población menor de 15 años de edad

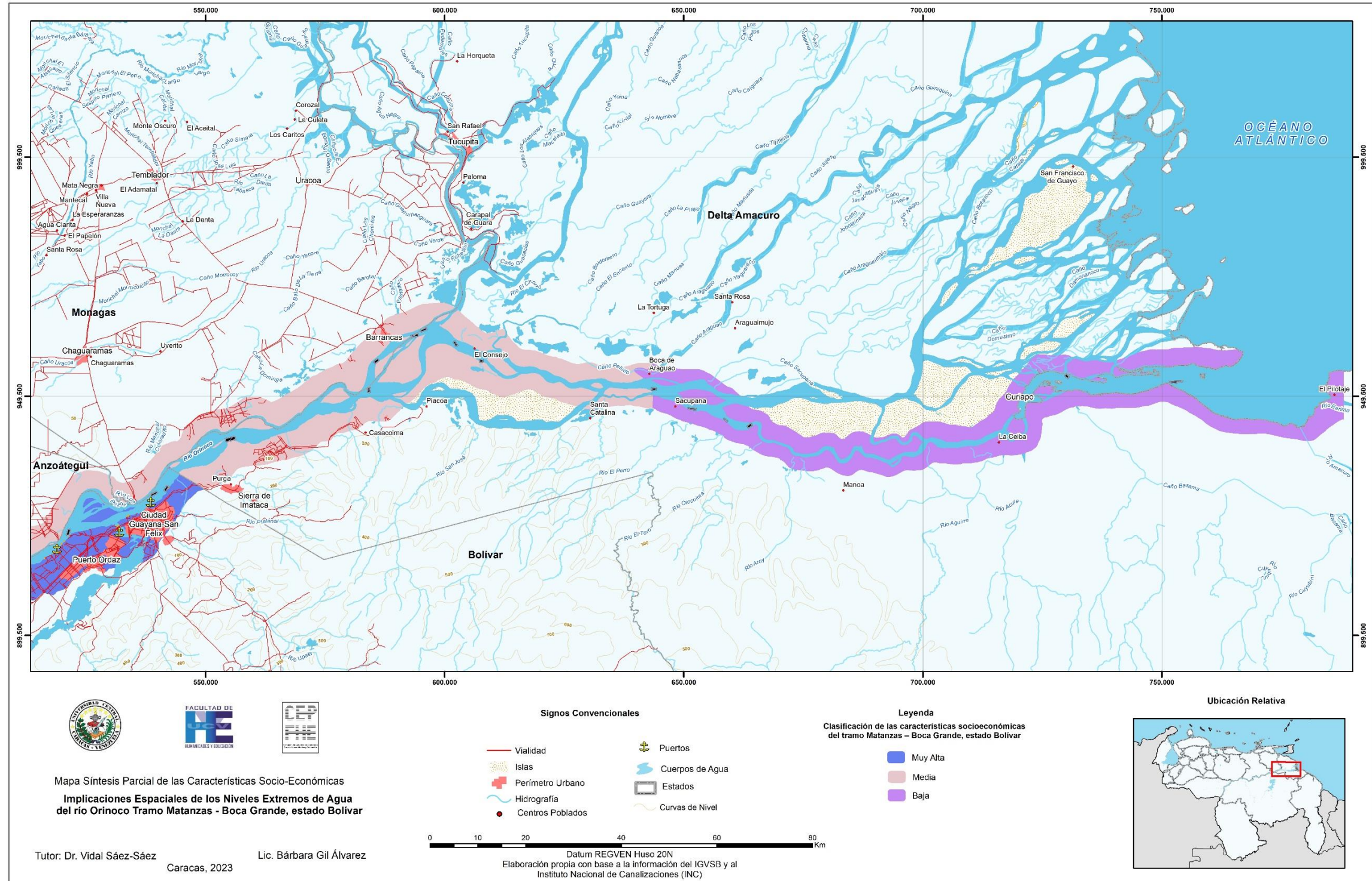




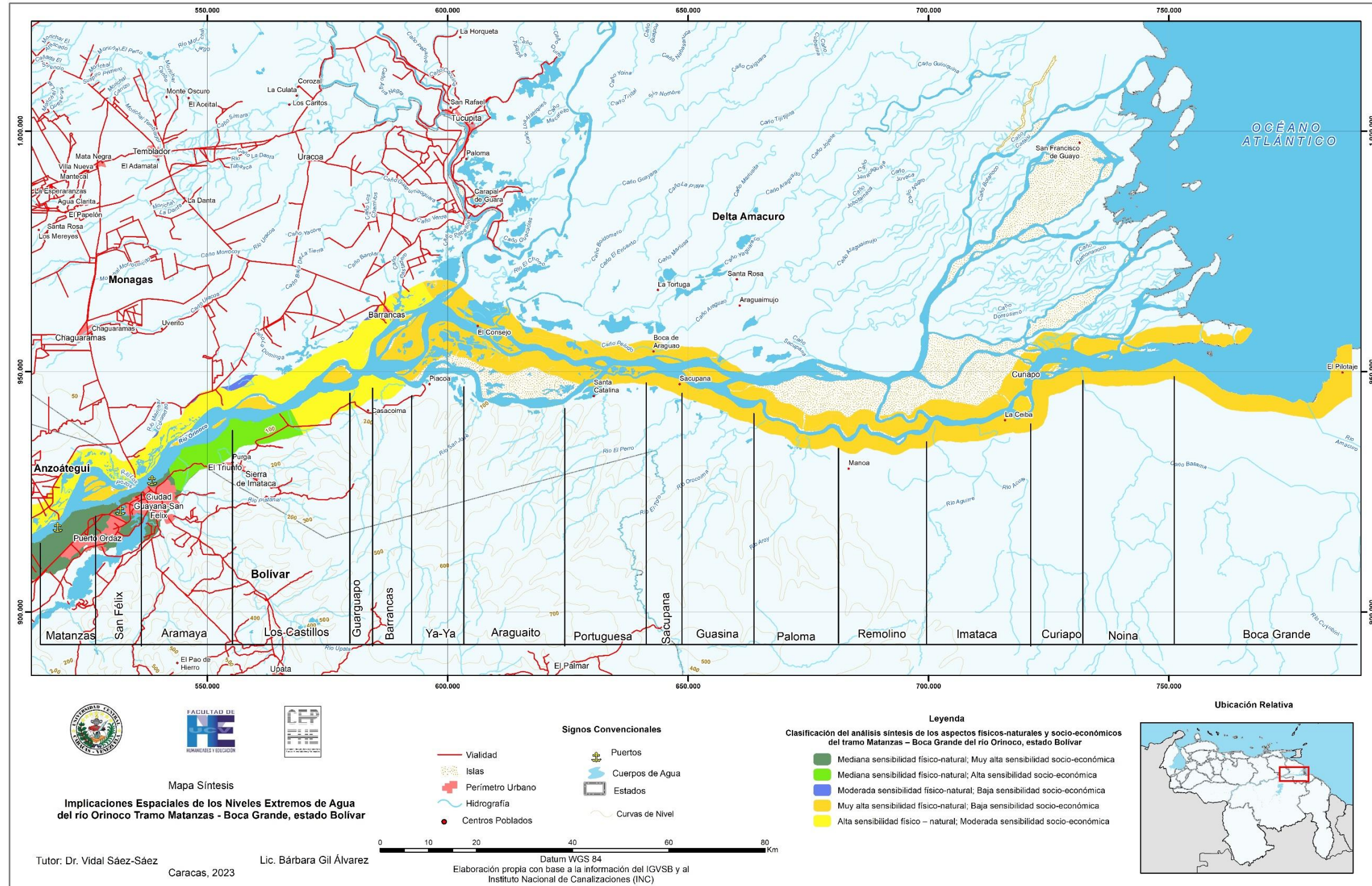
Mapa N°13 Población total



Mapa N°14 Síntesis parcial de las características socio-económicas



Mapa N°15 Síntesis



Mapa N°16 Implicaciones espaciales

