

## **CAPÍTULO 3. CONDICIÓN NATURAL DEL DELTA DEL RÍO ORINOCO**

### **3.1 Características del Río**

#### **(1) Morfología del Delta**

El Delta del Orinoco es un pantano aluvial con una extensión de 22,000 km<sup>2</sup> delimitado al noroeste por el Escudo Guayana, formado por la deposición del sedimento del Río Orinoco y el sedimento fino del Amazonas proveniente de la corriente del litoral. El clima tropical contribuye al constante crecimiento de vegetación en la tierra emergente. El nivel del mar posiblemente es el factor principal afectando el desarrollo del Delta de Orinoco también.

El Delta de Orinoco está influenciado por 6 factores principales: (1) Descarga de agua y sedimento del Río Orinoco, (2) Corrientes litorales transportando sedimentos finos al Delta desde la región Amazónica, (3) Régimen de oleaje, mareas y corrientes en la plataforma continental, (4) Clima tropical de la región, (5) Incremento del nivel del mar, (6) Fijación tectónica en el Delta y su proximidad al límite de la placa América del Sur-Caribe.

El delta inferior del Orinoco muestra dos tipos de canales distintos. Los distributarios del Delta del sudeste entre el Caño Río Grande y el Caño Araguao forman una configuración anastomosa descargando en numerosas bahías pequeñas a lo largo de las costas del Atlántico. En contraste, los distributarios localizados al noroeste del Caño Araguao típicamente convergen cerca de la costa reflejando episodios pasados de progradación de capas lodosas y la desviación al noroeste del cauce de los canales. Arrecifes con playas arqueadas y los bancos arenosos de acreción son comunes a lo largo de las costas del Delta nororiental y oriental entre Boca de Mariusa y Boca de Araguao.

#### **(2) Características Geométricas**

##### **1) Caño Río Grande**

El Caño Río Grande, el mayor ramal del delta, es administrado y mantenido como canal de navegación por INC. La longitud total del canal es de 339 km desde la milla 0 en Boca Grande hasta Palúa y puede ser dividida en 2 secciones. El canal exterior se define de la milla 0 al punto ubicado a los 78 km. El canal interior se define como la sección del río desde el punto en los 78 km a los 339 km. La profundidad promedio del cauce interior es de 11 m en la estación seca.

##### **2) Caño Macareo**

El Caño Macareo inicia en la Sección Ya-Ya del Caño Río Grande y fluye hacia el nordeste hasta el Mar recibiendo el Caño Tucupita. La longitud total del canal es 194 km. El Caño Macareo es un

canal que serpentea irregularmente con barras de arena en puntos regulares. La profundidad promedio es 8 m en la estación seca. El ancho promedio es 630 m y el cauce más angosto mide 300 m.

### 3) Caño Manamo

El Caño Manamo inicia a 20 km aguas abajo de Ya-Ya y fluye hacia el norte al Océano Atlántico por la Compuerta Manamo en Volcán, recibiendo los principales tributarios que drenan el Estado Monagas. Su longitud total es de 203 km. A 188 km del Caño Manamo se encuentra la Compuerta Manamo, la cual fue construida por CVG en los años sesenta para el control de inundaciones y para el desarrollo agrícola. El Caño Manamo es un canal que serpentea irregularmente al igual que el Caño Macareo. La profundidad promedio es 7 m en la estación seca. El ancho promedio es 580 m y el cauce más angosto es de 160 m.

### (3) Descarga, Nivel del Agua y Velocidad

#### 1) Caño Río Grande

La descarga anual promedio al inicio del Delta del Orinoco se estima en 35,000 m<sup>3</sup>/s, mientras que las descargas mensuales en agosto (estación lluviosa) y marzo (estación seca) son de 68,000 m<sup>3</sup>/s y 7,200 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. De acuerdo a la Estación Palúa el nivel de agua varía 12 m por año. La amplitud de marea anual en la desembocadura excede 1.7 m. Las velocidades medias durante la estación lluviosa y seca son 1.0 m/s y 0.2 m/s, respectivamente.

#### 2) Caño Macareo

La descarga anual promedio es 3,600 m<sup>3</sup>/s aguas abajo de la bifurcación del Caño Manamo, el 10% de la descarga del Río Orinoco. La descarga mensual en agosto (estación lluviosa) y marzo (estación seca) es 7,000 m<sup>3</sup>/s y 1,000 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Consecuentemente, el nivel de agua varía de 7.1 m en agosto a menos de 1 m en marzo. Las velocidades anuales máximas y mínimas, a 140 km de la desembocadura del río son 0.9 m/s y 0.2 m/s, respectivamente como valor promedio del corte transversal.

#### 3) Caño Manamo

La descarga controlada a través de la Compuerta Manamo actualmente es 130 m<sup>3</sup>/s y 200 m<sup>3</sup>/s en la estación seca y la estación lluviosa, respectivamente. El nivel de agua en la actualidad en el Caño Manamo varía en un rango entre 0.7m y 1.2m, mientras que antes del cierre había aproximadamente una variación estacional de 7 m. A 70 km de la desembocadura del río la velocidad anual máxima y mínima es 0.5 m/s y 0 m/s, respectivamente, como valor promedio del corte transversal, como resultado del flujo de la marea.

#### **(4) Transporte de Sedimento**

La carga total de sedimento del Río Orinoco está registrada en aproximadamente 150 millones de toneladas por año. La cantidad del arrastre del fondo es de 34 - 54 millones de toneladas por año (aproximadamente 15 millones de m<sup>3</sup> por año). En estación lluviosa, casi todo el material del lecho se mueve como material de arrastre del fondo puesto que la velocidad de corte excede las velocidades de corte críticas del material del lecho. La sedimentación ocurre al final de la estación lluviosa en todas las secciones del río (no solamente en las secciones dragadas). Aguas abajo de la compuerta Manamo se presenta una reducida cantidad de material de arrastre de fondo con excepción de los tramos de marea. La carga total de sedimento en suspensión no contribuye al cambio de elevación del lecho debido a que la descarga en sí es pequeña.

La variación del material del lecho a lo largo del canal interior del Caño Río Grande es insignificante y el diámetro generalmente oscila entre 0.1 mm a 1 mm, de arena fina. El promedio del Diámetro Medio,  $d_{50}$ , es 0.4 mm, a pesar de que arena más fina o cieno puede encontrarse en el lecho del río. El material del lecho del Río Grande se puede tratar como un material uniforme representado por  $d_{50}$ .

Al comparar el material del lecho del Caño Río Grande con el de los caños Manamo y Macareo, estos últimos están compuestos de arena más fina y cieno como resultado de una menor velocidad de flujo debido al control del nivel del agua por la Compuerta Manamo.

#### **(5) Cambio de Curso debido a los Meandros y Barras de Arena**

De acuerdo a los resultados del análisis de imagen satelital, el cambio anual del curso de río es insignificante en el Delta del Orinoco. La diferencia en el curso del río entre 1987 y 1998 es también menor en todo el delta. La única diferencia en el curso se detecta a la mitad del canal en los tramos en San Félix y Barrancas.

El tramo superior y medio del Caño Río Grande se encuentra flanqueado por un material de banco fino y cohesivo, el cual tiene un movimiento lateral insignificante. El tramo inferior es también estable puesto que predomina el efecto de la marea.

El tramo superior del Caño Macareo es meándrico y se encuentra flanqueado por un sistema de bordes naturales constituidos por materiales finos y cohesivos. A 100 km, el meandreo progresa originando el acortamiento del canal, formado por lo menos después de 1953. El nuevo canal no tiene los bordes naturales, lo que implica que el canal en sí, en este tramo, se encuentra en proceso meándrico. El tramo inferior es estable puesto que predomina el efecto de marea.

La sedimentación ha continuado en el tramo aguas arriba de la Compuerta Manamo, principalmente debido a la obstrucción del arrastre de fondo por la compuerta. El tramo aguas arriba, en el punto de

bifurcación, podría separarse debido a la sedimentación en el futuro. El tramo aguas abajo de la Compuerta está dominado fuertemente por el flujo de marea en lugar de flujo fluvial.

#### (6) Concentración Salina

La intrusión de salinidad no se observa en el Caño Río Grande, debido a que la amplitud de la marea es comparativamente pequeña y el caudal del río es tan grande (Fundación La Salle).

De acuerdo a estudios anteriores (CVG en los 60 y CVG en los 90), se observó intrusión de salinidad en el Caño Manamo a 90 km de la desembocadura del río, antes del cierre por la Compuerta Manamo. Para complementar los estudios anteriores, se realizaron mediciones por JICA en 1998-1999, mostrando una concentración de salinidad en el Caño Macareo únicamente a 20 km de la desembocadura del río.

No hubo ninguna diferencia significativa en la intrusión de salinidad entre la pleamar y bajamar tanto en los Caños Manamo como Macareo.

#### (7) Características de la Navegación Fluvial

En esta sección para evaluar el potencial de navegación en los 3 cauces, Caño Río Grande, Macareo y Manamo, se consideró su longitud, profundidad, anchura, sinuosidad y estabilidad (Ver Tabla R.3.1).

**Tabla R.3.1 Potencial de Navegación en Tres Canales**

Item	Caño Río Grande	Caño Macareo	Caño Manamo
Longitud	339 km incluyendo Boca Grande	194 km	203 km
Longitud de los tramos con profundidad menor a 34 pies	128 km (50 km en secciones fluviales y 78 km en Boca Grande)	47 km	114 km
Promedio de Profundidad bajo NAB	11 m	8 m	7 m
Ancho del Canal (Min/Ave.)	420 m / 2100 m	340 m / 630 m	160 m / 580 m
Patrón del Canal	La mayoría es recto y trezado/ algunas secciones meándricas	Irregularmente meándrico	Irregularmente meándrico
Estabilidad del Canal	Comparativamente estable	Aún en progreso (Corte y erosión en margen)	Estaba en progreso, pero el tramo aguas abajo de la compuerta se estabilizó.
Otros			Presencia de la Compuerta Manamo a 188 km.
Potencial de Navegación	O	X	X

Basándose en las características del cauce ilustradas anteriormente y resumidas en esta tabla, se concluye que el Caño Río Grande tiene el potencial más alto para la navegación con respecto a la profundidad, anchura, sinuosidad y estabilidad de cauce.

### 3.2 Características de la Costa

*Defense Mapping Agency of the United States* tiene 50 áreas/estaciones representativas en el Océano Atlántico Norte en las que se encuentra disponible la información de observaciones climáticas superficiales. Las estaciones No. 44, 45 y 48 proporcionan información de la costa del Atlántico en Venezuela, muy pertinente al área del estudio. Puede observarse que las direcciones predominantes del viento delante de la costa Atlántica venezolana son respectivamente E, NE y SE y la velocidad del viento varía entre 9 a 14 nudos.

Los datos referentes al oleaje frente al área de estudio se resumen de los datos disponibles en las estaciones 44, 45 y 48. La altura de ola significativa es de aproximadamente 1.6-1.7 m en un período de 6-7 sec.

Las mareas a lo largo de la línea costera en el Delta del Orinoco son semidiurnas con una variación máxima de nivel de aproximadamente 1.8~2 m cerca de la entrada a Boca Pedernales y 1.5~1.7 m cerca de la entrada del Río Orinoco.

La Corriente Sub-Ecuatorial fluye en dirección noroeste desde las costas de Surinam, Guayana y Venezuela a una velocidad promedio de aproximadamente 1.25 nudos. El efecto de las corrientes es menos marcado tierras adentro del contorno de -100m de profundidad, sobre todo a 30 millas de la costa donde la influencia de la marea puede predominar.

Los huracanes no representan un factor de riesgo en el área de estudio.

El Delta del Orinoco alrededor del área de Boca Grande es un ejemplo típico de un delta activo dominado por el efecto del río, especialmente alrededor de la desembocadura del Río Grande. Sin embargo, se considera que el delta es estable al oeste del meridiano Oeste 61°. En general, la descarga sedimentaria del río tiene un efecto menor en la formación de los contornos de profundidad para profundidades iguales o mayores a BMMV -38m. Asimismo, las desembocaduras de los ríos en forma de embudo al oeste del meridiano Oeste 60° 30' son una evidencia de la influencia de las mareas y corrientes de mareas, especialmente durante los periodos de nivel bajo del río lo que sugiere que esta región está controlada por las mareas.

En el área costera alrededor de la desembocadura del Río Macareo, los contornos de profundidad son paralelos y más uniformes que aquéllos que se encuentran en Boca Grande. El lecho marino tiene una cuesta bastante apacible hasta una profundidad de BMMV -5m y posteriormente una más pronunciada entre las profundidades BMMV -5 y BMMV -30m.

El volumen promedio anual de dragado en el tramo Boca Grande fue aproximadamente 7,000,000 m<sup>3</sup>, para el periodo entre 1964 y 1974. Esto implica que una profundidad promedio de 0.8m necesita ser

dragada anualmente en el tramo entero de Boca Grande (74 km por 120 m). Sin embargo, de acuerdo a NOUEL y TAMS (1991), el volumen total de dragado es aproximadamente 10,420,000 m<sup>3</sup>, lo que significa que es necesaria una profundidad promedio de dragado de 1.2m. Es más, los resultados batimétricos en el canal exterior en Boca Grande ejecutados en abril de 1997 de abril (pre-dragado) y en septiembre de 1997 de septiembre (post-dragado) muestran que la cantidad de dragado fue aproximadamente 13,320,000 m<sup>3</sup>. Puede observarse que la profundidad promedio de dragado ha estado aumentando en recientes años, debido a la reciente disminución en la eficacia de las actividades de dragado.

Por otro lado, se cree que la proporción de sedimentación en la desembocadura de Macareo será menor que en Boca Grande por las razones siguientes.

1. El área está bien protegida del mar abierto, es decir, menos expuesta a la energía del oleaje.
2. La descarga del Río Macareo es mucho menor que la del Río Grande.
3. El contorno de profundidad delante de Macareo es más pronunciada que en el área del Río Grande.