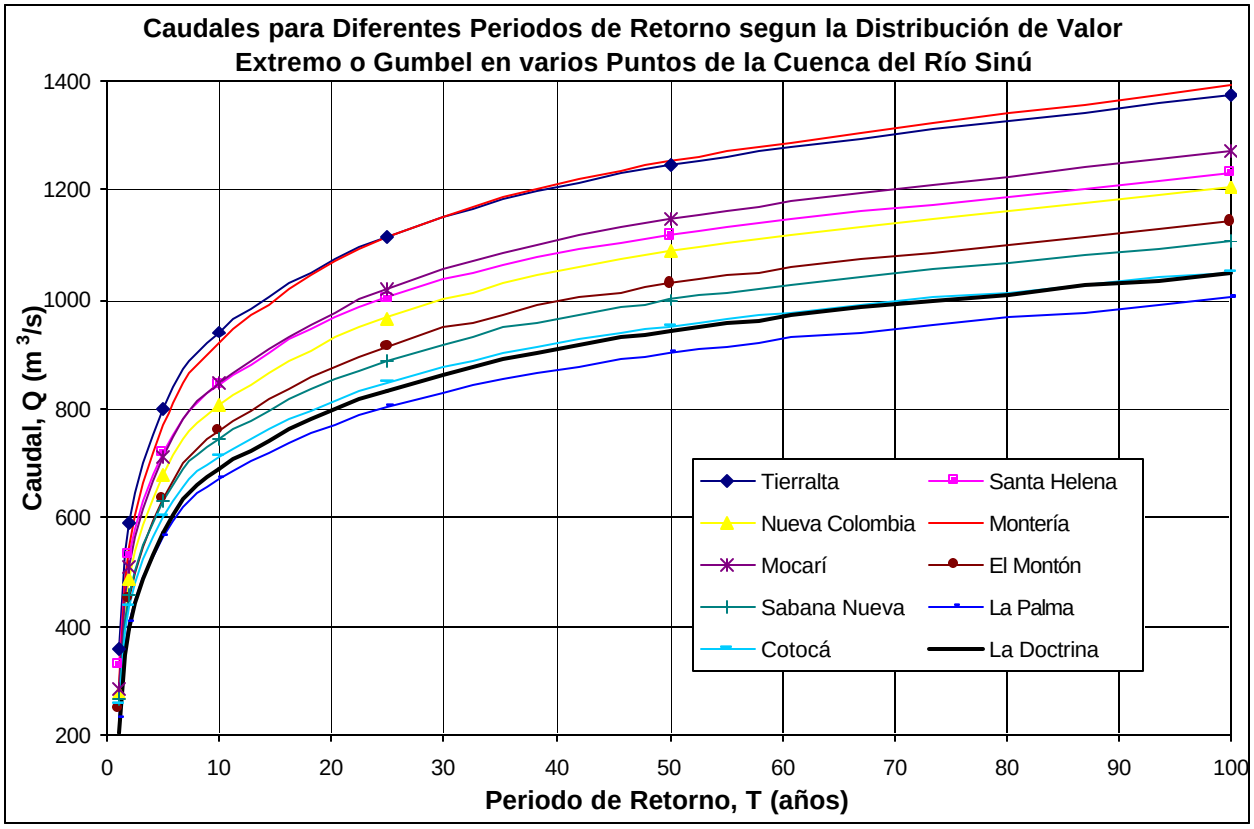
ÍNDICE							
Categoría	**Número de Documento**	**Fecha**	**Descripción**	**Observacion**	**Tomo**	**N° de Folio Inicio**	**N° de Folio Final**
Consultoría carpetas Ambiental			CONTINUACIÓN Cap. 6. Recurso Hidrico		24	4601	4699
Consultoría carpetas Ambiental			Cap. 6. Recurso Hidrico ANEXOS		24	4700	4728
Consultoría carpetas Ambiental			Cap. 7. Inventario de usuarios		24	4729	4800

CONTINUACIÓN Cap. 6. Recurso Hidrico

Orden	Probabilidad	Caudal Observado	Caudal Calculado (Gumbel)	Caudal Calculado (Normal)	Caudal Calculado (Log - Normal)	Gumbel (O-C)^2/C	Normal (O-C)^2/C	Log-Normal (O-C)^2/C
13	0.394	930.7	968	997	983	1.437	4.409	2.783
14	0.424	933	970	998	985	1.411	4.233	2.745
15	0.455	933.4	974	1000	990	1.692	4.436	3.236
16	0.485	936	976	1003	995	1.639	4.476	3.498
17	0.515	938.4	977	1005	998	1.525	4.413	3.559
18	0.545	943.8	980	1007	1000	1.337	3.966	3.158
19	0.576	943.8	983	1009	1000	1.563	4.213	3.158
20	0.606	949.2	985	1011	1010	1.301	3.778	3.660
21	0.636	950	987	1014	1015	1.387	4.039	4.163
22	0.667	950	990	1015	1020	1.616	4.163	4.804
23	0.697	955	994	1016	1025	1.530	3.662	4.780
24	0.727	956.4	998	1020	1030	1.734	3.966	5.259
25	0.758	960	1003	1023	1035	1.843	3.880	5.435
26	0.788	964.8	1006	1026	1040	1.687	3.651	5.438
27	0.818	966	1011	1030	1045	2.003	3.977	5.972
28	0.848	966	1016	1035	1050	2.461	4.600	6.720
29	0.879	975	1023	1038	1060	2.252	3.824	6.816
30	0.909	1010	1028	1042	1070	0.315	0.983	3.364
31	0.939	1020	1043	1047	1080	0.507	0.696	3.333
32	0.970	1100	1064	1060	1100	1.218	1.509	0.000
33	1.000	1240	1161	1115	1240	5.376	14.013	0.000
Nivel de confianza de 99.5 % y 32 grados de libertad			**53.7**			**49.448**	130.831	100.428
Nivel de confianza de 99 % y 32 grados de libertad			**50.9**					

Se hizo la suposición de que todas las estaciones siguen esta distribución. Por lo tanto en todas las demás se trabajó con la distribución Gumbel (ver Figura No.10)

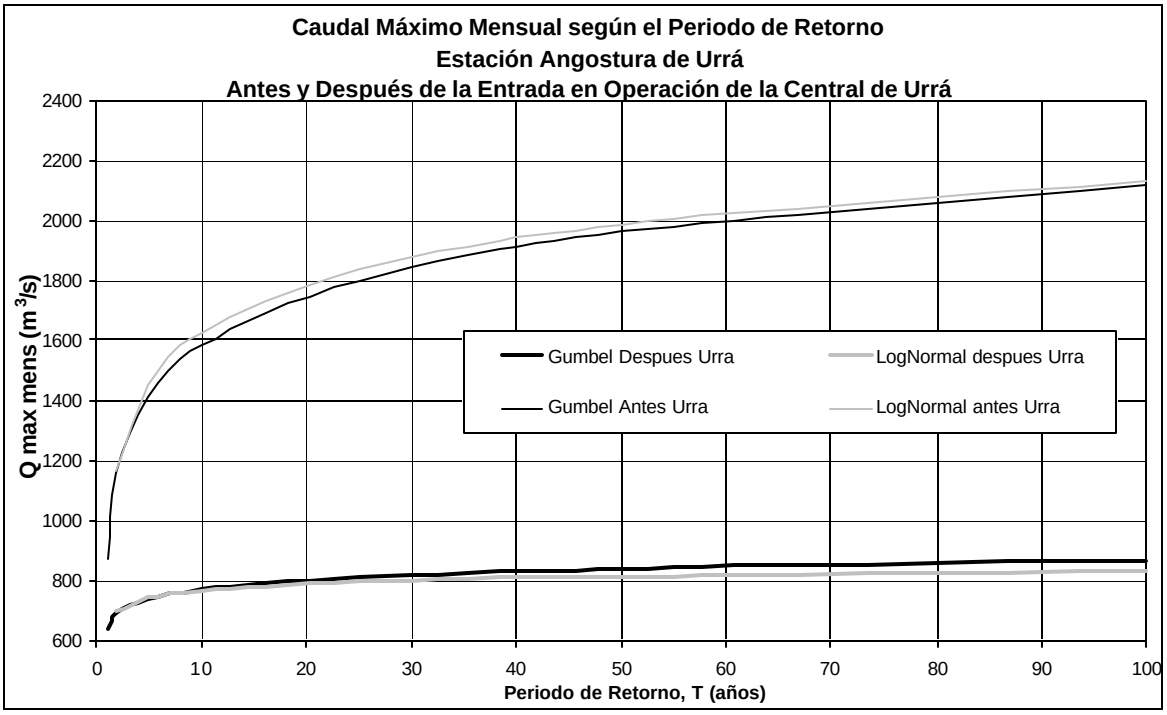
Figura No. 10 Caudales y periodos de retorno asociados para las estaciones sobre el río Sinú



Este análisis sirve para conocer cuales son los periodos de retorno de eventos extremos a los largo del recorrido del río Sinú y sus respectivas magnitudes.

La estación Angostura de Urrá amerita un análisis especial debido al cambio de comportamiento que experimentó el río con respecto a la generación de caudales extremos debido a la construcción del embalse de Urrá. En este caso se aplico una metodología similar a la explicada para las demás estaciones. Ver Figura No. 11.

Figura No. 11 Análisis de frecuencia de caudal máximo mensual para la estación Angostura de Urrá



Según la gráfica anterior la magnitud de eventos extremos máximos para periodos de retorno dados se redujo considerablemente después de Urrá. Es así como para un mismo periodo de retorno (i.e 50 años) antes se tenia que el caudal máximo estaba cerca a los 2000 m^3/s ahora para el mismo periodo de retorno este disminuyo a tan solo 800 m^3/s. Por otro lado, un caudal que se presentaba antes con un periodo de retorno bajo, es decir que ocurría con mucha frecuencia, ahora se presenta con menor frecuencia ya que el periodo de retorno aumentó.

Análisis de Frecuencia de Caudal Mínimo Mensual

En este caso la variable denominada como evento hidrológico extremo es el caudal mínimo mensual ($Q_{\text{min mens}}$). Para este análisis se trabajó con las dos expresiones formuladas en el numeral 6.4.2.1.2, Análisis de Frecuencia Utilizando Posiciones de Graficación.

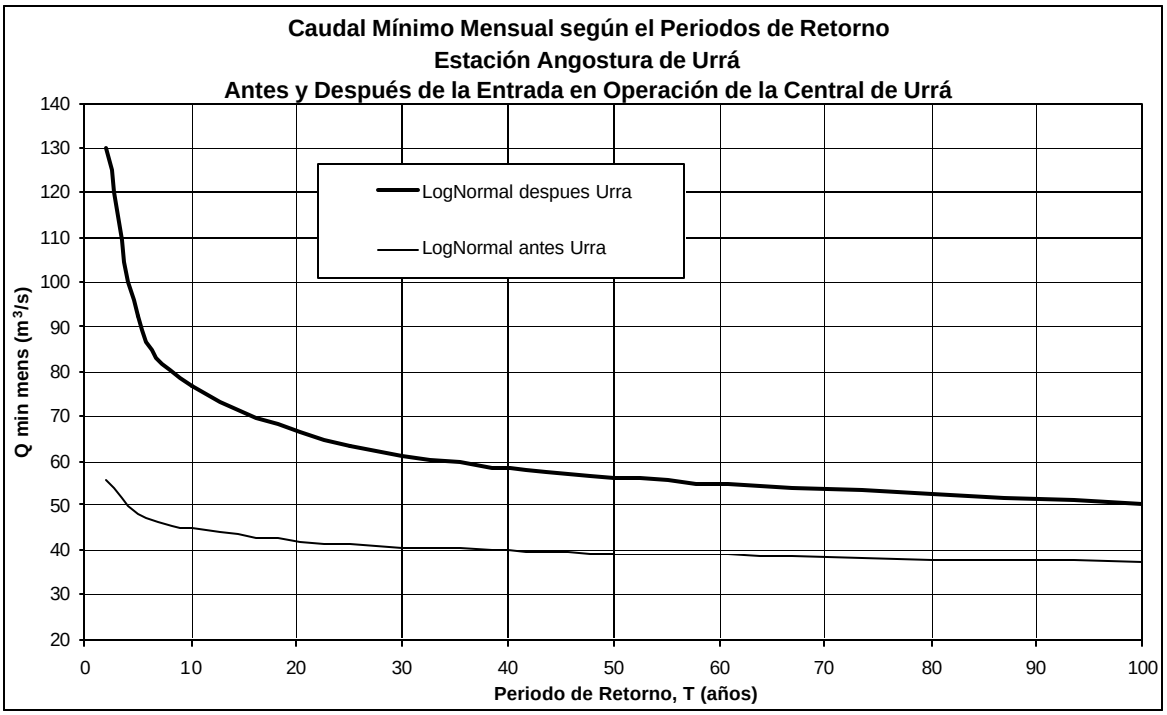
El resultado del análisis puede llevarse a una gráfica de $Q_{\text{min mens}}$ vs. T y de ahí formular un modelo de regresión ajustada para interpolar o extrapolar y predecir

diferentes periodos de retorno (T=2, 5, 10, 25, 50 y 100 años) hallando una ecuación en la cual $Q_{\text{min mens}} = f(T)$.

Esta ecuación también puede ser utilizada para estimar el periodo de retorno de un determinado valor de $Q_{\text{min mens}}$ o viceversa.

Con las distribuciones mencionadas en el numeral 6.4.2.1.3, Análisis de Frecuencia Utilizando Factores de Frecuencia, se llevo a cabo el análisis de frecuencia de $Q_{\text{min mens}}$ para la estación Angostura de Urrá.

Figura No. 12 Análisis de frecuencia de caudal mínimo mensual para la estación Angostura de Urrá



Según la gráfica anterior la magnitud de eventos extremos mínimos para periodos de retorno dados se incrementó después de Urrá. Es así como para un mismo periodo de retorno (i.e 50 años) antes se tenia que el caudal mínimo estaba cerca a los 40 m^3/s ahora para el mismo periodo de retorno este aumento a 60 m^3/s. Por otro lado, un caudal mínimo que se presentaba antes con un periodo de retorno bajo, es decir que ocurría con mucha frecuencia, ahora se presenta con menor frecuencia ya que el periodo de retorno aumentó.

6.4.3 Modelo Hidráulico del Río Sinú

6.4.3.1 Introducción

Con el fin de estudiar la dinámica y el comportamiento hidráulico general del río Sinú y de los sistemas cenagosos asociados se implemento un modelo de computador utilizando el paquete computacional HEC-RAS versión 3.0. Con este software se configuraron diferentes modelos y se hicieron varias simulaciones para diferentes escenarios tal como río Sinú independiente, río Sinú incluyendo sistemas cenagosos de Betancí (con y sin "Tapa") y Cienaga Grande del Bajo Sinú, Caño Bugre, etc.

La simulación tiene como objetivo:

- Realizar un análisis de las condiciones actuales del río Sinú y su comportamiento hidráulico considerando la operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá.
- Diagnóstico del Caño Betancí para determinar como ha sido afectado por la nueva dinámica hidráulica de la cuenca.
- Diagnóstico del Caño Aguas Prietas para evaluar su estado actual.
- Efectuar una evaluación de eventos extremos históricos

6.4.3.2 Descripción del Software HEC-RAS

HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center River Analysis System, por sus siglas en inglés) es un sistema de software integrado, diseñado para ser usado en un ambiente multi-tarea y multi-usuario a través de redes. Este fue diseñado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers).

El sistema esta compuesto por:

- Una interfaz grafica para el usuario: facilita el uso del software (manejo de archivos, tabulación y edición de datos de entrada, análisis hidráulicos, despliegue de información de entrada o salida en tablas o graficas, creación de reportes e informes, ayuda en línea)
- Componentes separados para análisis hidráulicos

- Componentes para almacenamiento y manejo de información y datos (en archivos "planos" ASCII o binarios, archivos con formato HEC-DSS para ser exportados a otros sistemas)
- Componentes para generar graficas y reportes detallados (esquema en planta del sistema hidrográfico, gráficas de secciones transversales, gráficas de perfiles, curvas de calibración, hidrogramas, gráfica del perfil en 3D del sistema, tablas prediseñadas o generadas por el usuario).

HEC-RAS básicamente esta compuesto por dos módulos de cálculo unidimensional independientes: (1) módulo de cómputo de perfiles para flujo permanente y (2) módulo para simulación de flujo no permanente. Sin embargo los dos módulos pueden correr con la misma geometría y están diseñados para funcionar con base en las mismas rutinas de cálculo hidráulico. Adicionalmente, el programa posee componentes de diseño los cuales se pueden integrar con los módulos arriba mencionados (Brunner, 2001b).

Por medio de HEC-RAS se pueden realizar simulaciones hidráulicas en una dimensión para sistemas de redes de canales tanto naturales como artificiales incluyendo estructuras hidráulicas como: coulverts, puentes, vertederos, rebosaderos y cuerpos de retención y almacenamiento como embalses.

El módulo de flujo permanente efectúa el cálculo del perfil de flujo gradualmente variado para regímenes de flujo supercrítico, subcrítico o mixto.

El procedimiento de cálculo está basado en la solución de la ecuación de energía. Las pérdidas de energía son determinadas por fricción (ecuación de Manning) y por coeficientes de expansión y contracción (los cuales se multiplican por el cambio en la cabeza de velocidad) (Brunner, 2001a).

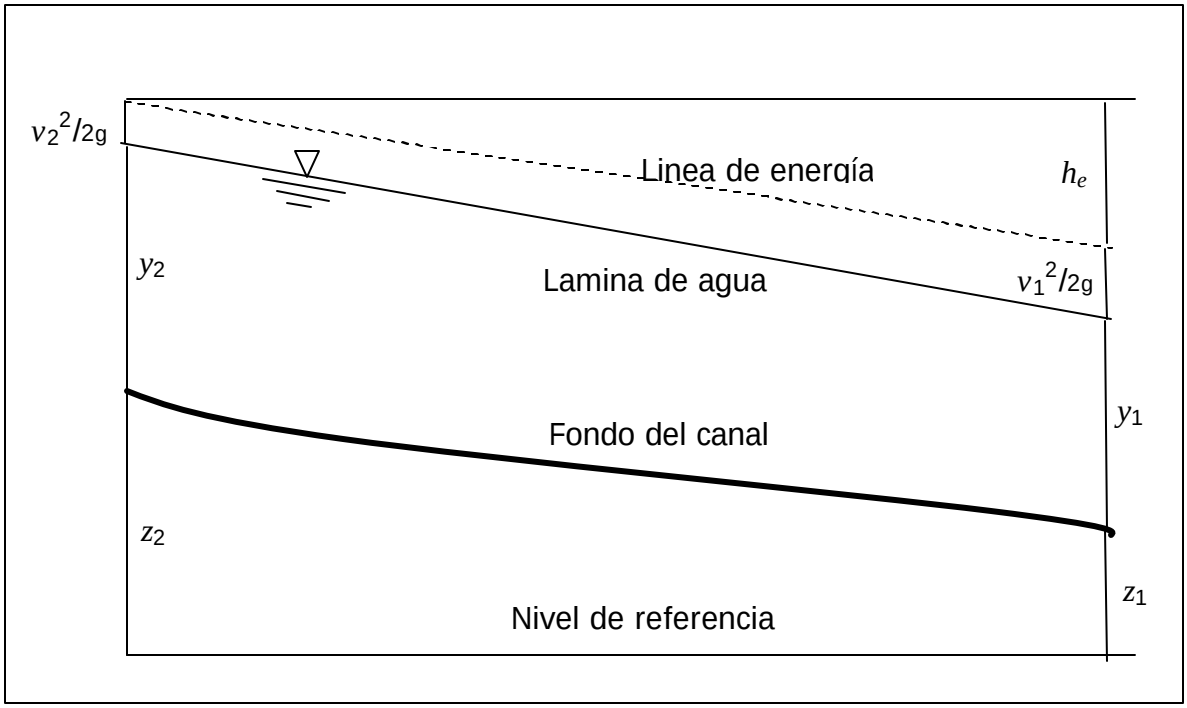
$$y_2 + z_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_e$$

donde

y_1, y_2 = profundidad del agua en las secciones 1 y 2 respectivamente (m)
z_1, z_2 = elevación con respecto a un nivel de referencia de la batea de las secciones 1 y 2 respectivamente (m)
v_1, v_2 = velocidad del agua en las secciones 1 y 2 respectivamente (m/s)
α_1, α_2 = coeficientes de velocidad en las secciones 1 y 2 respectivamente
g = aceleración debido a la gravedad (m/s^2)

h_e = pérdida de energía de la sección 1 a la 2 (m)

Figura No. 13 Representación gráfica de los términos de la ecuación de energía



La pérdida de energía entre dos secciones (h_e) se calcula como sigue:

$$h_e = LS_f + C\left|\frac{a_2 v_2^2}{2g} - \frac{a_1 v_1^2}{2g}\right|$$

donde

L = distancia entre secciones (m)
S_f = pendiente de la línea de energía
C = coeficiente de expansión o contracción

En HEC-RAS el caudal es calculado por medio de la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

donde

Q = caudal en la sección transversal (m^3/s)
n = coeficiente de rugosidad de Manning
A = área de la sección transversal (m^2)
R = radio hidráulico en la sección transversal (m)
P = perímetro mojado en la sección transversal (m)

En situaciones en las que se presenta flujo rápidamente variado, la ecuación de momentum es utilizada. Estas situaciones incluyen resalto hidráulico, flujo a través de puentes, confluencias o bifurcaciones de ríos (Brunner, 2001a). La ecuación de momentum es como sigue:

$$\frac{Q_2 b_2}{gA_2} + A_2 y_2 + \left(\frac{A_2 + A_1}{2}\right) LS_0 - \left(\frac{A_2 + A_1}{2}\right) LS_f = \frac{Q_1 b_1}{gA_1} + A_1 y_1$$

donde

Q_1, Q_2 = caudal en las secciones 1 y 2 respectivamente (m^3/s)
A_1, A_2 = área transversal en las secciones 1 y 2 respectivamente (m^2)
y_1, y_2 = profundidad del agua en las secciones 1 y 2 respectivamente medida desde la superficie hasta el centroide de la sección (m).
L = distancia entre secciones (m)
S_f = pendiente de la línea de energía
S_0 = pendiente del fondo del canal
β_1, β_2 = coeficientes de momentum en las secciones 1 y 2 respectivamente (se utiliza para considerar el cambio en distribución de velocidad a causa de las irregularidades del canal)

6.4.3.3 Configuración del Modelo Hidráulico del Río Sinú

Información de entrada

La información básica de entrada para la configuración del modelo fue la siguiente:

Secciones transversales

Se utilizaron secciones transversales del río Sinú, Caño Betancí, Caño Aguas Prietas y Caño Bugre suministradas por la Empresa Urrá S.A E.S.P. Estas han sido medidas en diferentes instantes de tiempo a partir de Enero de 2000. Adicionalmente la CVS proporcionó otras secciones en la parte baja de la cuenca. La ubicación de las secciones transversales y sus abscisas se muestra en la Tabla No 14.

Tabla No. 14 Localización de las secciones transversales utilizadas en el modelo hidráulico del río Sinú en HEC-RAS

Sección Transversal	Latitud (m)	Longitud (m)	Distancia a la sección de aguas abajo (km)	Abscisa (km)	Corriente	Fuente
Puente Pacheco	1379141.6	765816.1	3.4	281.4	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Santa Ana	1379865.7	768485.8	6.9	278	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Pasacaballos	1383730.3	770221.4	13.2	271.1	Sinú	Urra S.A E.S.P.
El Toro	1388168.8	773981.8	16.0	257.9	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Carrizola	1394852.9	777446.4	6.4	241.9	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Tierralta	1397663.5	780982.8	11.1	235.5	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Río Nuevo	1404333.6	781092.5	13.7	224.4	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Volador	1410633.2	781537.3	11.3	210.7	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Bellavista	1416184.6	784045.0	18.2	199.4	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Las Palomas	1425998.7	788624.0	14.2	181.2	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Nueva Colombia	1432136.9	790582.3	9.5	167	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Gallo Crudo	1439475.4	792240.1	23.8	157.5	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Nápoles	1452463.4	795210.1	16.4	133.7	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Montería	1460062.0	800262.8	8.6	117.3	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Mocarí	1465854.0	803898.9	5.7	108.7	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Isla Blanca	1470990.0	804428.0	13.7	103	Sinú	CVS
San Pelayo	1479561.6	804209.1	7.7	89.3	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Carrillo	1485482.0	806501.0	20.2	81.6	Sinú	CVS
Boca de Guamal	1501327.0	807234.0	10.4	61.4	Sinú	CVS
Playón	1508471.0	808662.0	0.7	51	Sinú	CVS
La Palma	1509140.4	808660.5	5.6	50.3	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Cotocá	1512222.8	806904.2	17.1	44.7	Sinú	Urra S.A E.S.P.
La Doctrina	1519631.8	800558.9	10.3	27.6	Sinú	Urra S.A E.S.P.
Planta San Bernardo	1525157.0	794355.0	17.3	17.3	Sinú	CVS
Caño Aguas Prietas	1512488.7	809104.3			Caño Aguas Prietas	Urra S.A E.S.P.
Caño Bugre	1468243.1	805683.5			Caño Bugre	Urra S.A E.S.P.

Curvas de capacidad de las ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú

Las curvas de cota – área – volumen de las Ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú fueron tomadas del informe *"Estudio Preliminar de las Inundaciones Aguas Abajo del Proyecto Urrá I"* (Diaz-Granados, 1997). A continuación se muestran las curvas en la Tabla No. 15 y Tabla No. 16

Tabla No. 15 Curva de cota – área – volumen para la Cienaga de Betancí

Cota (m.s.n.m.)	Área ($1x10^6$ m^2)	Volumen ($1x10^6$ m^3)
20	12	0
21	14.5	15
22	16.2	32
23	17.7	47
24	18.7	66
25	20.2	85

Tabla No. 16 Curva de cota – área – volumen para la Cienaga de Grande de Lorica

Cota (m.s.n.m.)	Area ($1x10^6$ m^2)	Volumen ($1x10^6$ m^3)
1.5	0	0
1.75	6	2
2	12	4
2.5	28	14
3	60	40
3.5	105	80
4	170	150
4.5	265	270
5	360	420
5.5	440	630

Hidrogramas de entrada

Los hidrogramas se constituyen en información de entrada básica para el modelo. Estos deben ser introducidos en puntos estratégicos (secciones) del modelo como en la parte alta donde se inicia un tramo de río o en donde haya un cambio de caudal importante. Este modelo fue alimentado con un hidrograma de entrada a nivel diario aguas abajo del Embalse de Urrá, sitio de la primera sección, y adicionalmente con hidrogramas laterales también a nivel diario en varios puntos del río Sinú en donde se tienen registros históricos de caudal.

Condiciones de frontera

Todo modelo hidráulico necesita condiciones de frontera en los límites externos de los sistemas que esta modelando. En este caso el modelo río Sinú se formula con 4 tipos de fronteras naturales:

1. Frontera de aguas arriba: esta conformada por la sección Puente Pacheco solo unos metros aguas abajo del Embalse de Urrá en la abscisa k281+400. La condición de frontera es de hidrograma de entrada.
2. Frontera de aguas abajo: es la sección de la Planta de San Bernardo (abscisa k17+300). La condición de frontera es una curva de calibración (y vs. Q).
3. Frontera en los cuerpos de agua: constituidas por la Cienaga de Betancí y la Ciénaga Grande del Bajo Sinú. La condición de frontera es un hidrograma de entrada a cada una de ellas.
4. Fronteras internas: Se presenta en varios puntos a lo largo del río. La condición de frontera se da como un hidrograma lateral.

Ver detalles en la Figura No. 18.

Calibración del modelo

La calibración del modelo tiene dos finalidades: 1) calibrar los valores de la rugosidad del lecho y de las bancas (n de Manning) para todas las secciones consideradas y 2) verificar la validez del modelo hidráulico debido a que el número de secciones es poco considerando la longitud del río Sinú y por esto mismo la distancia entre secciones es alta.

En la calibración (y posteriormente en la etapa de verificación) se consideró el río Sinú como un solo sistema conformado por un canal en el cual la interacción con caños, ciénagas y afluentes se modela por medio de hidrogramas laterales en varios puntos a lo largo de su cauce y no por modelación como tal de dichos canales. Con estos hidrogramas se esta considerando si hay aportes al río cuando los hidrogramas son positivos (i.e. Caño Betancí, Caño Aguas Prietas y otros afluentes) o si hay aportes del río si los valores de caudal en el hidrograma son negativos (i.e. Caño Bugre, Caño Aguas Prietas cuando el flujo de aguas sucede del río hacia la Cienaga Grande del Bajo Sinú).

Para la calibración se consideraron los datos de nivel de lámina de agua diarios registrados en la estación de Las Palomas[1], ubicada en la cuenca media del río Sinú (abscisa k181+200) en el corregimiento de su mismo nombre. La calibración se llevo a cabo variando los valores de rugosidad tanto del lecho como de las bancas y comparando los valores del nivel de la lámina de agua registrados con los simulados. Así, en cada nueva corrida, se realizaban ajustes sucesivos a los valores del n de Manning hasta que el error porcentual entre el promedio de los datos registrados y simulados fuera el mínimo posible.

Con el fin de tener calibrado el modelo para diferentes rangos de caudal, la calibración se llevó en forma paralela con tres simulaciones de 30 días cada una de la siguiente forma.

Tabla No.17 Condiciones para la calibración del modelo hidráulico del río Sinú

Simulación	Rango de caudal	Q medio (m^3/s)	Q max (m^3/s)	Fecha inicio simulación	Fecha final simulación
1	Bajo	231.8	251.0	Feb.-1-2001	Feb.-28-2001
2	Medio	303.3	426.0	Abr.-1-2000	Abr.-30-2000
3	Alto	594.7	675.0	Jul.-1-2002	Jul.-31-2002

La calibración comenzó con un valor de n de Manning de 0.030 tanto para fondo del lecho como para bancas. Haciendo los ajustes sucesivos se llegó a tener el menor porcentaje de error entre valores registrados y simulados con valores de n de 0.028 para lecho y 0.050 para bancas.

[1] Se escogió este sitio para efectuar la calibración y verificación del modelo ya que para esta estación se tienen registros diarios de nivel reportados por la Empresa Urrá S.A. E.S.P. (Gómez y Cajiao, 2002)

El porcentaje de error para la simulación con rango de caudal bajo fue de 4.57% (ver la Figura No. 14), 5.98% (ver la Figura No. 15) para caudal medio y 11.85% para caudal alto (ver la Figura No. 16).

Figura No. 14 Resultado de la calibración del n de Manning (n = 0.028 en el fondo del lecho y n = 0.050 en las bancas) para caudal bajo

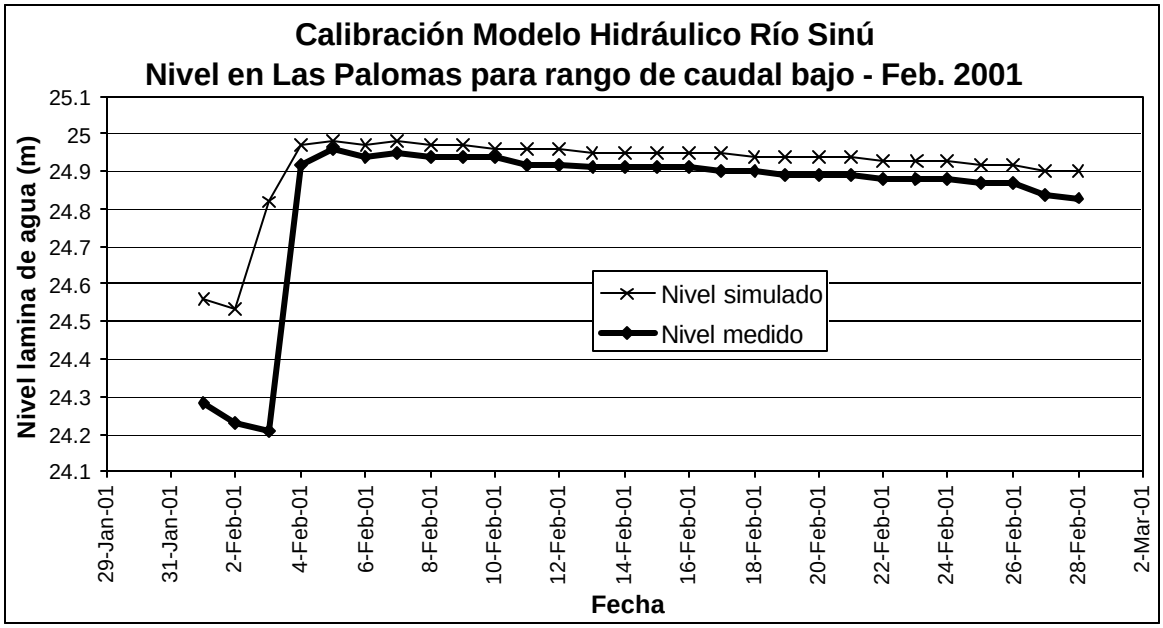


Figura No. 15 Resultado de la calibración del n de Manning (n = 0.028 en el fondo del lecho y n = 0.050 en las bancas) para caudal medio

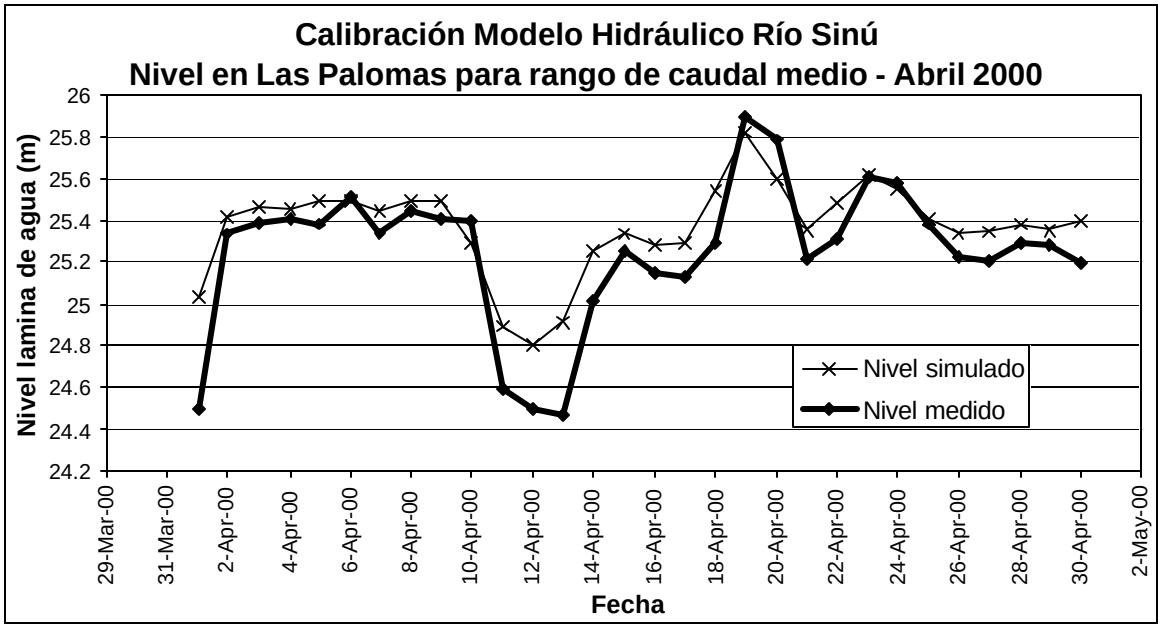
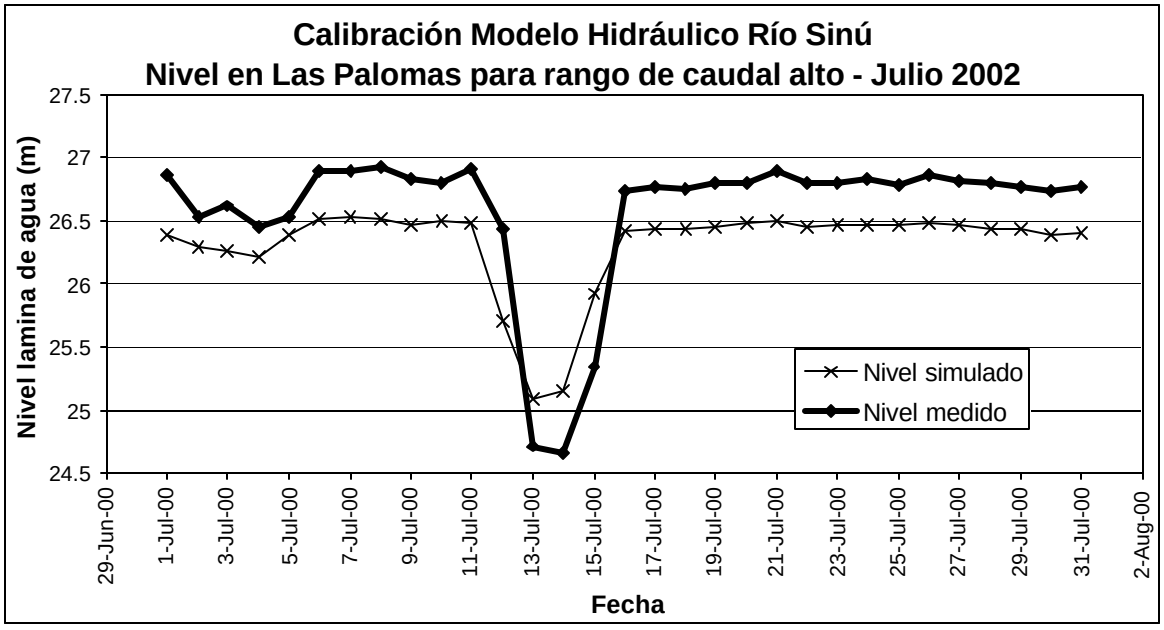


Figura No. 16 Resultado de la calibración del n de Manning (n = 0.028 en el fondo del lecho y n = 0.050 en las bancas) para caudal alto



Los anteriores resultados muestran un muy buen ajuste entre valores históricos y valores simulados confirmando que el número de secciones transversales es

suficiente. Además dan una confiabilidad muy alta en los resultados de las simulaciones en las cuales se planea utilizar el modelo.

Sin embargo, cabe resaltar que el modelo subestima el nivel de lámina de agua para valores altos de caudal y, por lo contrario, lo sobrestima cuando se trata de valores de caudal bajos o medios.

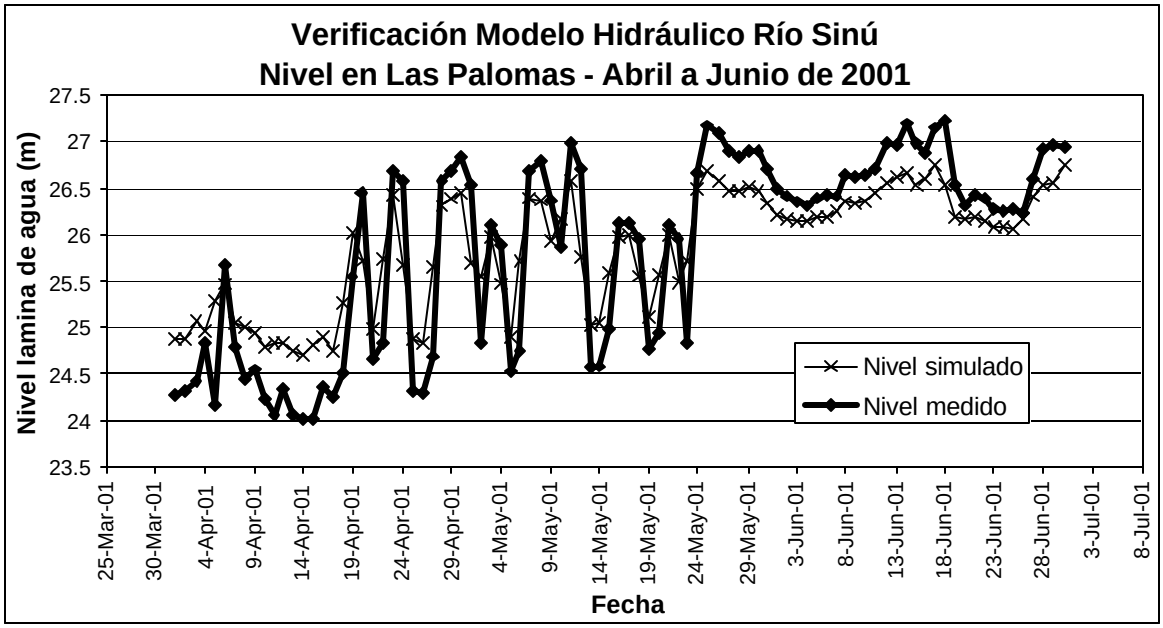
Verificación del modelo

Posterior a la calibración del modelo se debe llevar a cabo una etapa de verificación del mismo con el fin de darle validez definitiva y determinar si los valores de rugosidad adoptados son verdaderamente adecuados.

La verificación se hizo haciendo la simulación en un periodo diferente a los de la calibración. Se escogió el periodo de Abril a Junio de 2001 de modo que los caudales variaran en todo el rango de caudal. El caudal medio en este periodo es de 443 m^3/s con un valor máximo de 759 m^3/s y un valor mínimo de 119 m^3/s.

La Figura No. 17 muestra los resultados de la verificación del modelo.

Figura No. 17 Resultado de la verificación del modelo



Las siguientes son las conclusiones de la etapa de verificación:

- En general, el promedio de error es de 23.7%.
- La tendencia general en el cambio de nivel de lámina de agua es mantenida a lo largo de todo el tiempo, es decir el modelo es sensible a pequeños cambios en el nivel de la lámina de agua aunque su magnitud no sea exactamente igual a la registrada.
- Para el rango de caudal bajo el modelo una vez mas sobrestima el nivel de la lámina de agua y se tiene que en promedio el porcentaje de error es de 54%.
- Para caudales altos, el nivel es subestimado con un promedio de error de 8%.
- El día en que se produjo el máximo nivel de este periodo (correspondiente a Q = 759 m^3/s) el error fue tan solo de 12.1%.

Como conclusión se puede afirmar que el modelo simula muy adecuadamente valores medios de caudal y de forma aceptable valores altos de caudal. Esto se considera lo suficientemente bueno para realizar simulaciones confiables del río Sinú y poder llegar a plantear soluciones y soportar la toma de decisiones ya que la mayoría de las simulaciones se deberán realizar con caudales medios o altos.

6.4.3.4 Simulaciones Realizadas con el Modelo

La configuración del modelo final se planteó como un sistema completo de subsistemas interconectados que representa en la cuenca del río Sinú y que en forma global reflejan el comportamiento del río y los principales caños y ciénagas que conforman su hidrografía:

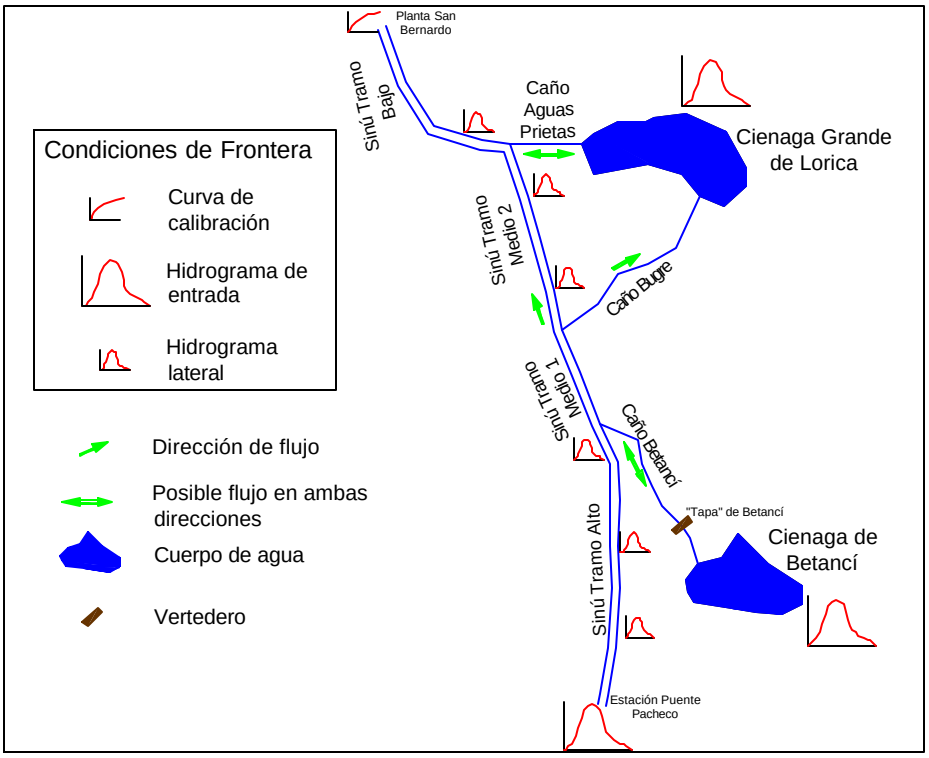
- Río Sinú – Tramo Sinú alto: desde la estación Puente Pacheco (k281+400) hasta la estación Nueva Colombia (k167+000).
- Río Sinú – Tramo Sinú medio 1: desde la estación Gallo Crudo (k157+500) hasta la estación Mocarí (k108+700).
- Río Sinú – Tramo Sinú medio 2: desde la estación Isla Blanca (k103+000) hasta la estación La Palma (k50+300).
- Río Sinú – Tramo Sinú bajo: desde la estación Cotocá (k44+700) hasta la Planta de San Bernardo (k17+300).
- Caño Bugre: desde la confluencia de los tramos Sinú medio 1 y Sinú medio 2 hasta la Ciénaga Grande del Bajo Sinú.
- Ciénaga Grande del Bajo Sinú: modelada como un cuerpo de agua en HEC-RAS con una entrada de caudal de su cuenca propia y una entrada por el Caño

Bugre. Conectada al río Sinú por el Caño Aguas Prietas el cual puede tener flujo positivo (sentido ciénaga – río) o negativo (sentido río – ciénaga).

- Caño Aguas Prietas: desde la Ciénaga Grande del Bajo Sinú hasta la confluencia de los tramos Sinú medio 2 y Sinú bajo.
- Cienaga de Betancí: modelada como un cuerpo de agua en HEC-RAS con una entrada de caudal de su cuenca propia. Conectada al río Sinú por el Caño Betancí el cual puede tener flujo positivo (sentido ciénaga – río) o negativo (sentido río – ciénaga).
- Caño Betancí: desde la Cienaga de Betancí hasta la confluencia de los tramos Sinú alto y Sinú medio 1.

La Figura No. 18 muestra un esquema de los subsistemas modelados.

Figura No. 18 Esquema del modelo hidráulico configurado en HEC-RAS para el río Sinú

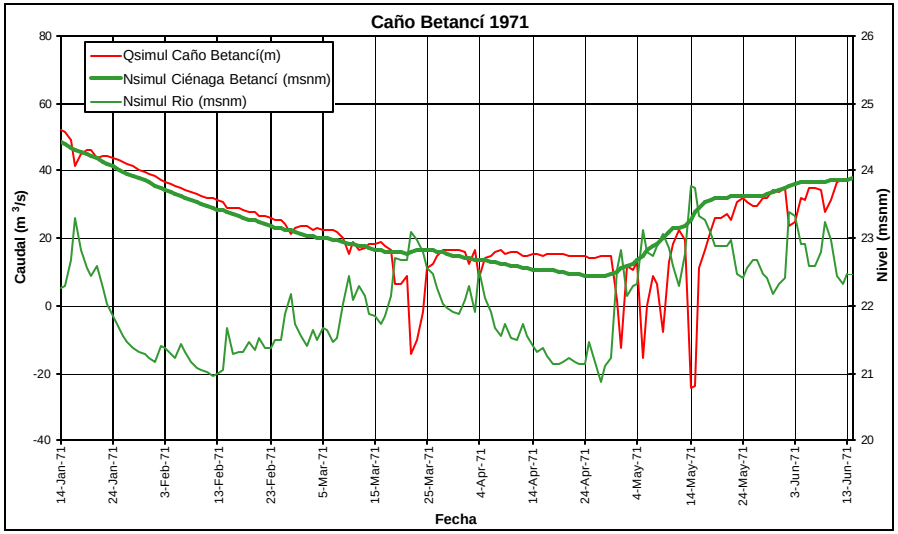


Adicionalmente se incluyo dentro del modelo un vertedero situado en el Caño Betancí que simula el comportamiento de la "Tapa". Esta fue construida a finales del año 2001, afectando notablemente la dinámica hidráulica del caño. El vertedero fue insertado 3700 m aguas abajo de la Ciénaga de Betancí con un ancho de 2.0 m y elevación de su cresta en la cota 24.5 m.s.n.m.

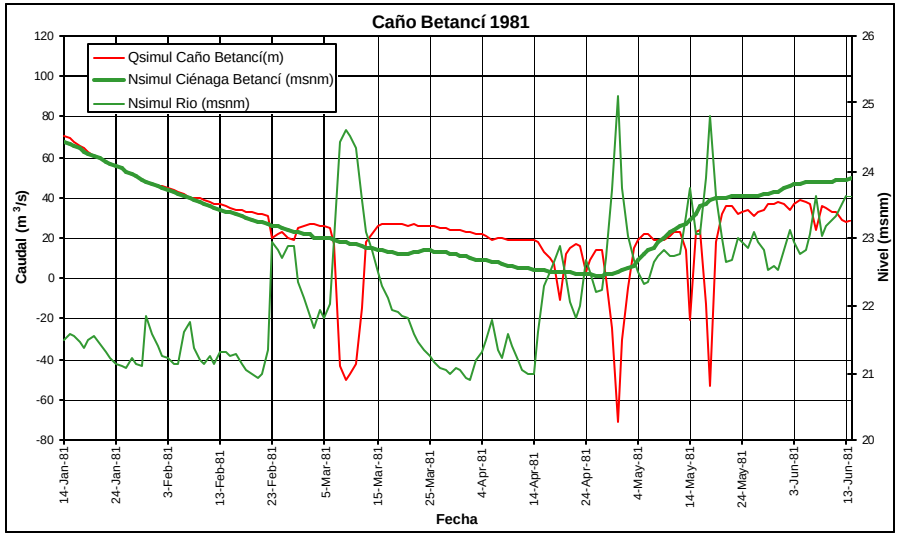
A continuación se describe cuales fueron las simulaciones realizadas con el modelo y cual fue su utilidad en el momento de extraer los resultados para sacar las respectivas conclusiones.

Caño Betancí

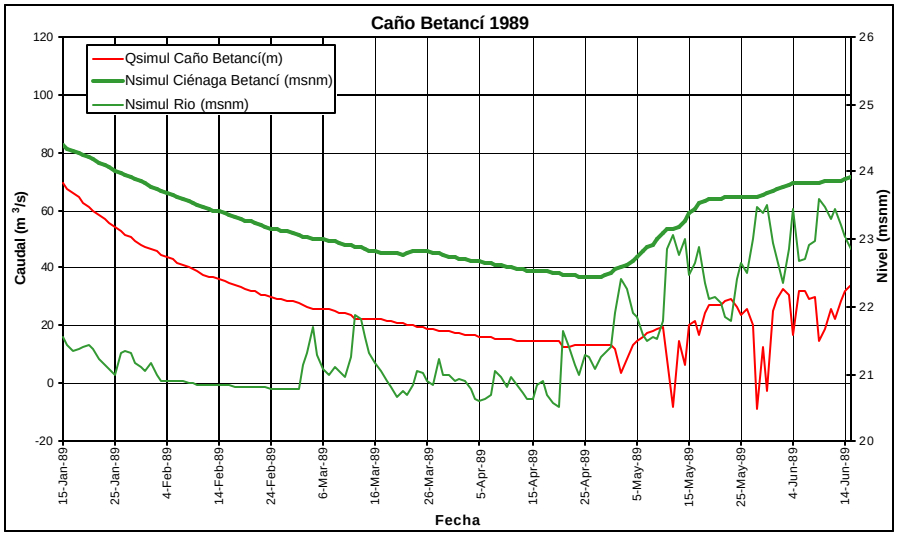
Como punto de partida se realizaron simulaciones históricas con el fin de determinar la dinámica hidráulica del caño y conocer en que momentos y para que condiciones hubo flujo en el sentido ciénaga - río (positivo) y cuando ocurrió flujo en sentido contrario, río – ciénaga (negativo). Estas fueron realizadas durante el año completo para los años 1971, 1981, 1989 y 1996, todos anteriores a la entrada en operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá. Los resultados fueron graficados para su posterior análisis. En la Figura No. 19 se muestran tanto los niveles del río y de la ciénaga como el caudal en el caño. En general se aprecia que cuando el nivel de la ciénaga es superior al del río, el flujo en el caño es positivo pero cuando el nivel del río es mayor se tiene flujo negativo y el río ingresa hasta la ciénaga.



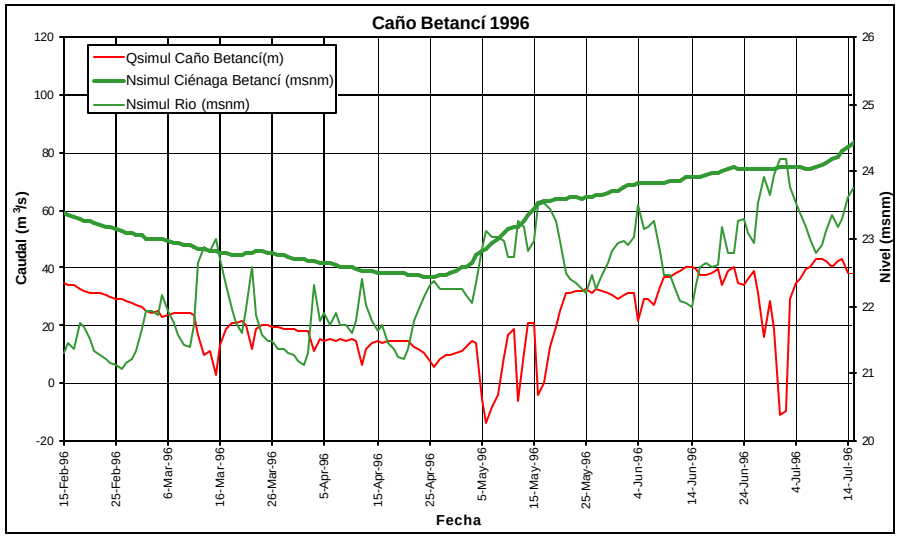
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura No. 19 Resultados de las simulaciones históricas en el Caño Betancí. Se aprecia que cuando el nivel de la ciénaga es superior al del río, el flujo en el caño es positivo pero cuando el nivel del río es mayor se tiene flujo negativo y este ingresa hasta la ciénaga

Para todos los años el flujo negativo ocurre en los primeros meses del año principalmente entre Marzo y Mayo, cuando el nivel de la ciénaga esta en sus mínimos niveles (22.5 m.s.n.m) y es posible que el río se remonte hasta la ciénaga. Hacia finales de la primera mitad del año, con la llegada de la época húmeda el nivel de la ciénaga se incrementa notablemente (25 m.s.n.m), quedando muy por encima del río y ya no es posible que se presente flujo negativo.

Para el año 1971 (parte (a) de la Figura No. 19) se presentó caudal negativo en 4 oportunidades con duraciones entre 1 y 3 días y valores de pico entre -10 m^3/s y -30 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 800 y 1100 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 44 m^3/s.

Para el año 1981 (parte (b) de la Figura No. 19) se presentó caudal negativo en 5 oportunidades con duraciones entre 2 y 5 días y valores de pico entre -20 m^3/s y -70 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 1200 y 1400 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 47 m^3/s.

Para el año 1989 (parte (c) de la Figura No. 19) se presentó caudal negativo en 3 oportunidades con duraciones de 1 día y valores de pico entre -3 m^3/s y -9 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal de 800 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 45 m^3/s.

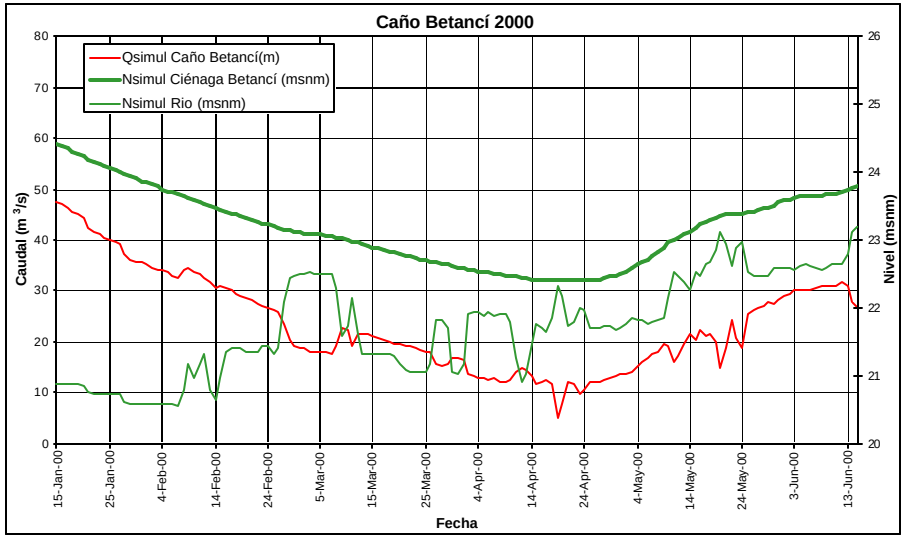
Para el año 1996 (parte (d) de la Figura No. 19) se presentó caudal negativo en 3 oportunidades con duraciones entre 1 y 3 días y valores de pico entre -3 m^3/s y -13 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 800 m^3/s y 1000 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 45 m^3/s.

De esta manera se puede concluir que se presentaba flujo negativo en el Caño Betancí antes de la entrada en operación de Urrá.

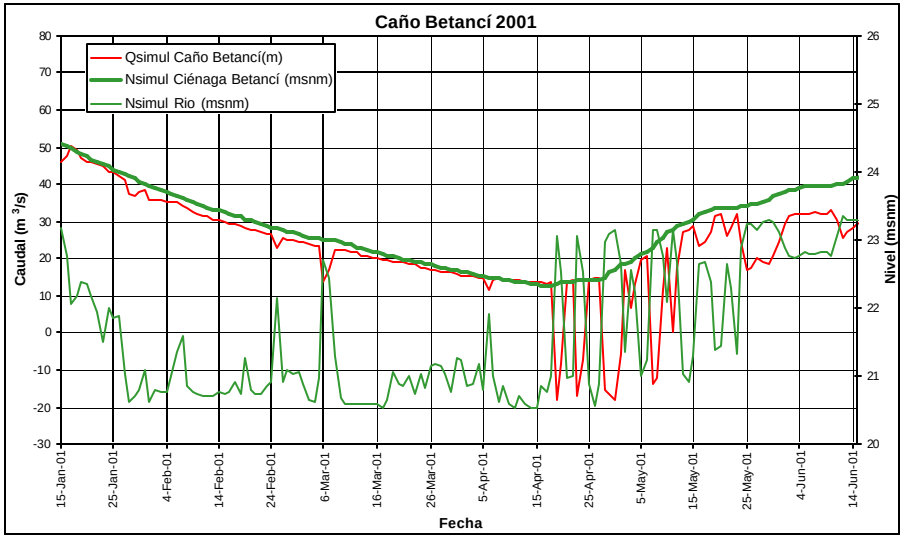
Posteriormente se efectuaron simulaciones en años en los cuales ya se tenia la Central de Urrá operando. Estas fueron hechas para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

Cabe anotar que las simulaciones del 2002 y 2003 se realizaron bajo dos escenarios: 1) suponiendo que aun no se había construido la pequeña presa "Tapa", hecho que ocurrió en Noviembre de 2001 y 2) con la situación real incluyendo la "Tapa".

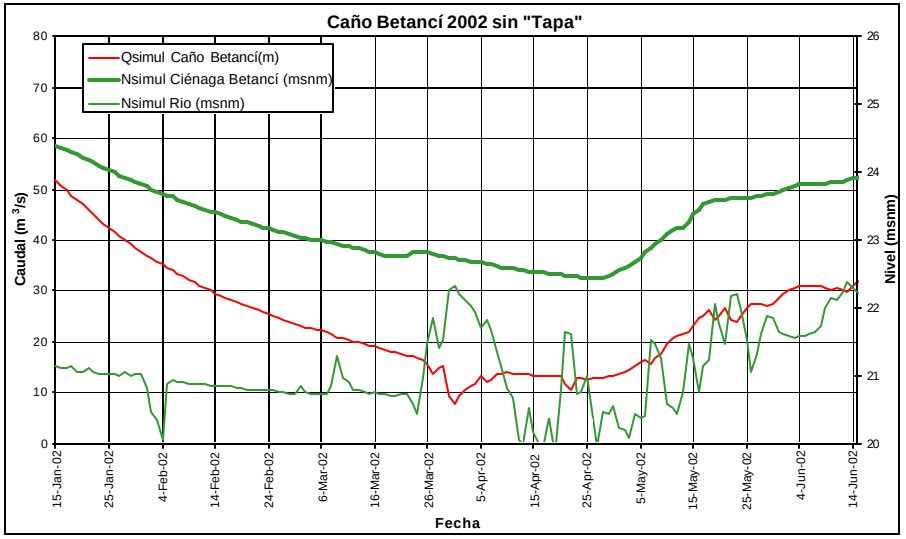
Los resultados para estas simulaciones se pueden ver en la Figura No. 20 y en la Figura No. 21.



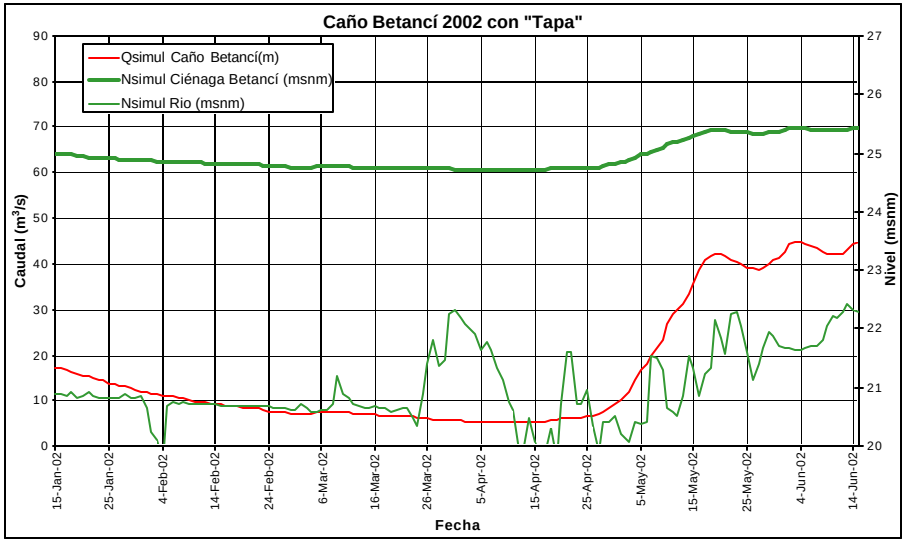
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura No. 20 Resultados de las simulaciones en el Caño Betancí en los años en que ha operado la Central Hidroeléctrica de Urrá. Las posibilidades de flujo negativo disminuyen notablemente aunque sin embargo aun se pudo haber presentado (2001)

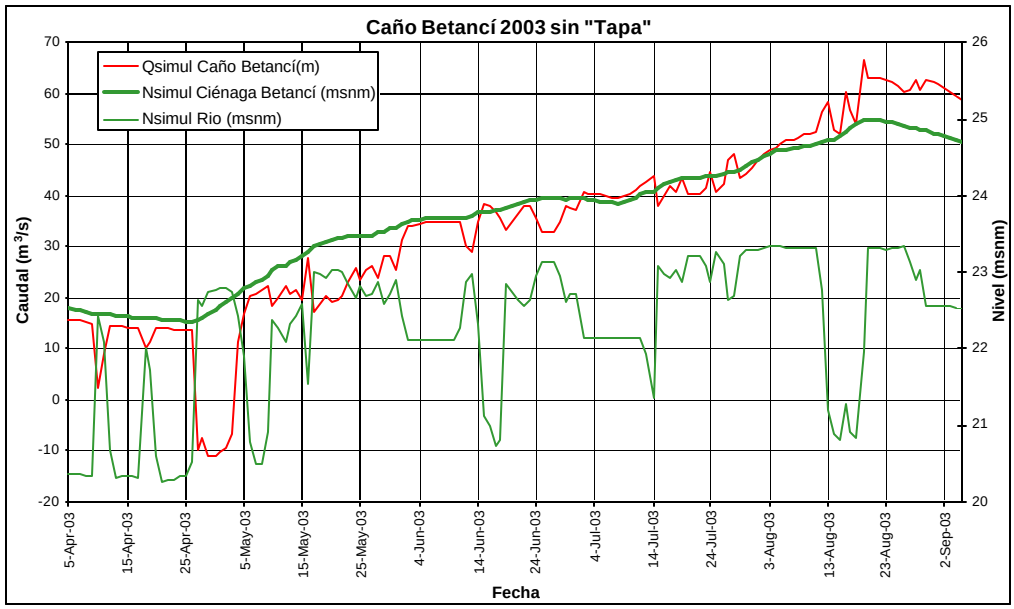


Figura No. 21 Resultado de la simulación en el Caño Betancí para el año 2003 suponiendo que no existía "Tapa"

Para el año 2000 (parte (a) de la Figura No. 20) no se presenta flujo negativo en ningún momento del año lo que indica que el nivel en el río se mantiene todo el tiempo por debajo del de la ciénaga. Inclusive en los días en que la ciénaga se encontró en el mínimo nivel de 22.4 m.s.n.m (14 de Abril a 24 de Abril) el nivel del río estuvo mas bajo aun. Sin embargo, hacia la mitad de este periodo el nivel del río llego a estar tan solo a 10 cm bajo el de la ciénaga. Debido a esto se aprecia un descenso en el caudal del caño pero no hasta el punto de volverse en sentido contrario. Este coincide con un caudal pico de 400 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal promedio en el caño fue de 42 m^3/s.

Para el año 2001 (parte (b) de la Figura No. 20) se presentó caudal negativo en 4 oportunidades con duraciones entre 2 y 3 días y valores de pico entre -12 m^3/s y -18 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal de 650 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 44 m^3/s.

Para el año 2002 (situación hipotética sin la pequeña presa "Tapa") no se presenta flujo en el sentido río – ciénaga (parte (c) de la Figura No. 20).

Para el año 2002 (situación real con la presa "Tapa") es aun mas difícil que se presentara flujo en el sentido río – ciénaga (parte (d) de la Figura No. 20). En las épocas del año en que esto ocurría (entre Marzo y Mayo), cuando la ciénaga estaba en su mínimo nivel entre 22 y 23 m.s.n.m, con la "Tapa" se mantiene en

todo momento por encima de 24.5, lo que hace prácticamente imposible que esta elevación sea remontada por el río y se produzca flujo negativo.

Para el año 2003 (situación hipotética sin "Tapa") se presentó caudal negativo en 1 oportunidad con duración de 7 días y valor de pico de -11 m^3/s (Figura No. 21). Este coincide con pico de caudal de 550 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 37 m^3/s.

En la Figura No. 22 se muestra un resumen de caudal en el Caño Betancí de todas las simulaciones realizadas con el fin de poder comparar las magnitudes de flujo negativo.

Figura No. 22 Resumen de caudal en el Caño Betancí para los años en que hubo flujo negativo

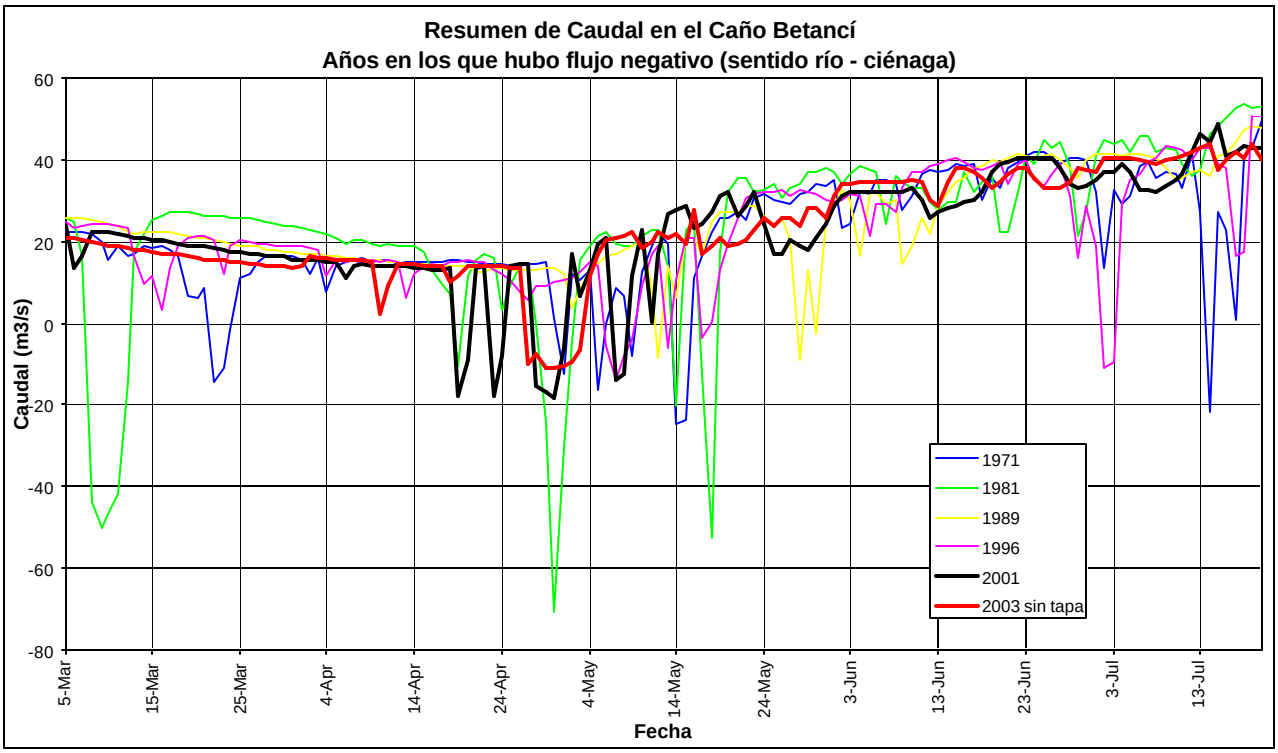
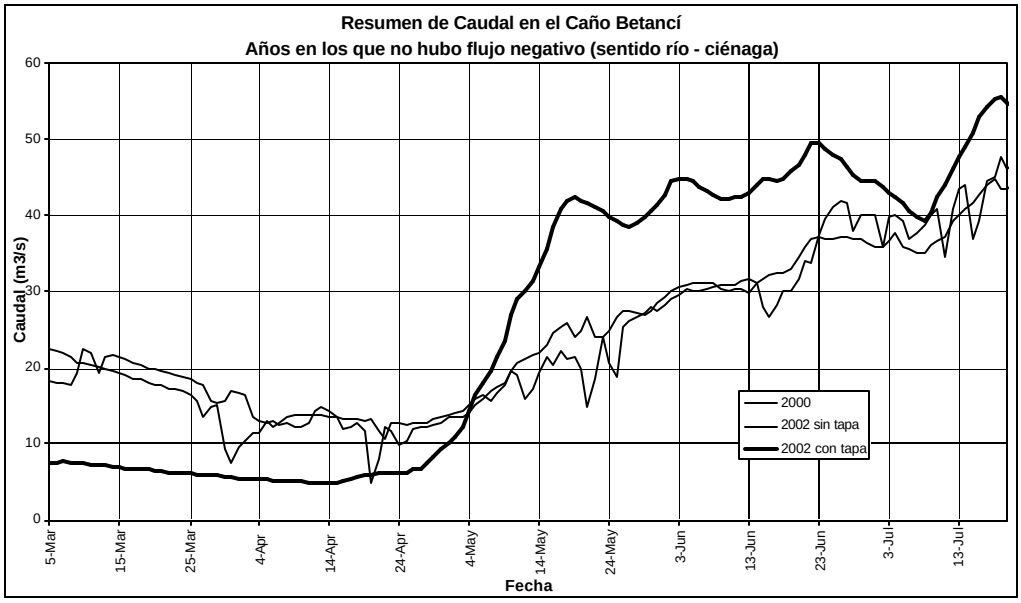


Figura No. 23 Resumen de caudal en el Caño Betancí para los años en que no hubo flujo negativo

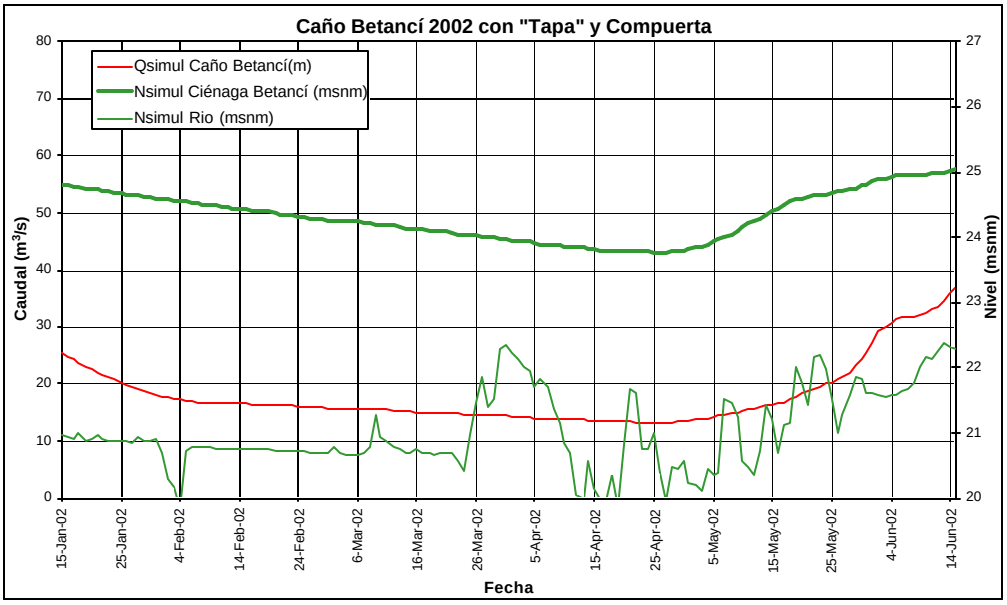


Finalmente se hizo una simulación con la situación del año 2002 en la cual se hace la suposición de una compuerta construida sobre en la pequeña presa “Tapa” para permitir que la Ciénaga de Betancí desagüe.

La compuerta con la que se simuló es de forma cuadrada de 1.5 m x 1.5 m localizada en el centro de la sección transversal de la “Tapa” con una cota batea de 21.5 m.s.n.m.

El resultado de esta simulación se muestra en la Figura No. 24

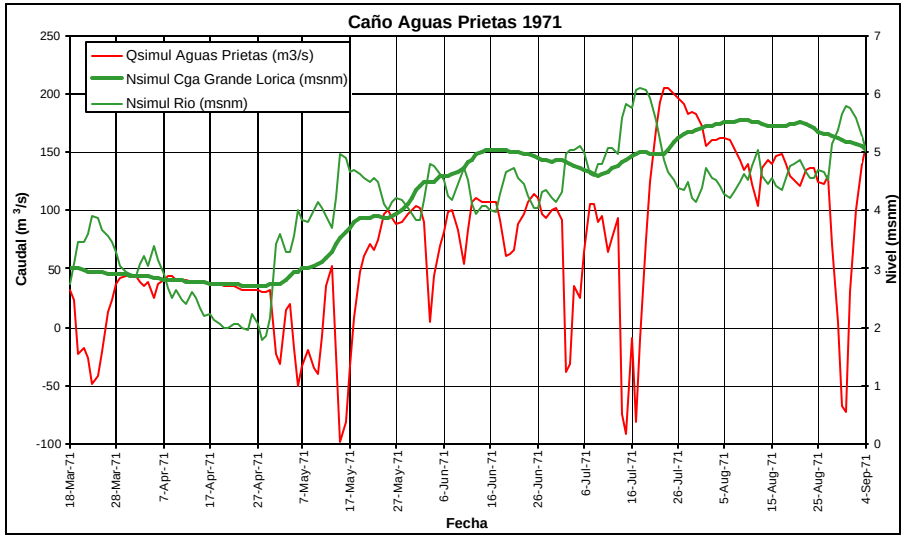
Figura No. 24 Resultado de la simulación del año 2002 suponiendo que hubiera compuerta en la "Tapa"



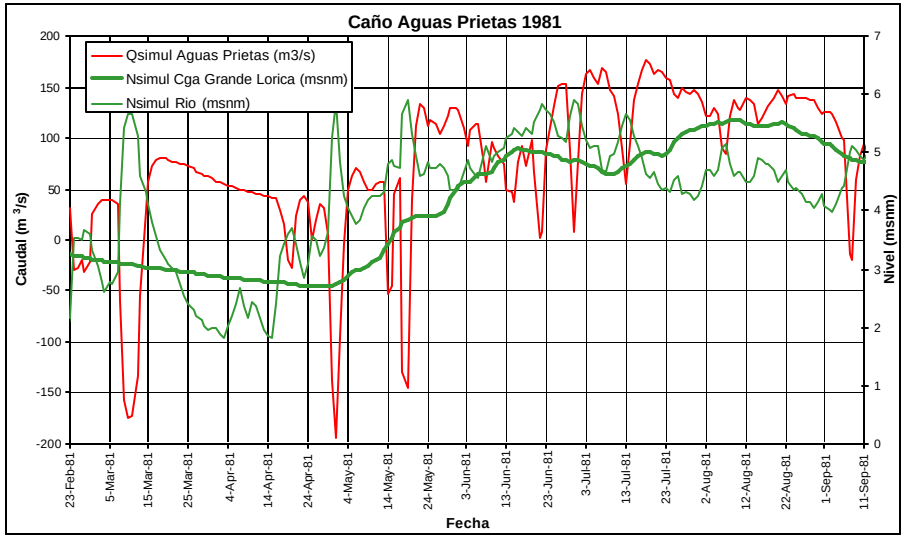
Como se puede ver el nivel de la ciénaga desciende hasta un valor de 23.80 m.s.n.m (0.70 m por debajo del nivel de la cresta del vertedero) debido al flujo que ocurre a través de la compuerta y a los bajos aportes de su cuenca de drenaje. A pesar de este descenso, el nivel del río sigue estando muy bajo como para generar flujo negativo

Caño Aguas Prietas

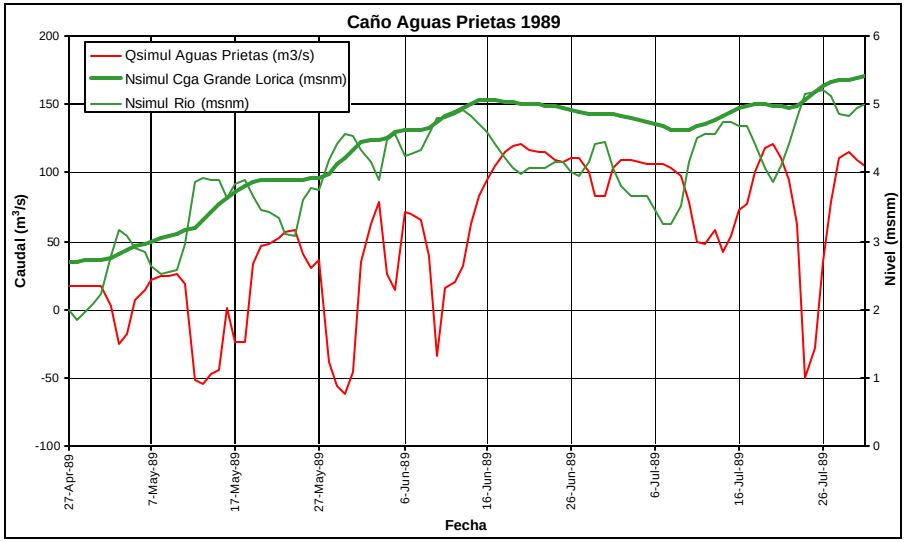
Al igual que para la Caño Betancí, en el Caño Aguas Prietas las simulaciones se hicieron con el fin de determinar el efecto de la operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá. Se realizaron las mismas simulaciones históricas (1971, 1981, 1989 y 1996) con el fin de conocer en que momentos y para que condiciones del sistema Río Sinú – Ciénaga Grande del Bajo Sinú hubo flujo positivo o negativo. Los resultados fueron graficados para su posterior análisis. En la Figura No. 25 se muestran tanto los niveles del río y de la ciénaga como el caudal en el caño. En general se aprecia que cuando el nivel de la ciénaga es superior al del río, el flujo en el caño es positivo pero cuando el nivel del río es mayor se tiene flujo negativo y el río ingresa hasta la ciénaga.



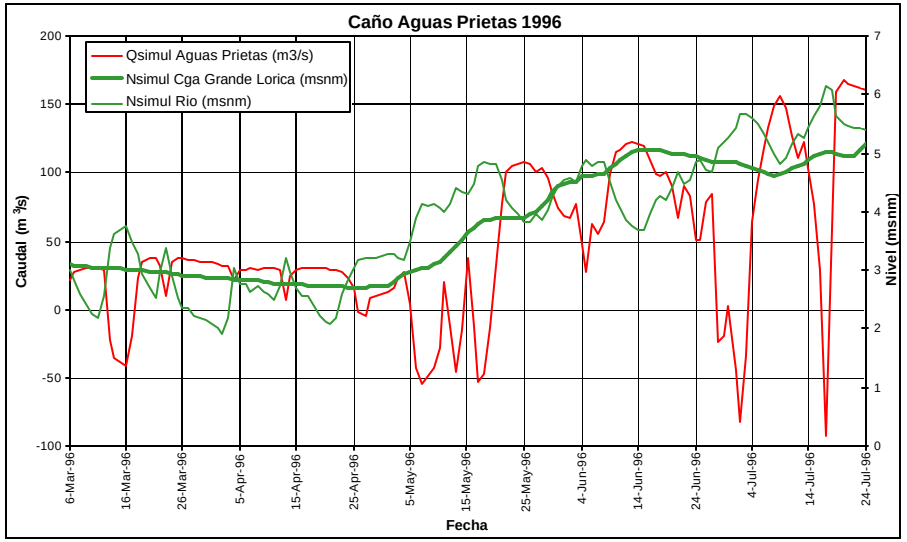
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura No. 25 Resultados de las simulaciones históricas en el Caño Aguas Prietas. Se aprecia que cuando el nivel de la ciénaga es superior al del río, el flujo en el caño es positivo pero cuando el nivel del río es mayor se tiene flujo negativo y este ingresa hasta la ciénaga

Para todos los años el flujo negativo ocurre entre los meses de Marzo y Septiembre, no necesariamente estando la ciénaga esta en sus mínimos niveles (entre 2.0 y 3.0 m.s.n.m) es posible que el río se remonte hasta la ciénaga. Hacia finales de la primera mitad del año, con la llegada de la época húmeda el nivel de la ciénaga se incrementa notablemente (entre 5.0 y 6.0 m.s.n.m), pero aun es posible que se de flujo negativo.

Para el año 1971 (parte (a) de la Figura No.25) se presentó caudal negativo en 7 oportunidades con duraciones entre 2 y 7 días y valores de pico entre -30 m^3/s y -100 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 600 y 1100 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 95 m^3/s.

Para el año 1981 (parte (b) de la Figura No. 25) se presentó caudal negativo en 7 oportunidades con duraciones entre 2 y 6 días y valores de pico entre -27 m^3/s y -193 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 1100 y 1500 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 95 m^3/s.

Para el año 1989 (parte (c) de la Figura No. 25) se presentó caudal negativo en 5 oportunidades con duraciones entre 2 y 4 días y valores de pico entre -30 m^3/s y -60 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 800 m^3/s y 900 en m^3/s Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 77 m^3/s.

Para el año 1996 (parte (d) de la Figura No. 25) se presentó caudal negativo en 6 oportunidades con duraciones entre 2 y 5 días y valores de pico entre -22 m^3/s y -93 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 600 m^3/s y 1200 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 89 m^3/s.

De esta manera se puede apreciar cuales eran las magnitudes y las condiciones de los flujos negativos que se presentaban en el Caño Aguas Prietas antes de la entrada en operación de Urrá.

Posteriormente se efectuaron simulaciones en años en los cuales ya se tenia la Central de Urrá operando. Estas fueron hechas para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

Los resultados para estas simulaciones se pueden ver en la Figura No 26.

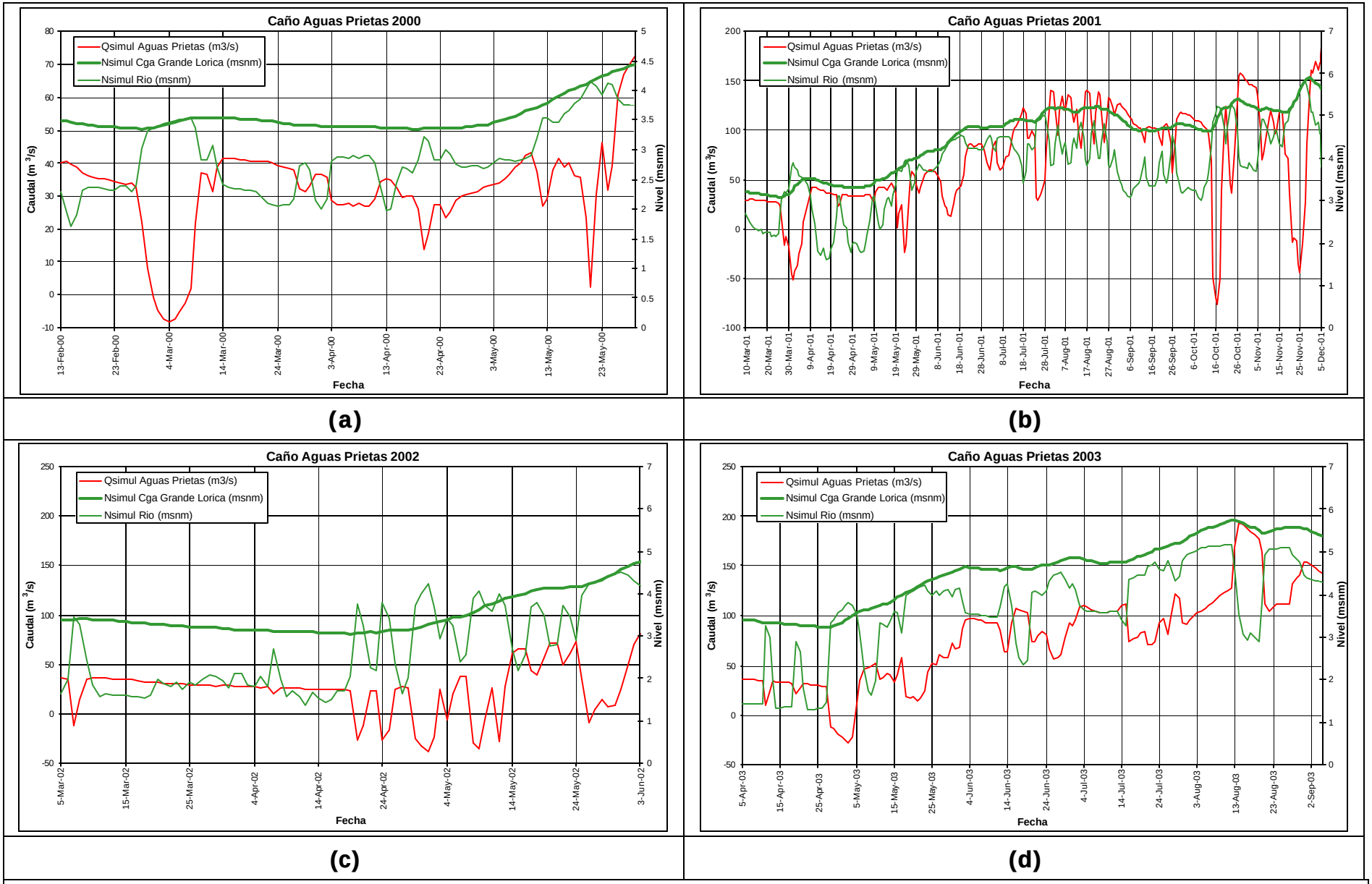


Figura No. 26 Resultados de las simulaciones en el Caño Aguas Prietas en los años en que ha operado la Central Hidroeléctrica de Urrá

Para el año 2000 (parte (a) de la Figura No. 26) se presentó caudal negativo en 1 oportunidad con duración de 7 días y valores de pico de -8 m^3/s. Este coincide con pico de caudal de 450 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 87 m^3/s.

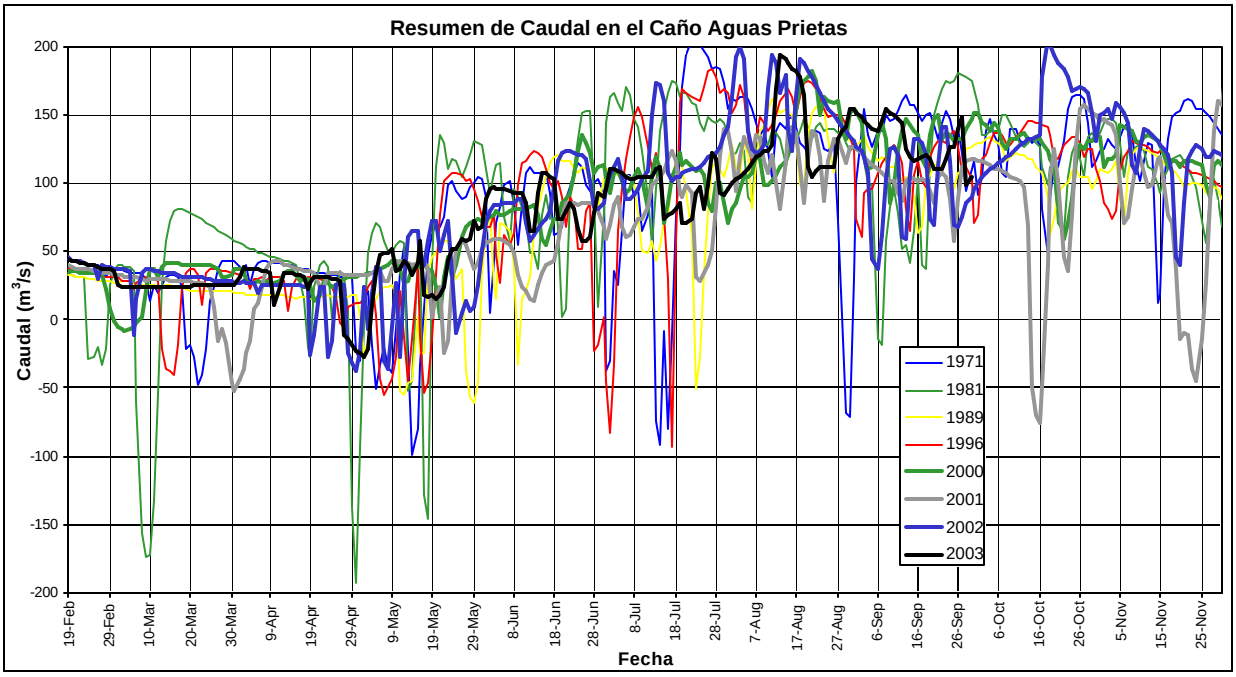
Para el año 2001 (parte (b) de la Figura No. 26) se presentó caudal negativo en 4 oportunidades con duraciones entre 2 y 9 días y valores de pico entre -44 m^3/s y -75 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 500 m^3/s y 770 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 78 m^3/s.

Para el año 2002 (parte (c) de la Figura No. 26) se presentó caudal negativo en 5 oportunidades con duraciones entre 2 y 4 días y valores de pico entre -25 m^3/s y -37 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal alrededor de 650 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 92 m^3/s.

Para el año 2003 (parte (d) de la Figura No. 26) se presentó caudal negativo en 1 oportunidad con duración de 7 días y valores de pico de -27m^3/s. Este coincide con pico de caudal de 550 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 77 m^3/s.

En la Figura No. 27 se muestra un resumen de caudal en el Caño Aguas Prietas de todas las simulaciones realizadas con el fin de poder comparar las magnitudes de flujo negativo.

Figura No. 27 Resumen de caudal en el Caño Aguas Prietas



Simulación de Eventos Extremos

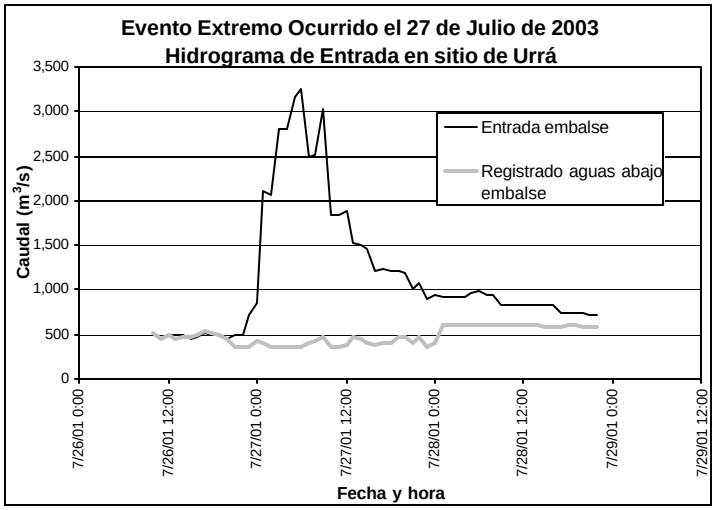
Evento de Julio de 2003 (3262 m^3/s en Angostura de Urrá)

Dentro del diagnóstico del río Sinú después de la entrada en operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá, es interesante examinar los resultados de la simulación para un evento extremo reportado por la Empresa Urra S.A. E.S.P. en caso de no existir el embalse de Urrá. Una gran creciente entró al embalse pero fue completamente amortiguada por este en razón al nivel bajo que presentaba por esos días y por consiguiente, su gran capacidad de almacenamiento.

El evento comenzó a la 1:00 AM del 27 de Julio de 2003 con un caudal de 2102 m^3/s. A las 5:00 AM del mismo día alcanzó un pico de 3262 m^3/s (Periodo de retorno T = 250 años) y solo 27 horas después logró descender a menos de 800 m^3/s. Aguas abajo del embalse, el caudal registrado no sobrepasó los 600 m3/s. En la Figura No. 28 se muestran tanto el hidrograma de entrada como el caudal registrado aguas abajo.

El objetivo de la simulación es determinar que hubiera sucedido con esta gran creciente en la parte media y baja de la cuenca si el embalse no estuviera para amortiguarla.

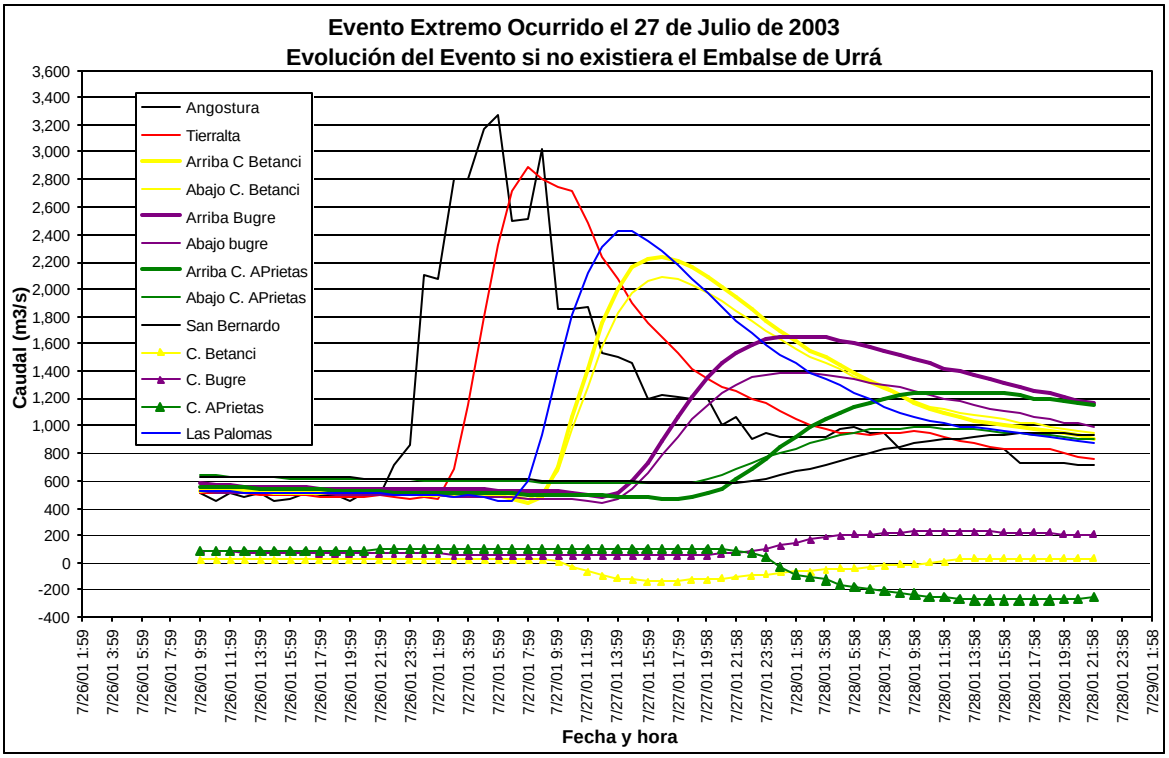
Figura No. 28 Hidrograma de entrada en Angostura de Urrá del evento extremo ocurrido el 27 de Julio de 2003 cuyo caudal pico registrado fue de 3262 m^3/s



La simulación fue realizada con el modelo hidráulico del río Sinú desde Angostura hasta San Bernardo e incluyendo caños como Betancí, Aguas Prietas y Bugre, y las ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú.

Los hidrógramas resultantes en varios puntos de la cuenca se muestran en la Figura No. 29.

Figura No. 29 Hidrogramas resultado de la simulación de la creciente ocurrida el 27 de Julio de 2003 si no existiera el Embalse de Urrá



A medida que se desciende en la cuenca, el caudal pico del hidrógrama disminuye notablemente. En Tierralta el pico alcanza los 2900 m^3/s dos horas después y en Las Palomas ha descendido a 2400 m^3/s 9 horas mas tarde.

Esto se debe al efecto amortiguador del río en si pero adicionalmente este utiliza los caños y las ciénagas como cuerpos receptores en los cual puede almacenar parte de la creciente. Esto se ve muy claramente en el caso del Caño Betancí. En una sección sobre el río Sinú aguas arriba del caño el hidrógrama registra un pico de 2275 m^3/s (11 h mas tarde) e inmediatamente aguas abajo el pico se disminuye a 2080 m^3/s, es decir 200 m^3/s fluyendo hacia la Ciénaga de Betancí, pasando inclusive sobre la "Tapa" (1.70 m de cabeza sobre el nivel del vertedero).

Con el Caño Bugre el caso es similar pasando de 1654 a 1390 m^3/s (260 m^3/s por el caño) con un retraso de 20 h. y en el Caño Aguas Prietas de 1247 a 987 m^3/s (260 m^3/s a través del caño) 32 h. después del pico en Urrá.

A pesar de la gran amortiguación del río y de los sistemas cenagosos, a lo largo de todo el río Sinú se presentan desbordamientos importantes por ambas márgenes. En la parte alta se tiene, en promedio, que el nivel de la lámina de agua esta 2.6 m por encima del nivel de desbordamiento de la sección para la margen izquierda y 3.0 m para la margen derecha. En la cuenca media los valores promedio son 1.6 m y 1.8 m respectivamente y en la parte baja 2.4 m en ambas márgenes. En los caños la situación es similar: en el Caño Betancí por margen izquierda se tiene 1.6 m y 2.6 m por derecha, en el Caño Bugre 1.5 m y 2.0 m respectivamente y en el Caño Aguas Prietas 1.1 m y 0.5 m.

Se puede concluir que esta creciente hubiera desatado una gran catástrofe a lo largo de toda la cuenca del río Sinú.

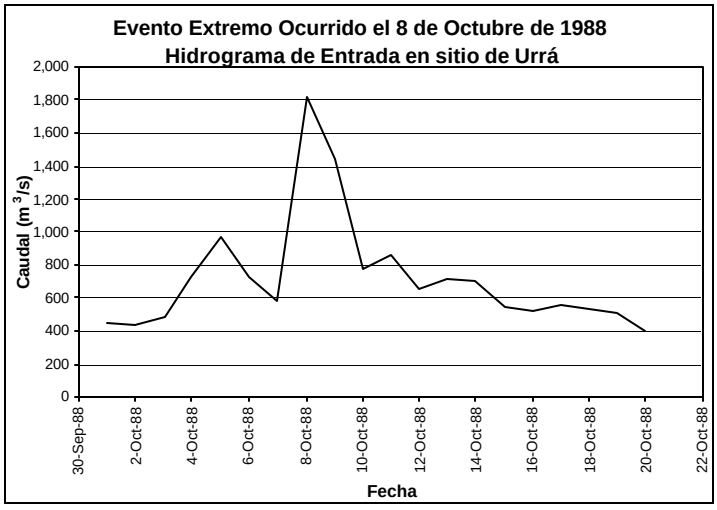
Evento de Octubre de 1988 (1815 m^3/s en Angostura de Urrá)

Esta creciente es recordada por las grandes inundaciones que dejó a su paso.

El evento comenzó el 7 de Octubre de 1988 con un caudal de 579 m^3/s. Al día siguiente alcanzó un pico de 1815 m^3/s, 2 días después descendió a 772 m^3/s. En la Figura No. 30 se muestran tanto el hidrógrama de entrada como el caudal registrado aguas abajo.

El objetivo de la simulación es determinar como se comporta el modelo ante esta creciente histórica.

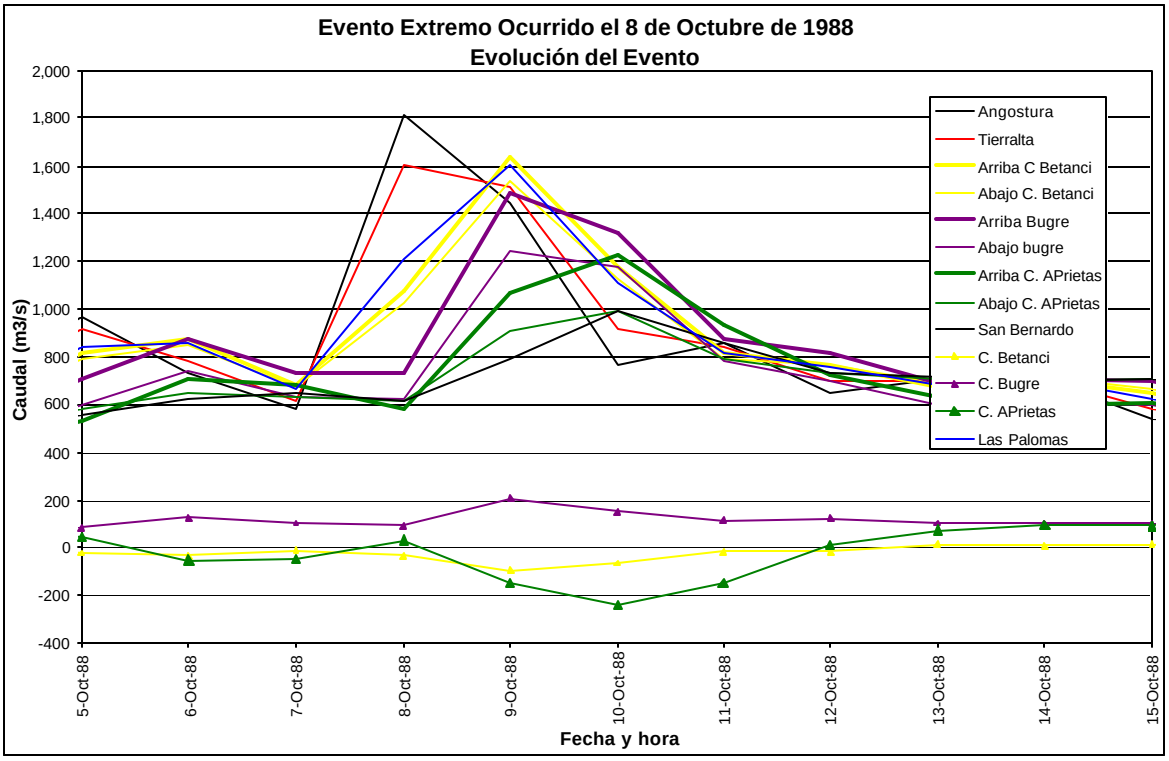
Figura No. 30 Hidrógrama de entrada en Angostura de Urrá del evento extremo ocurrido el 8 de Octubre de 1988 cuyo caudal pico registrado fue de 1815 m^3/s



La simulación fue realizada con el modelo hidráulico del río Sinú desde Angostura hasta San Bernardo e incluyendo caños como Betancí, Aguas Prietas y Bugre, y los sistemas cenagosos de Betancí y Lórica.

Los hidrógramas resultantes en varios puntos de la cuenca se muestran en la Figura No. 31.

Figura No. 31 Hidrógramas resultado de la simulación de la creciente ocurrida el 8 de Octubre de 1988



A medida que se desciende en la cuenca, el caudal pico del hidrógrama disminuye notablemente. En Tierralta y en Las Palomas el pico alcanza los 1604 m^3/s. En la cuenca baja el caudal pico llega a disminuir a 990 m^3/s dos días después.

Esta amortiguación se debe a dos razones principalmente: 1) el efecto amortiguador del río por su baja pendiente y secciones amplias y 2) almacenamiento en caños y ciénagas. Un ejemplo de esto es el Caño Betancí. En una sección sobre el río Sinú aguas arriba del caño el hidrógrama registra un pico de 1630 m^3/s retrasada 1 día e inmediatamente aguas abajo el pico se disminuye a 1540 m^3/s, es decir 90 m^3/s fluyendo hacia la Ciénaga de Betancí.

Con el Caño Bugre el caso es similar pasando de 1480 a 1240 m^3/s (240 m^3/s por el caño 1 día más tarde) y en el Caño Aguas Prietas de 1228 a 993 m^3/s (235 m^3/s a través del caño 2) días después.

6.5 RECURSO HÍDRICO SUBTERRANEO

La descripción del recurso hídrico subterráneo existente en la cuenca hidrográfica del río Sinú se tomó del informe de hidrogeología del proyecto de EXPLORACIÓN Y EVALUACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS (Mapa Hidrogeológico de Córdoba, escala 1:250.000) realizado mediante convenio CVS e INGEOMINAS en febrero de 2004.

6.5.1 HIDROGEOLOGÍA

6.5.1.1 Generalidades

Uno de los aspectos más importantes relacionados con el desarrollo de las aguas subterráneas es su regionalización. Los factores principales que condicionan la regionalización de este recurso son las características climatológicas, expresadas principalmente a través de la precipitación, la temperatura y la evaporación. Además, tienen importancia la fisiografía, la hidrografía, la vegetación y los suelos.

Aunque existe evidencia de aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del río Sinú, a la fecha no se han realizado estudios que permitan obtener una escala de trabajo similar al del diagnostico del presente capitulo. La identificación del potencial hídrico subterráneo en el área geográfica de la cuenca del río Sinú en el Departamento de Córdoba se determinó a partir del mapa hidrogeológico a escala 1:250.000 desarrollado por el INGEOMINAS. Para ello se siguieron los estándares de la Leyenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos (IAH), adaptados por INGEOMINAS para Colombia, utilizados para la elaboración del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, a escala 1:500.000.

6.5.1.2 Densidad de la Información Hidrogeológica

De acuerdo con INGEOMINAS (2004) la elaboración del Mapa Hidrogeológico del Departamento de Córdoba contó con un cubrimiento de información hidrogeológica del 70%, considerando estudios regionales y locales efectuados en las partes oriental y nororiental del departamento y en el valle medio del Río Sinú.

Igualmente el área de la cuenca del río Sinú localizada en el Parque Nacional Natural Paramillo no cuenta con información acerca del recurso hídrico subterráneo.

6.5.1.3 Mapa hidrogeológico

Para la elaboración del Mapa Hidrogeológico se tuvo en cuenta la información recopilada en campo y oficina, además de memoria institucional relacionada con estudios similares en otras regiones del país.

Las unidades hidrogeológicas han sido agrupadas en tres categorías principales de acuerdo con el tipo de porosidad (primaria o secundaria), la permeabilidad de las rocas y/o los sedimentos y la ocurrencia o no de agua subterránea. Estas categorías se definen como: sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular, rocas con flujos esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas) y sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea consideradas estas últimas prácticamente impermeables.

Sedimentos y Rocas con Flujo Intergranular.

Dentro de esta categoría se identifican par la cuenca del rio Sinu las unidades geológicas, Betulia (Q_1b), , Depósitos aluviales Aterrazados (Qtg) y los Depósitos Aluviales (Qal).

Rocas con Flujos Esencialmente a través de fracturas (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas).

A esta categoría pertenece la unidad geológica El Cerrito (N_1ec)

Sedimentos y Rocas con limitados recursos de Agua Subterránea.

Dentro de esta clasificación se encuentran el resto de unidades geológicas cartografiadas en la cuenca del río Sinú, consideradas por sus características litológicas como prácticamente impermeables, agrupadas así:

Complejo de sedimentos constituidos por depósitos no consolidados de ambiente lacustre, deltáico y marino y por rocas sedimentarias Terciarias a Cretácicas, poco consolidadas a muy consolidadas, de origen marino y continental, las cuales conforman acuíferos de muy baja productividad.

Complejo de rocas volcánicas, ígneas y metamórficas, muy compactas y en ocasiones fracturadas, Cretácicas a Paleozoicas, consideradas prácticamente impermeables.

6.5.1.4 Descripción de las Unidades Acuíferas existentes en la cuenca del río Sinú

Acuífero Betulia (Q1b).

Está conformado por intercalaciones de arenas, gravas y arcillas en capas no continúas en la horizontal y cuyo espesor total puede llegar a alcanzar los 700 metros.

Se comporta como un acuífero libre a confinado de mediana productividad, con capacidades especificas de 0.3 l/s/m., valores promedio de transmisividad de 20 m^2/día y coeficiente de almacenamiento promedio de 2.3 E-03. La conductividad hidráulica real de 5 m/día. Presenta buenas posibilidades de explotación a través de pozos con profundidades entre 100 y 250 metros. El área aflorante de la unidad se constituye en zona de recarga de alta capacidad de infiltración y flujo esencialmente intergranular. Algunos pozos profundos son surgentes y se calcula una descarga artificial promedio de 1400 m^3/d, a través de aljibes y pozos con caudales de explotación entre 0.68 y 16 lps.

El agua del acuífero es bicarbonatada cálcica, con valores de conductividad eléctrica hasta de 200 µS/cm y de tipo blanda.

Acuífero de Depósitos Aluviales. (Qal).

Es un acuífero discontinuo de extensión local conformado por capas de grava, arena, limo y arcilla, depositadas en un ambiente fluvio-lacustre.

Se define como un acuífero libre a semiconfinado de baja productividad, con capacidades especificas entre 0.02 y 0.8 l/s/m., valores de transmisividad desde 30 hasta 80 m^2/día y coeficiente de almacenamiento promedio de 1.0 E-03. La conductividad hidráulica real es de 0.5 m/día. y posibilidades de explotación a través de pozos entre 100 y 200 metros de profundidad.

Las áreas aflorantes de esta unidad se consideran zonas de recarga con baja capacidad de infiltración y flujo esencialmente intergranular.

Hidroquímicamente las aguas subterráneas existentes en los depósitos del río Sinú son también de tipo mixto, muy duras y con conductividades hasta de 1500 µS/cm. .

Acuífero El Cerrito. (N1ec).

Este acuífero consta de una alternancia de lodolitas y areniscas calcáreas de grano fino y lentes discontinuos de conglomerados e intercalaciones de limonitas y areniscas arcillosas y arenisca de grano fino hacia la parte media y superior.

Los niveles arenosos del Acuífero El Cerrito, especialmente en su parte superior, pueden desarrollar una alta porosidad secundaria por fracturamiento para almacenar y transmitir agua subterránea, comportándose como área de recarga, con alta capacidad de infiltración.

Se define como un acuífero semiconfinado a confinado de baja productividad, con capacidades específicas entre 0.03 y 0.2 l/s/m., valores de transmisividad entre 2.0 y 20 m^2/día y coeficientes de almacenamiento entre 0.8 E-03 y 1E-03. Las posibilidades de explotación se presentan a través de pozos con profundidades entre 100 y 300 metros. La descarga artificial a través de pozos y aljibes es del orden de 2500 m^3 por día.
El agua del acuífero es de tipo bicarbonatada-sódica-cálcica, conductividad eléctrica hasta de 600 µS/cm y moderadamente blandas.

6.5.1.5 Descripción del Modelo Conceptual (INGEOMINAS 2004)

La hidrogeología del Departamento de Córdoba esta controlada, de Occidente a Oriente, por tres bloques tectónicos longitudinales de dirección noreste, separados entre si por grandes fallas antiguas cubiertas por sedimentos Cuaternarios. Estos bloques se identifican en el presente informe con los nombres de Sinú, San Jacinto y Zona de Plataforma, truncados al sur por las estribaciones septentrionales de las Cordilleras Occidental y Central.

El Bloque Tectónico del Sinú se encuentra conformado por el Cinturón del Sinú, del cual hace parte la Serranía Abibe-Las Palomas, con alturas entre 1600 y 2200 m.s.n.m, caracterizado por contener amplios y suaves sinclinales y estrechos anticlinales de corta extensión, como también geoformas radiales dominadas por volcanes de lodo y estructuras dómicas, que guardan estrecha relación con un denso fracturamiento longitudinal y transversal, producto del empuje de la placa Caribe. Se extiende por todo el occidente del Departamento en una franja que tiene una amplitud hasta de 40 Km., delimitado en su borde Oriental por el Lineamiento del Sinú.

Las rocas de este bloque tectónico son esencialmente sedimentitas de granulometría fina perteneciente a una facies carbonatada poco profunda del Eoceno, hasta de 1000 m de espesor, representada por las formaciones Chert de la Candelaria, Unidad Calcárea de la Risa y Arenisca del Manantial, esta última considerada potencialmente acuífera. Encima de esta facies se encuentra una secuencia turbidítica con edades que van desde el Eoceno hasta el Plioceno, con un espesor cercano a los 5000 m, representada por las formaciones Maralú, Pavo, Floresanto, Pajuil, Moñitos, Arenas Monas, Broqueles y Corpa, primordialmente de carácter impermeable, con excepción de la Formación Arenas Monas, considerada un acuífero potencial.

En este bloque tectónico se desarrolla la cuenca hidrográfica de la franja costera, constituida por la Serranía Abibe-Las Palomas en su vertiente Occidental. Esta cuenca se caracteriza por desarrollar un drenaje de corta trayectoria, denso pero intermitente, que desemboca directamente al Mar Caribe o al Río Canalete, su corriente fluvial más importante, que en la época seca reduce considerablemente su caudal. Los Depósitos Aluviales del Río Canalete conforman el bajo topográfico a los alrededores del Municipio de Canalete que tienen un espesor promedio de 10 m.

El Bloque Tectónico de San Jacinto equivale al cinturón del mismo nombre, del cual hace parte la Serranía de San Jerónimo con alturas en el extremo Sur superiores a 500 m.s.n.m., mientras que hacia el Norte, a partir del Cerro Murrucucú, se convierte en colinas bajas con alturas entre 100 y 200 m.s.n.m. y en Sabanas. Este bloque tectónico es una franja de dirección Norte - Sur que se extiende por todo el centro del Departamento, con un ancho que varía entre 60 y 100 Km, delimitado al Oriente por el sistema de Fallas de Romeral. Se caracteriza por contener estructuras anticlinales y sinclinales alargadas donde predomina el fracturamiento longitudinal.

En este bloque tectónico se desarrolla la cuenca hidrográfica del Río Sinú, donde la Serranía Abibe-Las Palomas con alturas entre 1600 y 2200 m.s.n.m conforma la vertiente Occidental, mientras que la Oriental está conformada por la Serranía de San Jerónimo con alturas entre 100 y 200 m.s.n.m.

El bloque esta constituido en su parte inferior por varios cuerpos de rocas ultramáficas del Jurásico. En la parte media y superior está conformada por una espesa secuencia sedimentaria de carácter arcillolítico con algunos lentes de carbón y edades que oscilan desde el Cretácico Superior hasta el Terciario. A este bloque pertenecen las formaciones Cansona, San Cayetano, Ciénaga de Oro y Porquera, cubierta por el Depósito Aluvial del Río Sinú, considerado el principal acuífero de este bloque.

En el bloque tectónico de San Jacinto, principal acuífero lo constituye los Depósitos Aluviales del Río Sinú, que tiene un espesor que varía entre 50 y 150 m, recargado posiblemente por el propio río y el agua lluvia, con flujos subterráneos convergentes hacia el centro de la cuenca. Este acuífero descansa sobre un basamento hidrogeológico impermeable constituido por las formaciones San Cayetano, Ciénaga de Oro y Porquera, comportándose como un acuífero aislado.

La recarga proveniente de corrientes tributarias que drenan rocas de origen marino adyacentes al Depósito Aluvial del Río Sinú contribuye a la mineralización que presenta el agua del acuífero, la cual de acuerdo al diagrama Piper, es de tipo mixto. El agua es dulce (valor en el límite dulce-salobre) y muy dura.

Los diferentes mapas de isoconcentraciones (sólidos disueltos, sulfatos y cloruros), muestran que esta zona es donde se encuentran las más altas concentraciones de iones en solución para todo el departamento, principalmente hacia el área de la ciudad de Montería. No es un agua apta para consumo humano, aunque es empleada para abastecimiento doméstico. No debe ser empleada para riego ya que existe alto peligro de salinización del suelo.

El otro sistema hidrogeológico lo conforman los bloques tectónicos de San Jacinto y Zona de Plataforma, donde la secuencia arcillosa impermeable del bloque del Sinú (Formaciones San Cayetano, Ciénaga de Oro y Porquera), constituye el basamento hidrogeológico de las unidades acuíferas que lo suprayacen (Tolúviejo, El Cerrito, Sincelejo, Betulia, La Mojana.y los Depósitos Aluviales)

Los acuíferos de este sistema son recargados principalmente por el agua lluvia infiltrada en sus áreas de afloramiento situadas en la vertiente Occidental (Serranía

de San Jerónimo) a partir del trazo de la Falla de Romeral, como también, pero en menor proporción, por las corrientes superficiales que provienen de esta serranía. Por consiguiente la dirección regional del flujo subterráneo es fundamentalmente de Occidente a Oriente, siguiendo la pendiente estructural de toda la secuencia sedimentaria, existiendo además un flujo vertical que se manifiesta en pozos saltantes que captan los acuíferos superiores Betulia y La Mojana.. Como un acuífero aislado se encuentran los Depósitos Aluviales del río Sinú.

6.5.2 VULNERABILIDAD

6.5.2.1 Generalidades

La evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación tiene por objeto establecer el grado de defensa natural del sistema ante la alteración potencial de la calidad del agua subterránea, basándose en la determinación de las propiedades físicas del medio no saturado, que lo convierten en una herramienta de protección del recurso.

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación la establece la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y de la zona no saturada. Foster (1987), sugiere que la definición más confiable de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos es la medida de el grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y el grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada, como resultado de retención y/o reacción físico – química.

Teniendo en cuenta que la cartografía de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación se realizó a escala 1:250.000, la evaluación se debe considerar de reconocimiento y el mapa es de tipo orientativo.

6.5.2.2 Metodología GOD

Existen varias metodologías para la evaluación de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación y su aplicación depende principalmente de la escala de presentación y de la información existente. En el ámbito de Latinoamérica las más utilizadas, de la más sencilla a la más compleja, son GOD, DRASTIC Y

SINTACS, la primera es una metodología de puntaje de las variables y las dos últimas son metodologías de puntaje y peso.

En Colombia debido al nivel de información se ha empleado el método GOD (Foster, 1987), recomendado para áreas con escasa información, con irregular distribución de datos o con incertidumbre de los mismos. El método GOD considera tres parámetros de evaluación:

- **Groundwater (G**): Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero. La condición de confinamiento de los acuíferos es una función que interviene directamente en la vulnerabilidad natural del agua subterránea ante una contaminación potencial, ya que en general en acuíferos confinados o cautivos con un espesor considerable de capa confinante, el acceso de contaminantes es más restringido.

- **Overall (O)**: Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica, al grado de consolidación y el fracturamiento de la roca. La importancia de la zona no saturada en la evaluación de la vulnerabilidad radica en su potencial para la interceptación, sorción y eliminación de bacterias y virus patógenos; para la atenuación de minerales pesados y químicos orgánicos a través de precipitación (carbonatos, sulfatos e hidróxidos); para la sorción e intercambio catiónico y para la sorción y biodegradación de algunos compuestos orgánicos de origen natural o sintético. Sin embargo la zona no saturada puede en ocasiones actuar sólo como un retardante del efecto contaminante, cuando se enfrenta a contaminantes móviles y persistentes.

  Las características litológicas de la zona no saturada en la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos, pueden dar indicios de la condición de confinamiento de los acuíferos y de la profundidad a la que se podría encontrar el agua.

- **Depth (D):** Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados.

6.5.2.3 Valoración de los Parámetros GOD Para los Principales Acuíferos.

A continuación se hace una descripción de los criterios de esta valoración.

Acuíferos Aluviales y de Terrazas Aluviales.

Asociados principalmente a depósitos aluviales y de terrazas aluviales de los ríos Sinú, San Jorge, Canalete y sus afluentes, son generalmente de extensión local, baja productividad, en capas individuales, discontinuas y con espesores que van desde los 200 metros en el río Sinú hasta los 10 metros en el río Canalete. La mayoría son de carácter libre aunque localmente confinados por niveles arcillosos, en capas no conectados hidráulicamente y se constituyen como áreas de recarga de poca capacidad de infiltración; el valor de indexación corresponde a 1.0 en su condición de acuífero (Parámetro "G").

La zona no saturada de la mayor parte de los acuíferos aluviales y de terrazas aluviales, está compuesta por sedimentos inconsolidados, permeables, constituidos por intercalaciones de limos, gravas, arenas y arcillas, a los cuales se les asigna una valoración de 0.7 en dominio litológico (Parámetro "O"). A los depósitos de playa constituidos por arenas finas, se les asigna una valoración de 0.8 en este parámetro.

Litológicamente la zona no saturada está constituida por intercalaciones de espesor variable de arcillas, arcilla plástica con poco contenido de arena y arena fina a gruesa (ocasionalmente gravas), con matriz arcillosa, con porosidad primaria que conforman una gran llanura aluvial; dado que el parámetro "O" (dominio litológico) son intercalaciones, se le asigna un índice igual a 0.7.

Los niveles estáticos para esta unidad son muy someros principalmente cerca al nivel base de los ríos hasta los 6.0 m de profundidad en zonas puntuales de los Depósitos Aluviales del río Sinú, asignando valores que van desde 1.0 hasta 0.8 en el Parámetro "D".

Acuífero Betulia.

El área de afloramiento constituye la zona de recarga principal de este acuífero, aunque de mediana capacidad de infiltración, por lo tanto se considera en general en condiciones de no confinamiento para el acuífero superficial, pero con cubrimientos locales por presencia de capas arcillosas en superficie, que en

promedio alcanzan 5 metros de espesor, al sureste del río San Jorge, con un índice "G" de 1.0 y de 0.5, respectivamente.

En superficie y zona no saturada, predominan las intercalaciones de limos, arcillas, arenas y arenas arcillosas, según los registros litológicos de pozos. Asignándole un valor "O" de 0.7. La profundidad del nivel estático en términos generales es subsuperficial, con valores de menos de 5 metros de profundidad, esporádicamente en algunos sectores alcanza hasta los 9 m de profundidad. Los índices en el parámetro "D" varían desde 1.0 hasta 0.8.

Acuífero El Cerrito.

Por las características litológicas y la extensión aflorante que se constituye zona de recarga, esta unidad se comporta como un acuífero en condiciones no confinadas, asignándosele para el parámetro "G" el valor de 1.0.

Por el predominio litológico arenoso en la zona no saturada, se asignó a "O" el valor de 0.7. Los niveles estáticos de los aljibes muestran unos valores muy subsuperficiales y puntualmente se reportan dos datos mayores de 10 m de profundidad. Se indexó el parámetro "D" entre 1.0 y 0.7.

6.5.2.4 Calculo de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación.

Una vez obtenidos cada uno de los parámetros GOD, para los principales acuíferos, se procedió a realizar la multiplicación de los parámetros utilizando para esto el programa ARC/INFO.

Acuífero Aluviales y de Terrazas Aluviales.

Después de multiplicar y de procesar en ARC/INFO los índices asignados a los parámetros G, O y D para este acuífero, se obtuvo una vulnerabilidad alta a extrema, con valores de indexación entre 0.5 y 0.9, incluye la ciudad de Montería y algunos municipios como Corozal, San Pelayo, Ciénaga de Oro y alrededores de Puerto Escondido y Canalete.

Acuífero Betulia.

Al sur del río San Jorge el acuífero se cartografió como de baja a moderada susceptibilidad a la contaminación, debido a la capa de arcilla que lo cubre y que se comporta como barrera de protección. En el resto del acuífero se cartografía una vulnerabilidad alta. En las zonas de flujos surgentes la vulnerabilidad es baja.

Acuífero El Cerrito.

De acuerdo con la indexación de los valores numéricos asignados, el acuífero se clasifica en términos generales con vulnerabilidad alta a la contaminación. En algunos sectores la susceptibilidad a la contaminación es moderada.

6.5.3 POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO

6.5.3.1 Estimación de Reservas

Se entiende por reservas, en sentido amplio, a la totalidad de agua movilizable existente en un acuífero o sistema acuífero, es decir el producto del volumen total del acuífero por su coeficiente de almacenamiento, si el acuífero es confinado, o por el rendimiento específico si se trata de un acuífero libre.

Las reservas estáticas o pasivas son el volumen de agua no renovable contenido dentro del acuífero que en general es deseable no explotar, salvo en casos extremos de déficit. Su aprovechamiento incontrolado, puede ocasionar impactos ambientales irreversibles, tales como desecación de manantiales, quebradas, ríos, bosques y subsidencia del terreno.

Para el cálculo de los parámetros requeridos en este análisis (espesor y coeficiente de almacenamiento o rendimiento específico), se promediaron los diferentes datos que se compilaron durante el desarrollo del proyecto; el valor de las áreas de cada acuífero fue obtenido con la ayuda de una herramienta SIG. Para las unidades acuíferas con espesor superior a los 500 metros, se tomó este valor como espesor límite para los cálculos, debido a ser éste el espesor económicamente óptimo para aprovechar agua subterránea en la zona. En la tabla No. 18 se muestra el volumen de las reservas calculadas para los diferentes acuíferos evaluados.

6.5.3.2 Estimación de Recursos

Se entiende por recurso el caudal de agua (Volumen por unidad de tiempo) que puede obtenerse de un acuífero de forma permanentemente o por lo menos durante un largo tiempo (decenas de años), sin sobrepasar el régimen estacionario o de equilibrio.

Tabla No. 18 Volúmenes de reservas de aguas subterráneas

ACUIFERO	AREA (Km^2)	ESPESOR PROMEDIO	Ne Prom.	Reservas (Mm^3)
BETULIA	2,4E+09	400	0,14	94393
DEPOSITOS ALUVIALES ATERRAZADOS	8,7E+08	85	0,17	11480
DEPOSITOS ALUVIALES RIO SINU	4,5E+09	110	0,12	55359
EL CERRITO	2,1E+09	550	0,05	26504
RESERVAS TOTALES				**187736**

Ne. Prom.: Porosidad efectiva promedio, Valores tomados de Custodio y Llamas (2001), según la litología de cada uno de los acuíferos.

En otras palabras, los recursos representan la lámina de agua que recarga el sistema, por unidad de tiempo.
Para el cálculo de los recursos de agua subterránea se utilizó un método hidrodinámico, el cual se basa en la ley de Darcy y el valor de los parámetros hidrogeológicos calculados para cada acuífero.

La información con la cual se cuenta hasta la fecha permitió solamente calcular los valores de los recursos de los acuíferos Depósitos Aluviales (en los depósitos de los Ríos Sinú), acuífero El Cerrito. Aunque estos resultados (tabla No. 19), son preliminares, se consideran como una primera aproximación aceptable a nivel regional.

Tabla No. 19 Recursos de aguas subterráneas

ACUIFERO	ANCHO DEL ACUIFERO* (m)	TRANSMISIVIDAD* (m^2/día)	GRADIENTE HIDRAULICO*	RECURSOS (Mm^3/año)
EL CERRITO	6120	11	0,014	0,35
DEPOSITOS ALUVIALES (RIO SINU)	15875	50	0,012	3,495
RECURSOS TOTAL				**3.845**

** valores promedios.*
Acuíferos libres a semiconfinad

6.6 CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

La calidad natural se relaciona directamente con las características propias del agua; dependiendo del origen y del medio en donde se encuentre, de las sustancias disueltas y en suspensión contenidas en el agua, del tipo de suelo que atraviesa del grado de conservación y el uso de los mismos. Dentro de la cuenca del río Sinú el agua se encuentra en distintos cuerpos hídricos (arroyo, quebradas, ríos, humedales) localizados en diferentes áreas geográficas y condiciones físico-bióticas.

6.6.1 Generalidades

La calidad del agua es parte importante de los niveles de vida en cualquiera de sus manifestaciones. Hoy por hoy, el deterioro creciente del recurso hídrico ha disminuido la biodiversidad de las especies en los principales ecosistemas del país, reduciendo su potencial ictiológico con graves consecuencias sociales y económicas para los habitantes de la región.

Desde el punto de vista de la salud el agua superficial es uno de los medios que facilitan la propagación de enfermedades adquiridas por contacto o por ingestión accidental, se mencionan con mucha frecuencia las enfermedades diarreicas agudas (E.D.A), la tifo y paratifoidea, disentería bacilar y amibiana, infecciones de los ojos, oídos, nariz y garganta, incluyendo afecciones de la piel como la dermatitis por esquistosomas que se contraen en las orillas de los ríos.

Dentro de la cuenca los principales factores que inciden en la ocurrencia de las enfermedades mencionadas son:

Vertimiento directo de aguas servidas a fuentes naturales
Escasa o mala operación de los sistemas de tratamiento para aguas residuales municipales.
Mala calidad del agua para consumo humano.
Falta de manejo en la recolección y disposición de basuras.
Deficiencia en el suministro de agua potable.

Las aguas residuales sin tratamiento contienen virus y bacterias patógenas que se derivan de las heces humanas; éstas en conjunto y con las malas prácticas sanitarias domésticas, están relacionadas con altas tasas de mortalidad infantil.

Independientemente del uso a que se destine el agua superficial, existen cuatros fuentes principales de contaminación del agua: Las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales, las escorrentías por el uso del suelo y los proyectos de generación hidroeléctrica. (Medio Ambiente y Municipio en Colombia, Emilio Latorre Estrada, pag 92).

La cuenca del río Sinú no ha sido ajena a esta problemática y es afectada en distintos lugares por vertimientos de las aguas residuales generadas por centros urbanos y por el sector agrario e industrial ubicados en la cuenca.

Si bien las condiciones naturales han cambiado ostensiblemente producto de la acción antrópica, aun la capacidad de autopurificación del Río Sinú es suficiente para recuperar niveles de calidad aceptables para la biota; más no es así para el recurso hídrico de los humedales, los cuales cada vez son más afectados por la acción del hombre disminuyendo así la dinámica río – ciénaga que de alguna manera garantizaba la presencia de oxígeno en estos cuerpos de agua.

6.6.2 Metodología utilizada para el Análisis de la Calidad del Recurso Hídrico

El diagnóstico de la calidad del agua en la cuenca del río Sinú se desarrolla a partir del análisis de los parámetros de calidad de agua obtenidos en los monitoreos que han realizado distintas instituciones, considerando información antes y después de la operación del Embalse Urrá.

El desarrollo metodológico parte de la estructuración de varias etapas que se describen a continuación:

- **Recopilación de información Secundaria:** Se inició ésta etapa con la identificación de las firmas consultoras, universidades, empresas y otras entidades de orden público o privado que contaran con información respecto a la toma de muestras y cuantificación de la calidad del agua en el río Sinú. A través de esta actividad se obtuvo información del muestreo realizado por URRA S.A.E.S.P. durante los años 2000, 2001 y 2002 también se contó con el muestreo de seguimiento de la C.V.S. durante el año 2002 y enero del 2003, estudios sobre la calidad del agua de firma consultoras y bibliografía sobre el tema.
- **Análisis de la información:** Teniendo en cuenta la localización de los sitios de muestreo, se diferencian las zonas del Embalse de Urrá, el cauce del río y el sector de ciénagas. Los cuales fueron georeferenciados a fin de obtener la localización de las estaciones en las cuales se realizaron los

muestreos. Posteriormente se realiza un análisis de cada uno de los parámetros muestreados se verifica la continuidad, se validan y consolidan los resultados para cada parámetro de interés con el fin de establecer el comportamiento y acentuar las variaciones significativas. Paralelamente se hace la revisión de la bibliografía para la conceptualización y presentación de resultados teniendo en cuenta los diferentes puntos de vista sobre la calidad del agua.

- **Elaboración de cartografía:** La mapificación del comportamiento de los parámetros de interés se elaboró con la base cartográfica del IGAC e imágenes de satélite actuales de la cuenca del río Sinú, en ellas se plasmó la localización de las estaciones de muestreo y con base en el criterio de cuencas aportantes se delimitaron las áreas aferentes a cada estación, asociando el comportamiento de la calidad del agua a los aportes hidrológicos del área, ver capítulo de cartografía
- **Presentación de resultados:** La información fue colectada, complementada, organizada, y almacenada sistemáticamente en tablas, permitiendo la posterior elaboración de una síntesis y la visión general del diagnóstico de la calidad del agua en la cuenca del Río Sinú.
- **Conclusión y Recomendaciones:** Finalmente se realizó, a partir de la visión global de los enunciados teóricos, resultados consolidados y mapas temáticos, la descripción del diagnóstico de la calidad del agua en la cuenca del río Sinú.

6.6.3 Parámetros Monitoreados

En lo que respecta a la calidad del agua del río Sinú, la empresa URRA S.A. E.S.P. realiza el monitoreo con frecuencia diaria de parámetros físico-químicos en el embalse y en el cauce del río aguas abajo de la presa desde 1998.

En la escogencia de los sitios de muestreo se tuvo en cuenta:

a) Facilidad de acceso
b) Condiciones estables de la corriente
c) Facilidad para medir caudal
d) Que entre las estaciones hallan factores suficientes que puedan alterar la calidad del agua
e) Vías de comunicación que permitan llevar en corto tiempo las muestras al laboratorio

para el estudio se tuvieron en cuenta los monitoreos a partir del año 2000 cuando se inicio el llenado de la presa), adicionalmente la C.V.S. realiza el monitoreo desde el año 2002, con una frecuencia de 6 veces al año, por encargo del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con base en las labores de seguimiento y control de la licencia ambiental otorgada al proyecto hidroeléctrico URRA.

Para tal fin los ensayos se realizan acorde con los procedimientos de METODOS NORMALIZADOS para el Análisis de Aguas Potables y Residuales; APHA-AWWA-WPCF, sin embargo es necesario precisar que no se cuenta con registros de caudal asociado en cada estación y en cada muestreo.

La Tabla No.20, muestra los parámetros que son Monitoreados por las dos instituciones de manera periódica URRA S.A.E.S.P. y C.V.S.

Tabla No. 20 Parámetros Monitoreados

FISICOS	QUÍMICOS
Color	PH
Turbidez	Alcalinidad
Sólidos Suspendidos	Acidez
Temperatura	Dureza Total
	Hierro
	Cloruros
	Nitrogeno amoniacal
	DBO_5
	Sulfatos
	Oxígeno disuelto
	Fosfatos

Fuente: C.V.S. y URRA S.A.E.S.P.

Con base en la información contenida en los informes consolidados de los años 2001 y 2002, elaborados por la Universidad Pontificia Bolivariana para la empresa URRA S.A. E.S.P., y el seguimiento por parte de la C.V.S., se realizó el análisis físico-químico en el embalse y a lo largo del río Sinú desde la presa hasta la desembocadura.

6.6.4 Datos

Toda la información con los valores obtenidos en los ensayos realizados a los parámetros en estudio se presentan en el anexo Nº 7, al final del documento, que contiene además de los informes de seguimientos de la C.V.S., los datos e

informes de los resultados de análisis realizados por la U. Bolivariana para URRA S.A.E.S.P. y otros.

6.6.5 Análisis de los Parámetros Monitoreados

6.6.5.1 Análisis en la Zona del Alto Sinú - Embalse

Uno de los principales aspectos a considerar en la interpretación y evaluación de la información sobre la calidad del agua es el comportamiento hidrológico y meteorológico del área de influencia directa que determina el comportamiento de algunos parámetros asociándolos con las tendencias del drenaje natural.

Con respeto al espectro vertical de temperatura a medida que se profundiza, de cero (0) a cinco (5) metros el cambio de temperatura en la mañana es de 5°C y en la tarde de 7°C aproximadamente. Mientras que cinco (5) a treinta y cinco (35) metros de profundidad, el cambio en la temperatura en la mañana y en la tarde es de 2°C aproximadamente. Ver Figura No.32

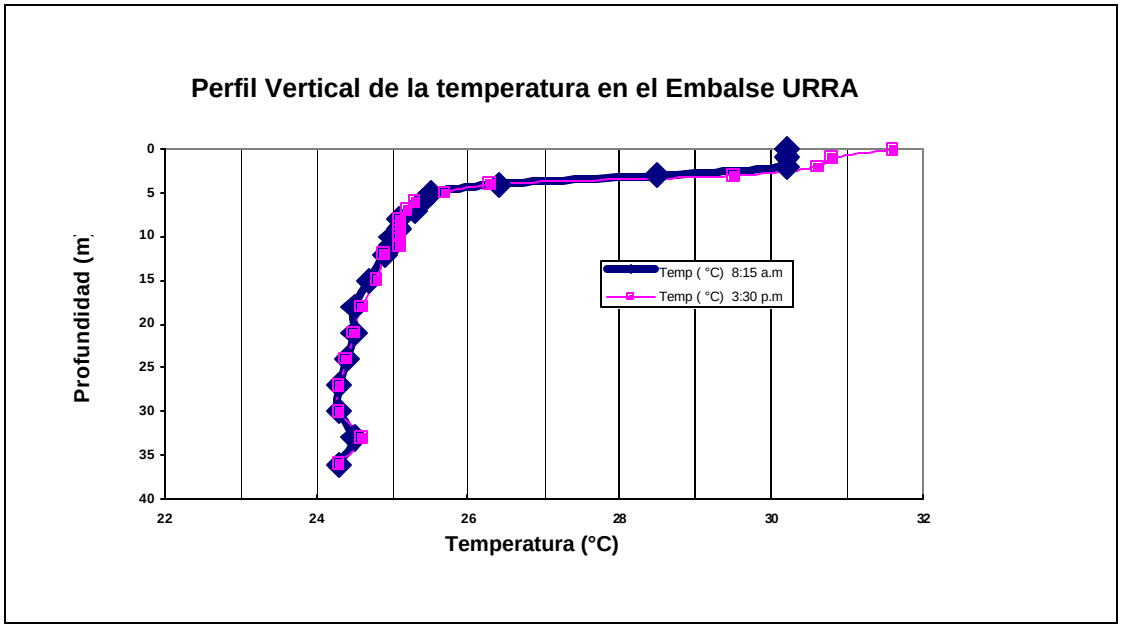
Uno de los elementos de los ecosistemas acuáticos tropicales se refiere, al efecto que la radiación lumínica puede hacer sobre las masas de agua; en especial porque estas franjas geográficas respecto a otras latitudes reciben por más tiempo luz solar durante el año.

La alta radiación solar durante el día eleva la temperatura de la masa acuática y en especial la superficie, y teniendo en cuenta la densidad se presenta la estratificación de tres capas típicas; Epilimnio, Metalimnio y el Hipolimnio.

Con relación a la temperatura, la ubicación geográfica del embalse a 128 m.s.n.m facilita la estratificación térmica, puesto que los altos valores de temperatura superficial mayores de 30°C comparados con temperaturas alrededor de 23°C, acentúan diferencias de densidad del cuerpo de agua que se producen en el eje vertical. Este patrón es común en ecosistemas tropicales de estas latitudes, por tal razón se presentan termoclinas que simplemente representan el cambio brusco de temperaturas relacionadas con la profundidad dependiendo de la hora del día.

Respecto a los embalses el comportamiento térmico que acompaña a los patrones de Oxigeno Disuelto y Ph, permite detectar problemas en los organismos del Planton, fitoplantom y zooplanton, como también sus patrones de mezcla y estratificación dentro del ciclo anual de precipitaciones.

Figura No. 32 Perfil vertical de la temperatura en el Embalse Urrá

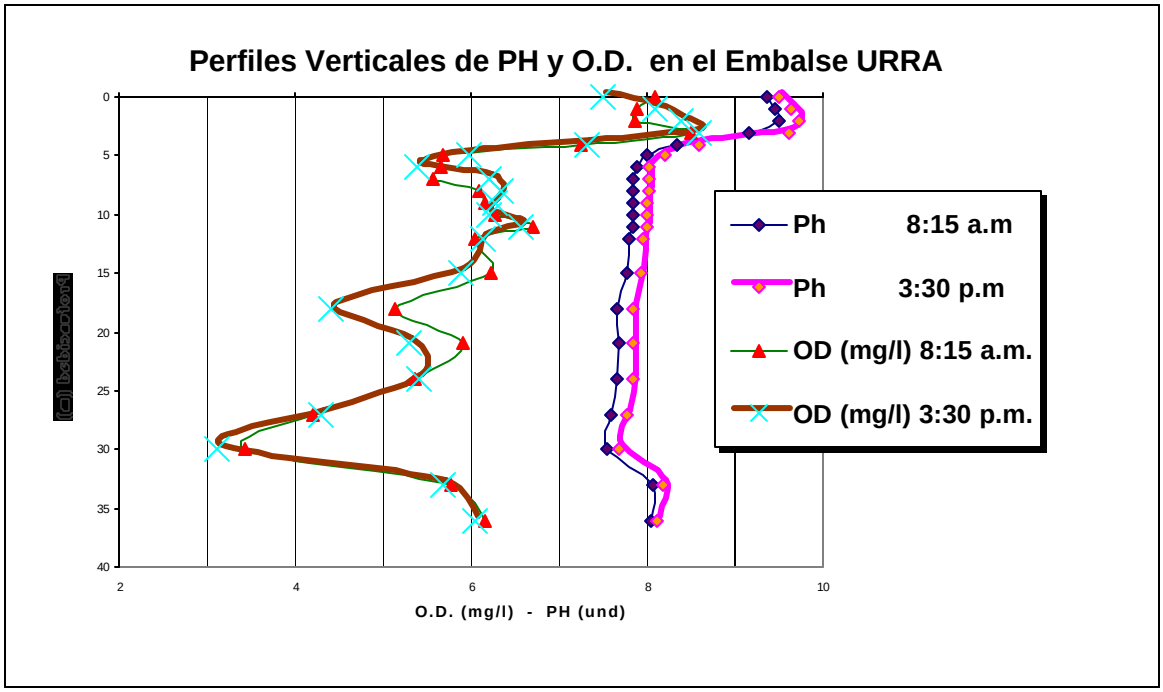


Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana.

En cuanto al **Oxigeno Disuelto**, los valores sobre el eje vertical entre la superficie y la profundidad son muy parecidos. Las Oxiclinas de referencia representan los cambios o la disminución del gas a profundidades mayores que se originan por la falta del intercambio con la atmósfera, aportes biológicos por fotosíntesis (ocurre en el Epilimnio) y por aportes de tributarios oxigenados. Sin embargo los valores altos de Oxigeno Disuelto muestran clara evidencia de condiciones favorables para la biota. Entre 5.65 y 8.86 mg/l.

El **Ph** en general es alto por encima de la neutralidad presentando niveles mayores en superficie y menores en el Hipolimnio. Los pocos cambios en el eje vertical indican el alto grado tampón (efecto buffer) de las aguas del embalse. Ver Figura No.33

Figura No. 33 Perfiles verticales de Ph y OD. En el Embalse Urrá



Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana

En general, desde el inicio de operación de la presa o embalse año 2000 hasta la fecha año 2003; Lo observado y mostrado en los ensayos realizados determinan que el embalse mantiene un comportamiento esperado y estable con respecto a la calidad del agua, debido a que los aportantes constituyen corrientes naturales de muy poca intervención antrópica y ausencia de vertimientos residuales de grandes poblaciones y/o industriales. Otro aspecto es la coexistencia de diferentes tipos de fitoplancton porque las especies no compiten sino más bien aprovechan la heterogeneidad de las condiciones presentes.

6.6.5.2 Análisis en la Zona del Alto Sinú - Cauce del Río

De los resultados presentados por los parámetros físicos químicos en las estaciones desde la presa hasta la estación Bellavista se concluye que:

Color. Puede ser de origen orgánico o inorgánico, ocasionado por la presencia de íones metálicos (hierro y manganeso), humus, lodo, arcilla, plancton, vegetales en descomposición o por descarga de efluentes industriales coloreadas.

Por materia suspendida se denomina Color Aparente, por partículas coloidales y seudocoloidales se conoce como Color Verdadero.

Se estudió el color aparente del agua y se identificó que en la subregión del Alto Sinú fluctuaban valores entre 14.9 y 35.8 U.C. inferior a 75 U.C. según el decreto 1594 / 84 para uso doméstico.

Turbiedad. La turbiedad se define como la propiedad óptica de una suspensión la cual hace que la luz se disperse o absorba en lugar de transmitirla en línea recta a través de la muestra.

En la subregión del Alto Sinú presenta valores altos de turbiedad que promedian según la época en rango de 45 NTU en verano a 500 NTU en invierno.

En lo que se refiere a los sistemas de abastecimiento, la turbiedad es un parámetro muy importante a tener en cuenta desde el punto de vista estético y de costos (dificulta la filtración, la desinfección)

PH. Tiene estabilidad en la neutralidad con valores entre 6.89 y 7.95 con poca variación durante el año, característica aceptable para uso doméstico

Alcalinidad. La alcalinidad en aguas naturales se debe principalmente a la dilución de rocas calizas que aportan hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos. Sólo aguas altamente alcalinas son rechazadas para el abastecimiento público, teniendo que someterse a tratamiento previo.

En la subregión del Alto Sinú la alcalinidad tiene valores entre 35.6 y 40.5 mg/l de $CaCO_3$, los máximos valores de alcalinidad se presentan en la estación seca del año, porque en esta época la presencia de ácidos húmicos es menor en el agua. Cuando comienza la estación lluviosa la alcalinidad baja por la presencia de pequeñas cantidades de ácidos húmicos procedentes de la descomposición del material vegetal de la cuenca aportante.

Dureza. Químicamente la dureza del agua es una propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiesta por su reacción con el jabón para formar precipitados y ciertos aniones que dan lugar a incrustaciones. La dureza de las aguas naturales se debe principalmente a los iones calcio y magnesio.

En cuanto a la **dureza total**, se encontró que en la subregión del Alto Sinú las aguas abajo de la presa son blandas con cambios poco apreciables de dureza, entre 32.5 a 39.6 mg/l de $CaCO_3$

En términos de dureza el agua tiene la siguiente clasificación cualitativa (Gerarrd Kiely, pag 98).

De 0-75 mg/l de $CaCO_3$	agua suave
75-150 mg/l de $CaCO_3$	agua poco dura
150-300 mg/l de $CaCO_3$	agua dura
más de 300 mg/l de $CaCO_3$	agua muy dura

Hierro. Tanto el hierro como el manganeso ocasionan serios problemas en los abastecimientos de agua potable. El contenido de hierro y manganeso en las aguas se puede explicar únicamente desde el punto de vista de la química inorgánica.

El contenido de **hierro** en la subregión del Alto Sinú aguas abajo de la presa se encuentra entre 1.2 y 3.28 mg/l.

Manganeso. El manganeso tiene un comportamiento físico-químico similar al hierro. Las concentraciones de manganeso son más pequeñas que las de hierro, variando entre 0.12 y 0.25 mg/l de Mn.

Cloruro. El cloruro en forma de ión Cl-, es uno de los aniones inorgánicos encontrados mayormente en aguas y aguas de desechos.

La concentración de cloruros es mayor en las aguas de desechos que en los cuerpos de aguas naturales, porque el cloruro de sodio es un artículo común en la dieta y pasa por el sistema digestivo sin sufrir cambio alguno.

La excreta humana y la orina contiene cloruros en cantidades casi iguales a la consumida en la alimentación. La cantidad promedio es de 6.0 mg/persona/día; incrementándose hasta 15 mg/l en las aguas residuales. Los cloruros son indicadores de contaminación orgánica

Los niveles de cloruros son bajos en la subregión del Alto Sinú aguas abajo de la presa y presentan un comportamiento bastante estable de 10 mg/l.

Sulfato. El ión sulfato es uno de los aniones que con mayor frecuencia se encuentra en las aguas naturales, debido al poder de dilución que tiene el agua sobre los minerales contenidos en la corteza terrestre, su concentración puede variar desde cantidades muy pequeñas hasta gramos por litro.

Los sulfatos de calcio y magnesio ejercen una función catártica (laxante), por lo tanto, su presencia en las aguas de consumo debe estar limitada. Actualmente se establece una concentración máxima de 250 mg/l. El concreto, en contacto con aguas de altas concentraciones de sulfatos se deteriora debido a ciertos cambios químicos que inducen a la formación de cristales de sulfoaluminato, los cuales originan una expansión del material que destruyen su textura. Los sulfatos presentes en la Subregión del Alto Sinú aguas abajo de la presa tienen valores de 9.98 a 10.5 mg/l.

Nitrógeno. En el agua natural y aguas de desecho las formas de nitrógeno de mayor interés en orden decreciente de estado de oxidación son: nitratos, nitritos, amoníaco y nitrógeno orgánico sintético.
El nitrógeno orgánico incluye materiales como proteínas y péptidos, ácido nucleico y úrea y numerosos compuestos orgánicos sintéticos.

Los nitratos se encuentran en pequeñas cantidades en los desechos domésticos, pero en efluentes de las plantas de tratamiento biológico nitrificantes pueden alcanzar concentraciones altas. Este nutriente básico para muchos autótrofos fotosintéticos, en algunos casos ha sido identificado como nutriente limitante del crecimiento.

El amoníaco está presente en forma natural en las aguas superficiales y aguas de desecho. Todas estas formas de nitrógenos, como también el nitrógeno gaseoso, interconvertible bioquímicamente, son compuestos en su mayoría derivados del ciclo de Crebbs, ocasionado por las bacterias que incluyen los siguientes procesos:

- Nitrógeno atmosférico:	fijación fotoquímica a través de organismos fijadores de nitrógeno	$N2 \rightarrow NO3$
- Bacterias desnitrificantes		$NO3 \rightarrow NH3$
- Bacterias de nitrato		$NO3 \rightarrow NH3$
- Bacterias amonificantes		$NH2 \rightarrow NH3$

El nitrógeno es como el fósforo, elemento importante para las futuras condiciones tróficas en un cuerpo de agua. Las caracterizaciones efectuadas muestran que la concentración de nitrógenos inorgánicos es baja en las aguas del río. El nitrógeno amoniacal es la forma predominante de nitrógeno que se encuentra en la Subregión del Alto Sinú aguas abajo de la presa y su máxima concentración se produce a partir del mes de junio (estación lluviosa) 0.11 mg/l . Esta forma de

nitrógeno procede de la contaminación por materia orgánica, principalmente de origen vegetal.

Se establece en el decreto 1594 / 84 valor máximo admisible para uso doméstico 1.0 mg/l., lo mismo que para nitritos, se establece 10 mg/l.

Estudios permanentes realizados por URRA. S.A.E.S.P Y C.V.S. sobre la calidad físico-química del agua del río demuestran que el contenido de nitrógeno y fósforo en ellas es bajo. Pero que las descargas continuas de efluentes contaminados con desechos industriales y domésticos con alta concentración de fósforo como detergentes, abonos y excrementos, elevan el contenido de nutrientes.

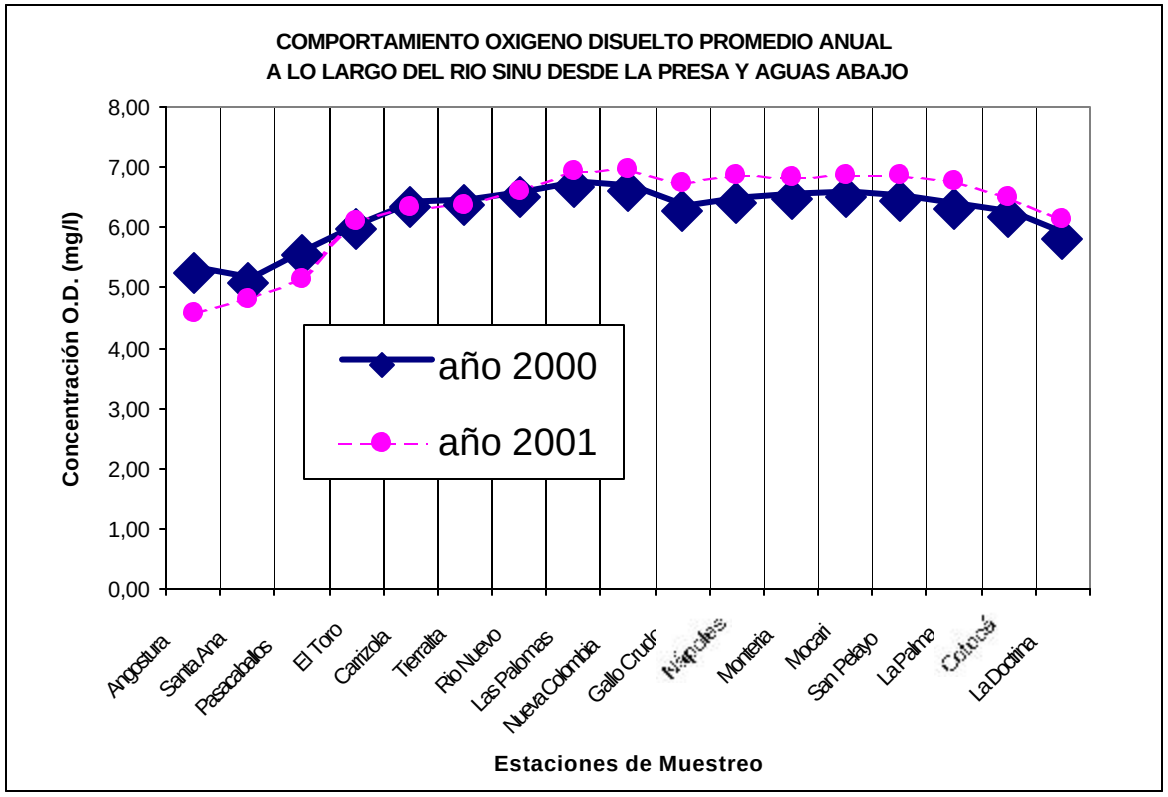
Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es probablemente el mejor indicador del estado de polución de una corriente. El comportamiento observado en la subregión del Alto Sinú es que la concentración de oxígeno disuelto es baja a la salida de la presa (2.9 a 4.2 mg/l) en los meses de febrero, marzo y abril, a medida que se recorre en distancia el río hasta la estación de río nuevo, se muestran valores mayores (6.3 a 6.8 mg/l).

El aumento de oxígeno disuelto a los pocos kilómetros de distancia de la presa permite inferir la capacidad de recuperación o transferencia de oxigeno atmosférico hasta los niveles de saturación, cumpliendo con lo establecido para conservación de fauna y flora

DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno). La DBO expresa la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica Biodegradable en el agua. La DBO_5 es un indicador del estado de polución orgánica en el agua y junto con el oxígeno disuelto pueden definir claramente la calidad del agua desde el punto de vista de polutantes orgánicos.

Relacionado directamente con la concentración de oxigeno disuelto, el comportamiento es similar al presentado por el O.D. tal como lo muestra las mediciones realizadas por la C.V.S. el día 15 de septiembre del 2002, que muestra valores de DBO entre 8.18 y 10.0 mg/l a la salida de la presa y a medida que se recorre en distancia alrededor de los 70 km disminuye a valores de 4.09 y 5.45 mg/l.

Figura No. 34 Comportamiento del oxígeno disuelto promedio anual a lo largo del río Sinú desde la presa y aguas abajo



Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana

6.6.5.3 Análisis de la Zona del Sinú Medio

Corresponde a la Subregión entre las estaciones de las Palomas y San Pelayo, con una longitud del tramo de 100 Km aproximadamente. En esta subregión aguas abajo de la presa, tiene influencia directa la operación del embalse con su correspondiente regulación de caudal. Otra característica general es que se encuentran asentadas la mayor parte de las poblaciones con mayor número de habitantes y algunas de sus aguas residuales se vierten al río. Lo que determina la calidad físico-química y bacteriológica del agua a lo largo del cauce desde la estación Las Palomas hasta la estación de San Pelayo.

Los resultados obtenidos para la zona del Sinú Medio, los parámetros muestran los siguientes comportamientos.

Color. En la subregión del Sinú Medio fluctúan valores entre 39.6 y 48.8 inferior a 75 U.C. según el decreto 1594 / 84 para uso doméstico.

Turbiedad. En la subregión del Sinú Medio tiene comportamiento similar al presentado en la Subregión del Alto Sinú, y también promedian según la época en rango de 45 NTU en verano a 500 NTU en invierno.

PH. Se mantiene muy estable en la neutralidad con valores entre 6.89 y 7.95 con poca variación durante el año y característica aceptable para conservación de fauna y flora acuática

Alcalinidad. En la subregión del Sinú Medio presenta un breve aumento entre 36 y 48 mg/l de CaCO3, los máximos valores de alcalinidad se presentan en la estación seca del año, porque en esta época la presencia de ácidos húmicos es menor en el agua. Cuando comienza la estación lluviosa la alcalinidad baja por la presencia de pequeñas cantidades de ácidos húmicos procedentes de la descomposición del material vegetal de la cuenca.

Dureza. En la subregión del Sinú Medio se mantienen las características de aguas blandas con respecto a la Subregión del Alto Sinú, mostrando valores de dureza con cambios poco apreciables, entre 34 a 48.2 mg/l de CaCO3
Hierro. El contenido de hierro en la subregión del Sinú Medio aumenta a lo largo del cauce debido a la formaciones geológicas, y se encuentra entre 3.6 y 4.9 mg/l.

Manganeso. El manganeso, varía entre 0.09 y 0.15 mg/l de Mn.

Cloruro. Los niveles de cloruros son bajos en la subregión del Sinú Medio y presentan un comportamiento bastante estable de 10.6 mg/l. (según norma para consumo doméstico < 250 mg/l decreto 1594 /84).

Sulfato. Los sulfatos en el Sinú Medio presentan valores entre 8.565 a 12.3 mg/l. Estable con respecto a la Subregión alta.

Nitrógeno. El nitrógeno amoniacal se encuentra en las aguas del río en concentraciones bajas del orden de 0.06 mg/l . Se establece en el decreto 1594 / 84 valor máximo admisible para uso doméstico 1.0 mg/l.,

Oxígeno disuelto. El comportamiento observado en la subregión del Sinú Medio continua presentando las concentraciones cercanas a la de saturación con variaciones muy pequeñas entre 6.89 y 7.07 mg/l Cumpliendo con lo establecido para la biota.

DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Presenta variaciones puntuales debido a las poblaciones de influencia, es decir en Mocarí y San Pelayo se presenta valores entre 5.9 y 8.7 mg/l ocasionados quizás por vertimientos de las cabeceras urbanas, Cereté y dependiendo de la época verano o lluvia. Sin embargo el comportamiento a estudiar se debe relacionar directamente con la concentración de oxigeno disuelto. En el resto de la Subregión, el comportamiento es bastante estable con indicaciones de no haber cambios bruscos por la distancia o alteraciones de las cualidades organolépticas.

6.6.5.4 Análisis de la Zona del Bajo Sinú.

En esta subregión, tiene influencia directa la Ciénaga Grande del bajo Sinú que se comunica con el río a través del caño de Aguas Prietas. Se analiza la calidad físico-química y bacteriológica del agua a lo largo del cauce desde la estación Las Palmas hasta la estación caño Sicará.

De los resultados obtenidos para la zona del bajo Sinú, los parámetros muestran los siguientes comportamientos

Color. En la subregión del Bajo Sinú fluctúan valores con muy poca variabilidad con respecto al Medio Sinú, medidas entre 28.4 y 35.7 inferior a 75 U.C. según el decreto 1594 / 84 para uso doméstico.

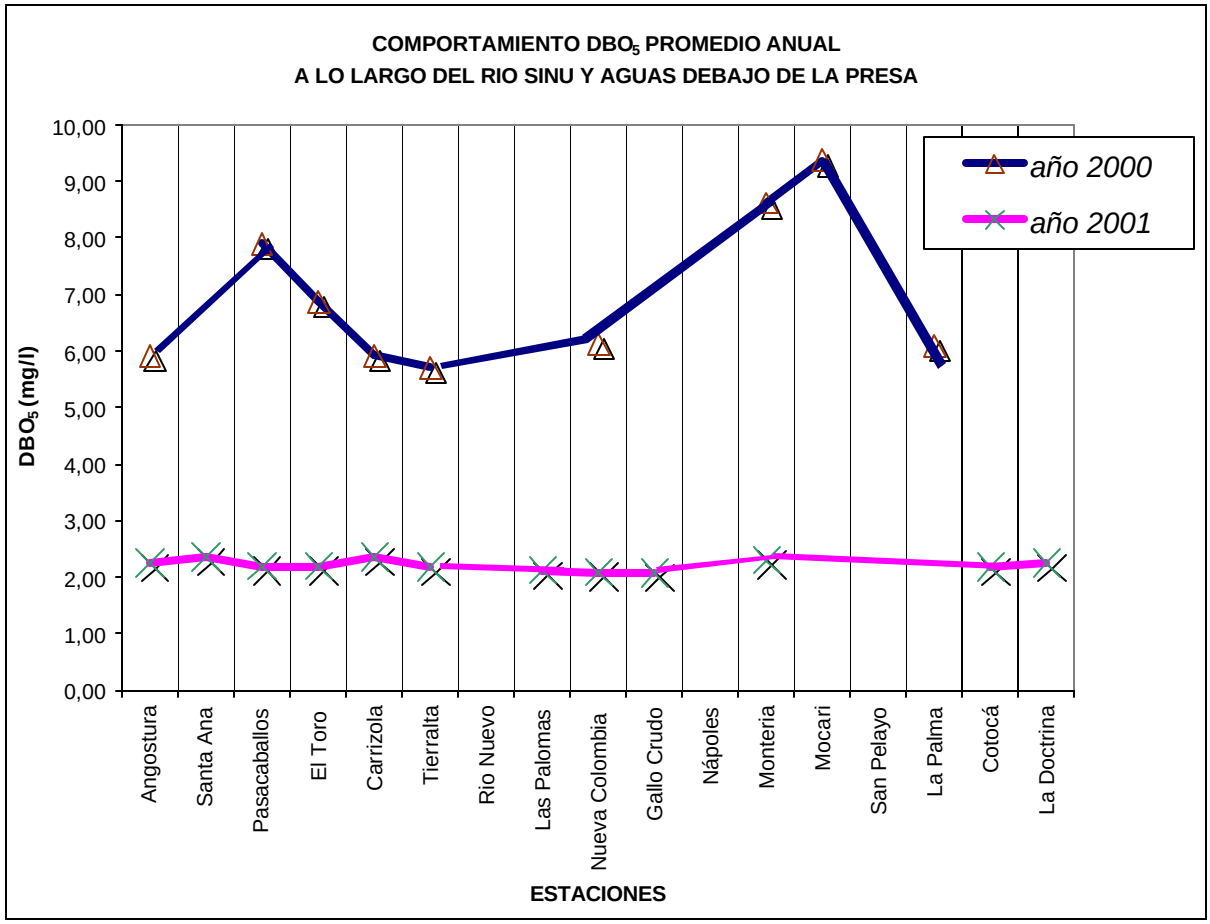
Turbiedad. En la subregión del Bajo Sinú tiene comportamiento similar al presentado en la Subregión del Bajo Sinú, y también promedian según la época en rango de 45 NTU en verano a 500 NTU en invierno.

PH. Se mantiene muy estable en valores cercanos a neutro (7) entre 6.89 y 7.95 con poca variación durante el año y característica aceptable para uso doméstico

Alcalinidad. En la subregión del Bajo Sinú presenta comportamiento estable con respecto al Medio Sinú, entre 30 y 56 mg/l de CaCO3,

Dureza. En la subregión del Bajo Sinú son aguas blandas con cambios poco apreciables de dureza, entre 23 a 85 mg/l de CaCO3

Figura No. 35 Comportamiento DBO5 promedio anual a lo largo del río Sinú y aguas debajo de la presa

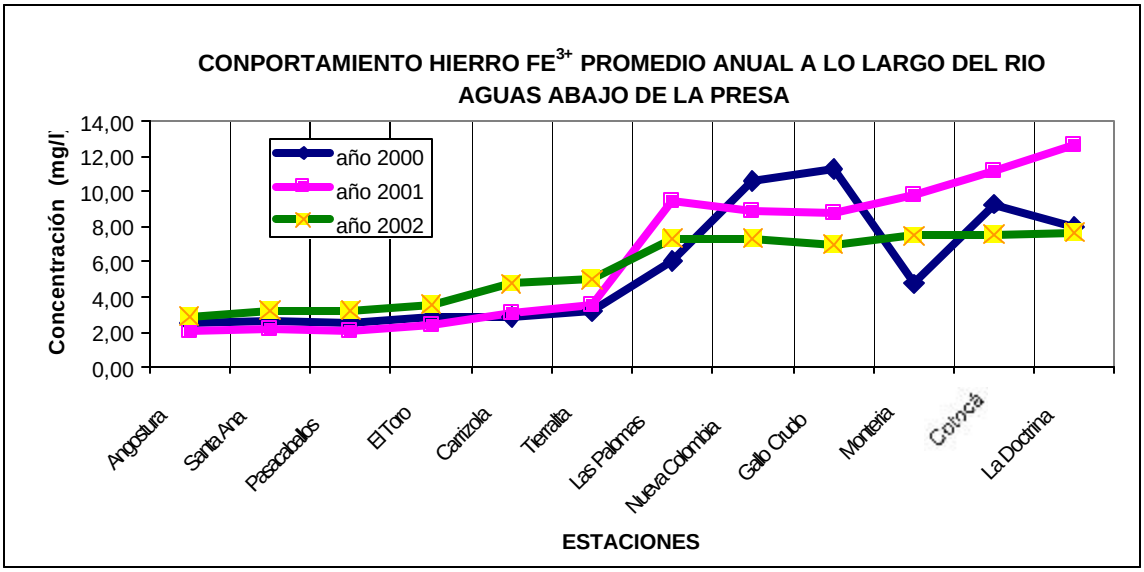


Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana

Hierro. El contenido de hierro en la subregión del Bajo Sinú aumenta a lo largo del cauce debido a la formación geológica, y se encuentra entre 5.6 y 8.5 mg/l. Sin embargo estas concentraciones están por debajo del límite permisible (10 mg/l) para aguas de consumo doméstico.

La figura No.36 muestra para el año 2002 a lo largo del cauce del río el comportamiento establece de Hierro Fe^{+3}, con respecto a los años anteriores y los cambios bruscos se deben a la puesta en marcha de la presa y descargas de fondo. Pero de todas formas la tendencia es de aumentar la concentración de Hierro Fe^{+3}, desde la cuenca alta hacia la cuenca baja.

Figura No. 36 Comportamiento hierro Fe 3+ promedio anual a lo largo del río agua debajo de la presa



Manganeso. El manganeso, varia entre 0.12 y 0.19 mg/l de Mn. sigue presentando concentraciones bajas comparadas con los límites permisibles para uso agrícola.

Cloruro. Los niveles de cloruros son bajos en la subregión del Bajo Sinú y presentan un comportamiento bastante estable de 10.6 mg/l.

Sulfato. Los sulfatos presentes en el Bajo Sinú con valores de 8.3 a 10.3 mg/l. Estable con respecto al medio Sinú.

Nitrógeno Amoniacal. El nitrógeno amoniacal se encuentra en las aguas del río en concentraciones bajas del orden de 0.06 mg/l . Se establece en el decreto 1594 / 84 valor máximo admisible para uso doméstico 1.0 mg/l.,

Oxígeno disuelto. El comportamiento observado en la subregión del Bajo Sinú continua presentando las concentraciones cercanas a la de saturación con variaciones muy pequeñas entre 6.89 y 7.07 mg/l Cumpliendo con lo establecido para aguas con uso recreativo y fauna acuática.

DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno). En el resto de la Subregión, el comportamiento de DBO es bastante estable valores entre 2.65 y 3.14 mg/l, con indicaciones de no haber cambios bruscos por la distancia o alteraciones de las cualidades organolépticas.

6.6.6 Análisis de la Calidad del agua en las Ciénagas:

En la cuenca del río Sinú se encuentran dos grandes sistemas lagunares, la Ciénaga de Betancí y la Ciénaga Grande del Bajo Sinú que comprende un complejo y gran número de ciénagas pequeñas.

La Ciénaga Grande del Bajo Sinú históricamente a presentado un grave problema de colmatación, la alta sedimentación y la poca profundidad le han quitado su capacidad de amortiguación de las crecientes del río, pero a su vez presenta en toda su extensión un importante desarrollo de macrófitas que se acompaña con una exuberante comunidad de aves, lo cual denota un copioso recurso de organismos asociados a macrófitas y de peces que representa un valioso medio de subsistencia.

Por su extremo sur recibe las aguas del caño de Aguas Prietas, el cual acumula las aguas servidas de diferentes cabeceras urbanas (Ej. Montería, Ciénaga de Oro). Este caño disminuye su caudal substancialmente durante la época de verano, hecho que le induce a almacenar una elevada contaminación orgánica que deposita en la ciénaga durante el inicio de las lluvias. Por el extremo norte, la ciénaga se comunica con el río Sinú a la altura del Municipio de Lórica, mostrando flujo y reflujo río-ciénaga según las diferentes épocas del año y variaciones de caudal. Esta breve descripción permite ilustrar a grandes rasgos, los procesos dinámicos que en ella se suceden.

Su mayor transparencia no se asocia con un mejor desarrollo fitoplanctónico y por ende un mayor oxígeno, hecho que ocurre por la baja calidad de las aguas y el alto desarrollo de macrófitas, las cuales reducen la penetración de luz sobre la columna de agua y capturan gracias a su enraizamiento, los nutrientes que se van depositando en los sedimentos. Estas propiedades le confieren amplias ventajas en su proceso de competencia con el fitoplancton. (RAMÍREZ et al, 1998).

A diferencia de los registros, mediciones y ensayos realizados a lo largo del río, en las ciénagas Grande y Betancí los registros son escasos de información que permita hacer un análisis riguroso, solo se podría asociar la tendencia natural de conformación geológica, la estabilidad y fluctuación del caudal asociado al cauce del río y las alteraciones de tipo antrópico.

Tabla No. 21 Algunas variables físico químicas en la Cienaga Grande del Bajo Sinú

VARIABLES	ESTACIONES				
	A	B	C	D	E
	MAYO				
Temperatura ° C	26,9	28	29,2	29,3	30,2
PH	7,3	7	7	6,9	7,1
Conductividad (mS/cm)	126	112	132	178	183
Oxigeno (%)	81	81	71	14	34
Sólidos Suspendidos (mg/l)	616	284	76	29	0
DQO (mg/l)	113	10	34	30	36
Fósforo total (mg/l)	1,05	0,32	0,07	0,72	0,71
	AGOSTO				
Temperatura ° C	28,5	28,5	29,1	28,7	
PH	6,8	7	7,1	7,2	
Conductividad (mS/cm)	124	134	145	210	
Oxigeno (%)	43	29	11	0	
Sólidos Suspendidos (mg/l)	0	0	0	0	
DQO (mg/l)	131	26	29	38	
Fósforo total (mg/l)	0,86	0,86	2,04	0,54	
	FEBRERO				
Temperatura ° C	31,1	30,5	29,3	29,3	
PH	8	7,5	7,3	7,3	
Conductividad (mS/cm)	825	627	555	263	
Oxigeno (%)	98	17	2	5	
Sólidos Suspendidos (mg/l)	106	146	148	0	
DQO (mg/l)	19	40	70	48	
Fósforo total (mg/l)	1,33	1,12	1,8	1,51	

Fuente: De Oleoducto de Colombia – ECOPETROL. 1993

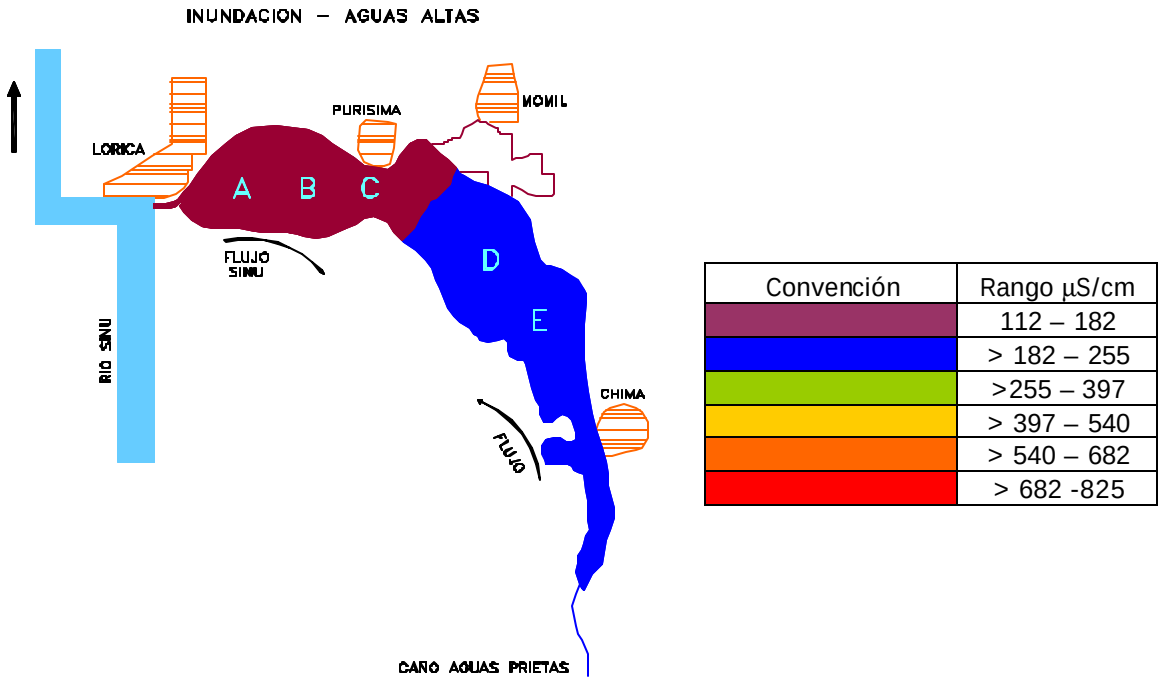
Es importante partir de la hipótesis que, la calidad del agua de las ciénagas esta influenciada por el comportamiento hidrológico y meteorológico del área de influencia directa. En el primer caso los drenajes naturales o construidos contribuyen por escorrentía, arrastre y dilución a caracterizar la calidad del agua en invierno. En el segundo caso la temperatura, vientos y radiación solar regulan las condiciones de mezcla, productividad y calidad por concentración de las sustancias disueltas y en suspensión en época de verano.

El complejo lagunar se puede caracterizar como de mezcla completa debido a que la temperatura del agua en la superficie y el fondo fluctúa en 2°C, a diferencia de los embalses en donde los cambios son mayores de 5°C. y presenta diferentes capas térmicas.
Otra formar de corroborar la mezcla completa con los bajos niveles de transparencia, altos niveles de color y sólidos suspendidos, indica las limitaciones para la penetración de la luz con lo que se puede a través del disco Secchi estimar

la profundidad fótica, el coeficiente de extinción de la luz, la concentración de la clorofila o su estado trófico. (UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Estudio Ecológico y Ambiental Ciénaga Grande y Massi, Montería 1992).

Los sedimentos se asocian a la época de lluvias, por lo tanto las relaciones de sólidos se modifica en el complejo por dependencia directa de los eventos, ocurrencia y magnitud. Que como se menciona son llevados a las ciénagas por arrastre hidrodinámico y depositados según su densidad, sin embargo se producen al interior por fitoplancton y plantas acuáticas muertas.

Figura No. 37 Distribución espacial de la conductividad – Cienaga Grande del Bajo Sinú en época de lluvia



Fuente: Limnología Colombiana, Alberto Gonzalez Ramírez & Gerardo Viña Vizcaíno. 1998

Los sólidos disueltos y sales inorgánicas presentes en las ciénagas en forma de carbonatos sulfatos y cloruros, magnesio, sodio, hiero y potasio están directamente relacionados con la geología del terreno que conforman el suelo del humedal que aportan sustancias con el nivel freático en época de verano y los terrenos adyacentes que aportan sedimentos por arrastre en época de lluvias. Por lo tanto las mediciones de conductividad son altas en la ciénagas (en promedio

740 (µS/cm), con respecto a loas mediciones en el cauce del río (121.9 (µS/cm). (UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Estudio Ecológico y Ambiental Ciénaga Grande y Massi, Montería 1992)

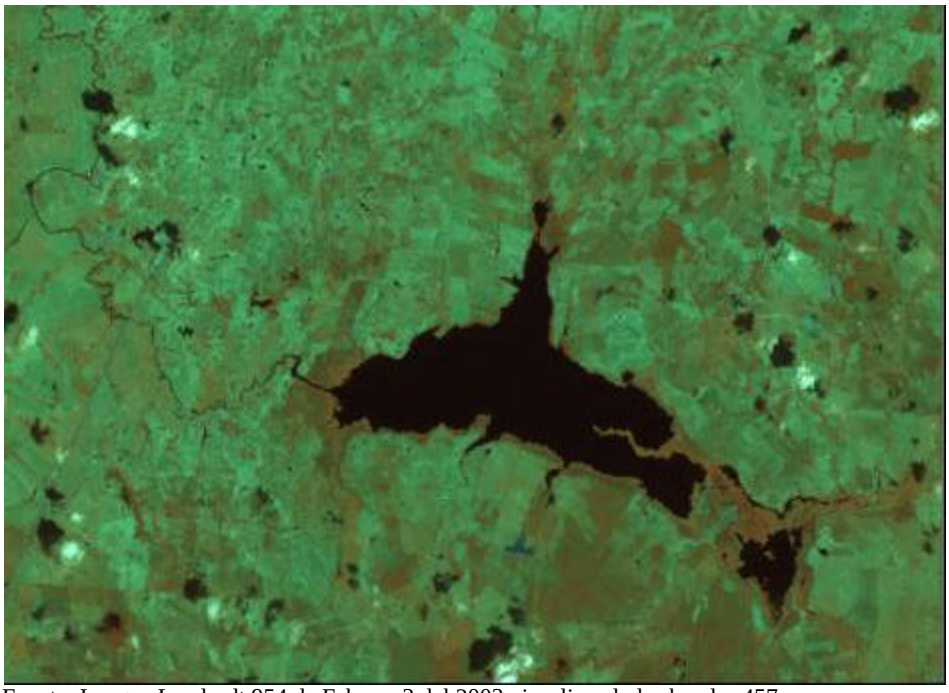
La conductividad registra el grado de mineralización del cuerpo de agua, lo que incide sobre los organismos acuáticos, pues pocos son capaces de sobrevivir en ambientes de salinidad variables, por lo general los organismos de agua dulce soportan pequeñas variaciones. La conductividad a lo largo del río valora en promedio 121.9 (µS/cm) e indica baja mineralización; por lo tanto no afecta la osmoregulación de los organismos acuáticos.

Otra característica que diferencia la calidad del agua de las ciénagas, con la calidad del río es la concentración alta de hierro y manganeso asociados fundamentalmente con el húmus de la materia orgánica vegetal en descomposición, en el período seco los valores son más críticos debidos a los fenómenos de intercambio de aguas superficiales con las freáticas.

Los parámetros de gran importancia con respecto a la calidad del agua en las ciénagas, son el fósforo y nitrógeno, teniendo en cuenta que son nutrientes limitantes del crecimiento del fitoplancton bajo algunas condiciones, de otra parte el fósforo extractable de los sedimentos decrece a medida que aumenta la salinidad de allí que en verano cuando aumenta la salinidad, la disponibilidad de fósforo se vuelve más crítica.

Los residuos de pesticidas Organoclorados y Organofosforados, se valoran en el agua y peces. Los pesticidas pueden migrar de su sitio de aplicación siguiendo varias rutas:
-Dispersión por vientos durante la aplicación, especialmente cuando se aplica con vuelos de aviones.
-Lixiviación por aguas superficiales y por lluvias a aguas subterráneas
-Fijación en plantas destinadas a la nutrición del hombre y los animales, también en otra plantas como el buchón de agua.
-Asimilación por lo animales (peces, aves, tortugas, animales domésticos, etc)
-Fijación a suelos y sedimentos.

Figura No. 38 Imagen Landsadt (Cienaga de Betancí)

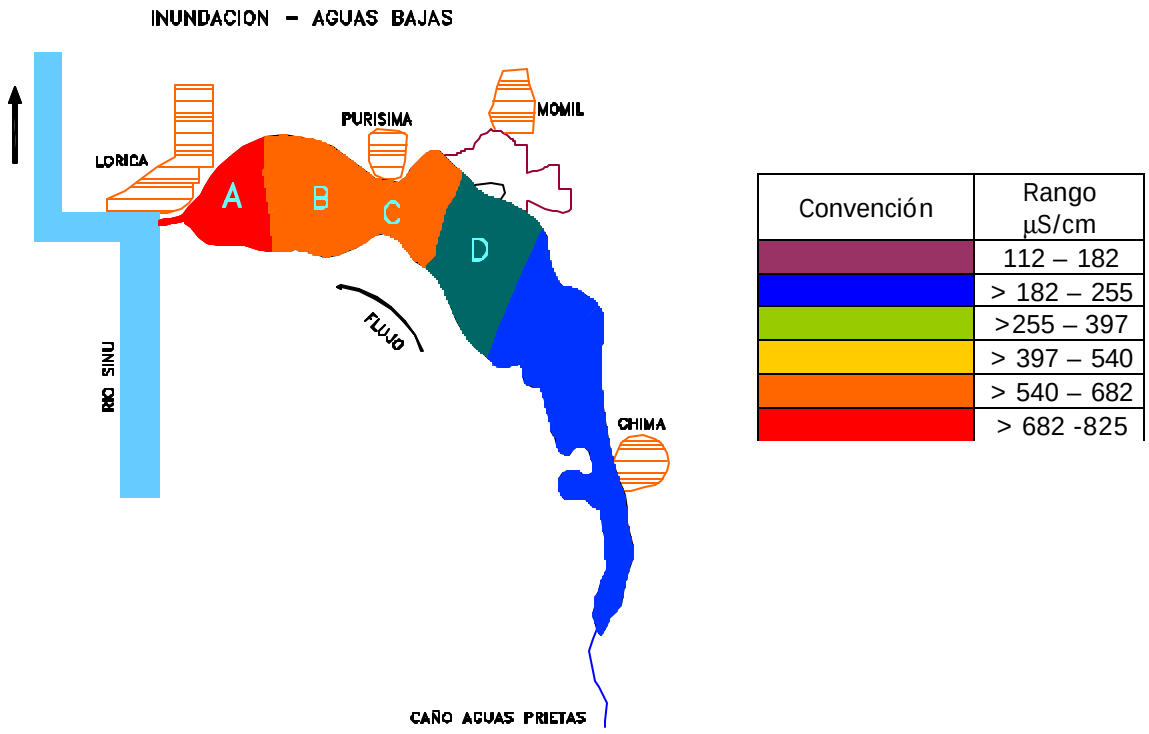


Fuente: Imagen Landsadt 954 de Febrero 3 del 2003 visualizando las bandas 457

Otro parámetro de gran importancia en el cuerpo lagunar corresponde al oxígeno disuelto O.D. En la ciénaga Grande en época de lluvia se puede describir que el porcentaje de saturación aumenta de sur a norte, se alcanza concentraciones entre 6.0 y 6.5 mg/l en la confluencia con el río Sinú,. En época seca el porcentaje de saturación presenta niveles críticos de saturación, concentraciones entre 1.6 y 2.0 mg/l, en la zona sur o confluencia con el caño de Aguas Prietas.

Debido a la influencia directa del oxígeno disuelto sobre la fauna y flora acuática, la calidad de las aguas de la Ciénaga Grande es por lo tanto inferior a la expuesta para el río, y en ello hay una clara incidencia antrópica intensiva que se hace en la zona de influencia que corresponden con el ciclo de desarrollo de los cultivos y época hidrológica. El artículo 45 del decreto 1594 / 84 determina una concentración igual o mayor de 4 mg/l. para su conservación.

Figura No. 39 Distribución espacial de la conductividad – Cienaga Grande del Bajo Sinú en época seca



Fuente: Limnología Colombiana, Alberto Gonzalez Ramírez & Gerardo Viña Vizcaíno. 1998

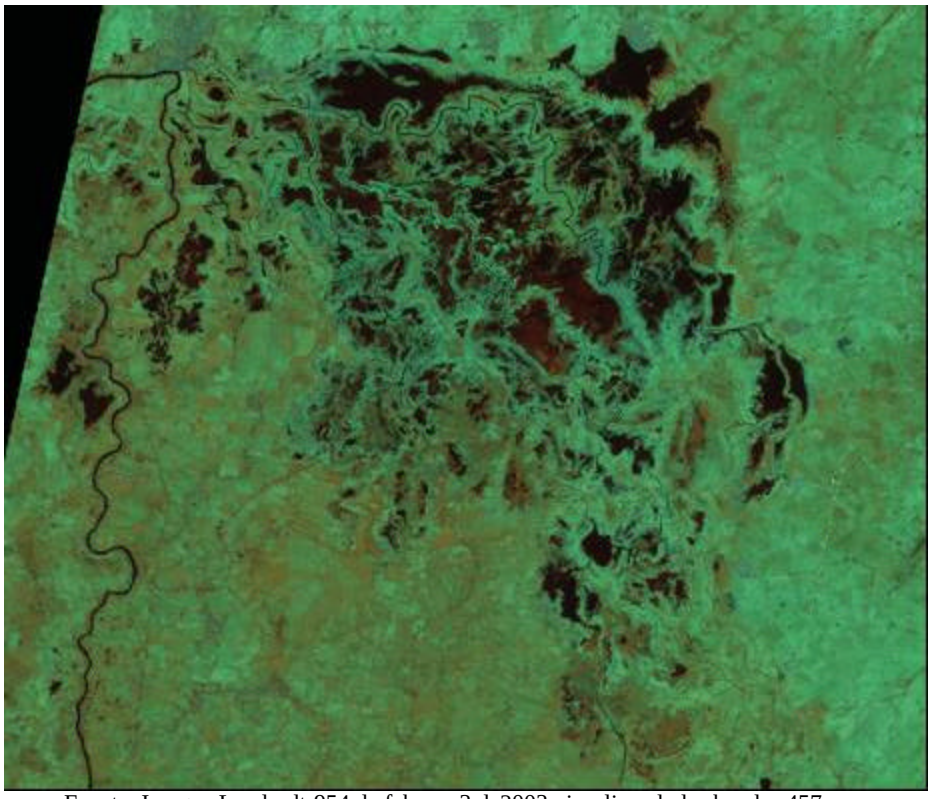
6.6.7 Análisis del agua del Delta en el río Sinú

6.6.7.1 Caracterización de la calidad del agua del Delta del río Sinú

La información acerca de la caracterización de la calidad del agua del Delta del río Sinú, se explica en detalle en el PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA ZONA DELTAICO ESTUARINA DEL RIO SINU de Noviembre 2000 a Mayo 2003. Realizado por el INVEMAR (Instituto De Investigaciones Marinas Y Costeras "José Benito Vives De Andreis") y presentado en agosto del 2003 a URRA S.A.E.S.P.

El informe, inicialmente explica el procedimiento seguido en el monitoreo y las ubicaciones de las estaciones, así como los días en que hubo toma de muestras y por último presenta las conclusiones de los resultados obtenidos durante el muestreo.

Figura No. 40 Imagen Landsadt (Cienaga Grande del Bajo Sinú)



Fuente: Imagen Landsadt 954 de febrero 3 de2003 visualizando las bandas 457

De noviembre del 2000 a octubre del 2001 se monitorearon semanalmente 12 estaciones ubicadas en el curso del río Sinú, entre La Doctrina (R01) y las bocas de Tinajones (R09) y Corea (R10). A partir de marzo del 2002, cuando se reanudaron los muestreos, se redujo la red de estaciones a 10; se eliminaron las estaciones de la intersección Corea-Tinajones (R07) y la derivación de Mireya (R08). Para el 2003 se eliminaron algunas estaciones intermedias de la parte alta y se conservaron las estaciones aforadas para caudales y las que revestían importancia por su ubicación como las entradas a los caños y las desembocaduras, quedando una red de 7 estaciones en el río Sinú.

Entre noviembre del 2000 y octubre del 2001 se monitorearon 20 estaciones de ciénagas y caños. Basados en los resultados de los análisis del primer año de monitoreo para la segunda fase del monitoreo (marzo 2002 a enero del 2003) se redujo esta red de estaciones a ocho (7 ciénagas y 1 caño). Para el 2003 se conservó el número de estaciones (siete), pero se sustituyó la estación del caño por la ciénaga de Corozo (C20) la cual viene siendo monitoreada por el componente de íctica.

En desarrollo de la segunda fase del monitoreo se implementó el muestreo de nutrientes en 7 estaciones del río, además de las 7 ciénagas persistentes en el monitoreo mensual y se cambió el monitoreo de caudales a partir del limnimetro de la Doctrina (R01) de semanal a diario. Además se desarrollaron dos monitoreos de organoclorados e hidrocarburos programados para el 2002 y se desarrollaron cinco monitoreos de 24 horas en las ciénagas de Navío (C13) y Soledad (C25).

El monitoreo de caudales mostró para el 2001 una tendencia a estabilización de la curva, de tal forma que se presentaron caudales mayores al histórico en aguas bajas (enero-mayo) y menores al mismo en aguas altas (junio-diciembre). En el periodo de aguas bajas del 2002 se presentaron nuevamente caudales superiores al histórico, esta tendencia permaneció en el periodo de aguas altas a tal punto que para los meses de junio y julio del 2002 se presentaron caudales superiores a los registrados en octubre del 2001, considerado el mes de mayores caudales. Posteriormente el caudal permaneció en valores inferiores al histórico. En el 2003 se han presentado caudales similares a los del 2002 para aguas altas y ligeramente superiores a estos en aguas bajas.

De otra parte, aunque los caudales promedios mensuales del río Sinú en el 2002 y el 2003 mostraron una variación menor que los del 2001 con respecto al histórico, la revisión de los caudales diarios permite observar variaciones que podrían generar estrés en las especies migratorias. Antes de la construcción de la represa sólo se presentaban de uno a seis casos anuales de variaciones de caudal superiores a 100 m^3/s en 24 horas con la llegada de las lluvias; en el periodo monitoreado se registraron 14 casos en el 2001 y 29 en el 2002. Entre enero y mayo del 2003 sólo se presentaron 2 eventos.

De un total de 7.256 valores de conductividad medidos hasta enero del 2003 en el río Sinú, solamente 37 valores han sobrepasado los 0,500 (µS/cm), que es el valor que Gómez, Cajíao y Asociados (1996) utilizaron como indicador de intrusión salina. Estos no pueden ser considerados como intrusión de la cuña salina porque no muestran una continuidad desde las bocas hacía río arriba.

También se aprecia que los picos registrados en Gómez, Cajíao y Asociados (1998 a), no se presentaron después de la entrada en funcionamiento de la Hidroeléctrica URRA I, debido a la mayor cantidad de agua que esta corriendo en el río por el aumento de los caudales suministrados por la Hidroeléctrica con relación a los valores históricos de la temporada de aguas bajas.

En cuanto a los contaminantes, las concentraciones promedio de organoclorados para la zona en los dos monitoreos (2,71 ng/l en abril del 2002 y 1,7 ng/l en noviembre del 2002) permiten la clasificación de la misma como no contaminada, aunque se presentaron concentraciones altas en algunas estaciones al parecer relacionadas con eventos locales.

De igual forma las concentraciones promedio de hidrocarburos disueltos y dispersos de la ZDERS no evidencian niveles de contaminación de la misma. En los dos casos los muestreos son puntuales y los resultados de carácter exploratorio.

En las ciénagas directamente influidas por los caños Sicará y Grande se han presentado descensos de la salinidad y la conductividad generados por la permanencia de altos niveles tanto en la época de aguas bajas como de aguas altas.

En julio del 2002 los altos caudales del río ocasionaron un descenso de salinidad de la ciénaga de Soledad (C25) hasta un valor de 3,7mg/l, el más bajo registrado desde 1987 para este mismo periodo. La figura 4.17 muestra la influencia de los caudales del río sobre la salinidad de ésta lo que hace prever el mismo fenómeno en ciénagas como Ostional (C16) y Navío (C13), influidas por caño Grande (R12).

De igual forma los monitoreos de 24 horas han permitido ver como la estratificación de oxígeno se acentúa en horas de la noche. Durante el monitoreo de agosto del 2002 en las ciénagas de Navío (C13) y Soledad (C25) los fondos estuvieron en niveles de hipoxia, especialmente en la Ciénaga de Soledad

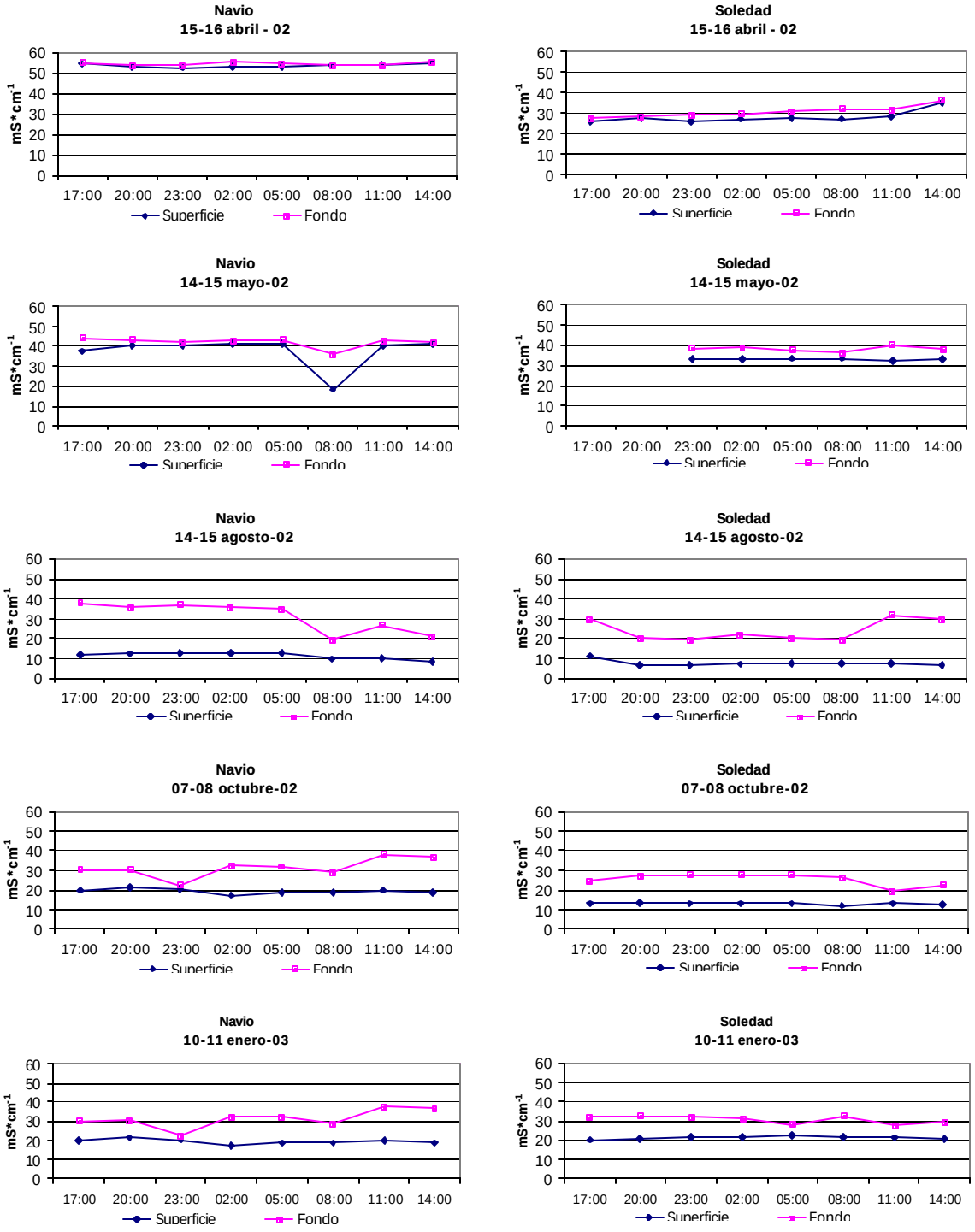
No se ha observado un impacto sobre la carga de nutrientes del sistema de ciénagas, mostrándose estas autosuficientes, tal vez por el aporte orgánico del propio manglar, que puede contribuir al estado de hipoxia de los fondos. Las concentraciones de nitratos, amonio, silicatos y fosfatos en las estaciones de las ciénagas del delta del río Sinú, han mostrado un comportamiento estable, ligeramente superior a los registrados por INVEMAR (1999) para el estudio de 1998, antes de la entrada en operación de la represa. El nitrógeno se presentó principalmente en forma de nitratos con concentraciones entre indetectables (<0,05 µmol/l) y 17,18 µmol/l. La concentración de ortofosfatos presentó valores entre no detectables (<0,03 µmol/l) y 38,99 µmol/l, presentándose los valores máximos en las estaciones oligohalinas. Los valores de silicatos fluctuaron desde

no detectables (<0,1 µmol/l) hasta 995,31 µmol/l aumentando espacialmente a medida que la salinidad disminuye.

Dentro de los impactos podemos anotar que el manejo de caudales realizado por la Hidroeléctrica Urrá I ha ocasionado que los niveles de conductividad y salinidad de las Ciénagas sean hoy día inferiores a los históricos en la época de aguas bajas y superiores a los mismos en la época de aguas altas. Además, se observa una disminución en la carga de sedimentos, evidenciada por los datos registrados por el IDEAM antes y después de llenado del embalse.

Se debe prestar especial atención a los cambios en la salinidad y a los déficit de oxígeno del sistema que podrían derivar en cambios en las comunidades y mortandades de organismos aerobios.

Figura No. 41 Comportamiento de la conductividad en las estaciones de monitoreo de 24 horas en los meses de abril, mayo, agosto, y octubre de 2002 y enero de 2003



6.6.7.2 Conclusiones Calidad del agua del Delta del río Sinú

En los dos periodos monitoreados hasta el momento la conductividad en el río Sinú ha permanecido en valores cercanos a 0,100 (µS/cm), los que se encuentran dentro del rango registrado en los ríos represados de Colombia (Márquez y Guillot, 2001).

De un total de 7.256 valores de conductividad medidos hasta mayo del 2003 en el río Sinú, solamente 37 valores han sobrepasado los 0,500 (µS/cm), que es el valor que Gómez, Cajíao y Asociados (1996) utilizaron como indicador de intrusión salina. Estos no pueden ser considerados como intrusión de la cuña salina porque no muestran una continuidad desde las bocas hacía río arriba.

Aunque los caudales promedios mensuales actuales del río Sinú se asemejan en algunos casos a los históricos, las variaciones diarias pueden ser un factor de perturbación más importante para el sistema. Antes de la construcción de la represa sólo se presentaban de uno a seis casos anuales de variaciones de caudal superiores a 100 m^3/s en 24 horas; en el periodo monitoreado hasta el momento se registraron 14 casos en el 2001 y 29 en el 2002. Para el 2003 se has presentado 2 eventos.

Se puede considerar el ecosistema conformado por las ciénagas del margen derecho del río Sinú como un estuario normal o positivo, con un exceso de agua dulce, estratificación por diferencias de salinidad, y una elevada producción orgánica, que hace que en algunas zonas en el fondo tenga poco oxígeno o sea anóxico.

Aunque expertos en el tema como Margalef (1983) consideran que la desviación o retención de nutrientes en el embalse conduce a una consecuente disminución río abajo; en el caso específico de la parte baja del río Sinú y las ciénagas del estuario no se ha evidenciado tal disminución. Las concentraciones de nitratos, amonio, silicatos y fosfatos en las estaciones de las ciénagas del delta del río Sinú, han mostrado un comportamiento estable, ligeramente superior a los registrados por INVEMAR (1999) para el estudio de 1998, antes de la entrada en operación de la represa. De existir un impacto relacionado con la retención de nutrientes en la represa, éste no se ha reflejado en las concentraciones de los mismos en las ciénagas aledañas, de tal forma que éstas se muestran autosuficientes con respecto a la carga de nutrientes. Esto podría estar relacionado con la regeneración de la carga en el río entre la represa y la desembocadura.

Hay una alta retención de sedimentos en la represa, evidenciada por los datos de carga de sedimentos de la estación de Cotocá Abajo del IDEAM

El manejo de caudales ejercido por la represa se ha traducido en la permanencia de altos niveles de inundación en las ciénagas del delta. Se debe prestar especial atención a la reducción de los niveles de salinidad de ciénagas como Ostional (C16), y Soledad (C25) y a los niveles de hipoxia de los fondos de esta última y de la ciénaga de Navio (C13), ya que según Margalef (1983) los fondos deficitarios de oxígeno son en ocasiones resultado de una fuerte estratificación por salinidades.

6.6.8 Consideraciones sobre Calidad de Agua

La calidad del agua se identifica con su estado natural y la pérdida de la misma se evidencia en comparación con ese estado. No obstante, es claro que la calidad del agua generada por las actividades humanas afecta al mismo tiempo el desarrollo de otras; el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado natural del agua está modificado, directa o indirectamente por el hombre, de modo que se dificultan todas o algunos de sus usos.

Basado en índices de contaminación como:

ICOMO: Indices de Contaminación por Materia Orgánica; incluye variables como Oxígeno, DBO_5, y Coliformes Totales y Fecales.

ICOMI: Índice de contaminación por mineralización; incluye variables como Conductividad, Dureza, Alcalinidad entre otros. Es el valor promedio de los índices de cada de las 3 variables elegidas las cuales se definen en un rango de 0 – 1; índices próximos a cero (0) indican muy baja contaminación, e índices cercanos a uno (1) lo contrario.

ICOSUS: Índice de contaminación por sólidos suspendidos; incluye variables como Sólidos Suspendidos.

ICOTRO: Indice de contaminación Trófico; Se fundamenta en la concentración del fósforo total, define por si mismo una categoría discreta a saber:

-Oligotrofia	< 0.01 mg/l
-Mesotrofía	0.01 a 0.02 mg/l
-Eutrofia	0.02 a 1.00 mg/l
-Hipereutrofía	> 1.00 mg/l

WQI) - Indice de Calidad de Agua – (Water Quality index National Sanitation Foundation, USA – 1970)

El índice consiste en una suma ponderada

$$WQI = \sum_{i=1}^{n} wi\ qi$$

Donde WQI es un número entre 0 y 100
qi –Calidad del parámetro
i –número entre 0 y 100
w –peso asignado al parámetro
n –número de parámetros

La selección de parámetros, curvas de calidad y pesos asignados se lleva por el método DELPHI,

Los parámetros seleccionados son :

Oxígeno Disuelto	Fosfatos	Coliformes fecales	Ph	Turbidez
Temperatura	Sólidos totales	DBO_5	Nitratos	
Elementos tóxicos	Pesticidas			

Los elementos tóxicos y pesticidas cuando exceden límites máximos, automáticamente el índice WQI = 0.

Las gráficas asociadas a los parámetros se muestran en el anexo Nº 6

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones de índices, es importante mencionar que para el río Sinú incluyendo su embalse actualmente se cuenta con un monitoreo de varios años, (realizado por la empresa URRA S.A.E.S.P. con el seguimiento y control por parte de la Corporación C.V.S.), el cual aporta una gran cantidad de registros pero solo con determinación de parámetros fisico-quìmicos, lo cual imposibilita en la ejecución del presente trabajo la cuantificación de algún Indice de Calidad debido a la falta total de los parámetros bacteriológicos (Coliformes fecales y totales) parámetro importante y de alto porcentaje de influencia en el cálculo de alguna referencia de calidad de agua superficial.

Dentro de los estudios realizados sobre la calidad del agua en la cuenca del río Sinú se encuentran:

- "Estado Sanitario de la Cuenca del Río Sinú – Gómez Cajiao – año 1984" concluye para esa época que las aguas del río Sinú son limpias; con altos contenidos de sólidos y color en invierno, contenido de hierro y manganeso asociados con el sedimento y presencia de cierta contaminación fecal.

- "Limnología Colombiana – Alberto Ramírez Gonzáles & Gerardo Viña Vizcaíno –año 1998 pag 75" concluye con respecto al:

  -Indice de contaminación por mineralización (ICOMI), la cuenca del río Sinú exhibe niveles altos de contaminación

  -Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), la cuenca del río Sinú exhibe niveles medios de contaminación

  - Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), la cuenca del río Sinú exhibe niveles muy bajos de contaminación

  - Indice de contaminación Trófico (ICOTRO), en la cuenca del río Sinú se observan condiciones eutróficas a hipereutróficas.

- "Tasas Retributiva por contaminación hídrica; C.V.S. –año 2000 pág 38 y 39" concluye Calidad del agua en la zona alta ligeramente contaminada y en la zona media moderadamente contaminada, 19 % desmejorada con respecto a la zona alta.

- "Ejercicio - Cálculo de Indice de Calidad del Agua en el río Sinú" Universidad de Córdoba, año 2002 (ver Anexo Nº 8) concluye
  a) La calidad del agua del río Sinú se considera dentro de un nivel BUENO.
  b) Los puntos Críticos son Angostura, Santana y Cotoca Abajo.

6.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.7.1 Recurso Hídrico Superficial

Como se determinó en el análisis de rendimiento hídrico, el aporte mas importante en la cuenca, tanto antes como después de Urrá, es el aporte hídrico en la cuenca alta. Arriba de Urrá se generan los mayores caudales debido a la alta densidad de corrientes que drenan hacia el río, sus elevadas pendientes y la cobertura vegetal de las serranías de Abibe y San Jerónimo. En cuanto a rendimiento medio se aprecia el valor que tiene la cuenca alta como generadora de caudal con un valor muy representativo de 70 l/s/km^2 en el sitio de Angostura de Urrá llegando a superar el promedio de la vertiente del Caribe (44 l/s/km^2). Como se anota en ese mismo capítulo, el rendimiento medio únicamente se incrementa hasta el sitio de Carrizola, alcanzando un máximo de 80 l/s/km^2 pero desde este punto en adelante el rendimiento desciende en forma gradual hasta el mar Caribe (28 l/s/km^2). Esta disminución de rendimiento medio no solo se debe al aumento en área a medida que se desciende en la cuenca, sino también a que el caudal medio permanece prácticamente constante (o con oscilaciones muy leves) inmediatamente aguas debajo de Urrá. De esta forma se confirma el hecho de que aguas abajo de Carrizola, el río Sinú no recibe aportes significativos de ningún afluente importante.

Debido a lo anterior cobra mayor relevancia cualquier análisis de caudal medio o de caudales para eventos extremos que se realice con la información hidrométrica de la estación Angostura de Urrá bien sea antes de la entrada en operación de la central o bien sea después. Esto es en razón a la gran influencia que tienen los caudales registrados en Urrá sobre los caudales registrados en el resto de la cuenca. Lo anterior se refuerza con el hecho de que a partir de principios del año 2000, momento en que comenzó la central de Urrá a operar, no se han presentado crecientes como las históricas en primer lugar debido a que el río ha tenido un proceso de regulación marcado y en segundo lugar gracias a que los aportes en la cuenca media y baja no han sido lo suficientemente importantes como para esto, como se muestra en las simulaciones de eventos históricos después de Urrá en el análisis de amenaza por inundaciones.

En este punto se debe hacer la salvedad de la quebrada Juy; ésta en épocas de caudales medios no aporta significativamente al Sinú. En el análisis de oferta hídrica realizado sobre las corrientes que drenan directamente al río Sinú en la quebrada Juy se obtuvo un valor de caudal medio cercano a 11 m^3/s. Por el

contrario, en casos de eventos extremos es un tributario importante del río Sinú y adicionalmente los caudales generados en épocas de creciente de la quebrada ocasionan inundaciones en la población de Tierralta. Es recomendable hacer un análisis mas detallado en donde se delimiten zonas de amenaza y riesgo por inundaciones. Esto se debe hacer con una cartografía mas detallada para la zona con una escala aproximada de 1:25,000 y con curvas de nivel cada 10 m. Además de esto, seria aconsejable instalar una estación limnimétrica ubicada sobre la quebrada en inmediaciones de la casco urbano de Tierralta y de esta forma se podría analizar el régimen de caudales de una forma cuantitativa mas confiable sobretodo en el caso de eventos extremos.

La metodología planteada para determinar la oferta hídrica resulto ser un método apropiado para una cuenca como la del río Sinú, en donde no existe información hidrométrica en corrientes distintas al propio río, salvo algunas excepciones (caño Betancí, caño Aguas Prietas, caño Bugre, entre otros). Esto es explicable si se tiene en cuenta lo que se mencionó mas arriba en cuanto a que no hay corrientes importantes que ameriten la existencia de estaciones hidrométricas. El método demostró ser sencillo, rápido y eficaz, algo que resulta ser de gran utilidad en este caso porque se pudo establecer la oferta de todas las corrientes de agua que son afluentes del río sin un nivel de precisión muy alto. Así, podría ser utilizado en proyectos de evaluación, diagnóstico (como en este caso), prefáctibilidad, etc.

Como muestra de la efectividad del método se realizó una verificación en campo de la quebrada Juy y se logro medir un caudal de 9.6 m^3/s, muy cercano a los 11 m^3/s estimados con el método.

Del análisis de caudales medios diarios efectuado con los histogramas de frecuencia y las curvas de duración de caudales se logro determinar en realidad cual ha sido el efecto del Embalse de Urrá en este sentido. Es indudable la repercusión que este ha tenido en el comportamiento hidrológico del río. Hay varios hechos que así lo confirman: 1) la disminución de la media de la serie de caudales medios diarios indica que los valores extremos tanto altos como bajos de caudal ya no se presentan, 2) la disminución de la desviación estándar indica que los valores en general están mas cerca del caudal promedio y 3) la disminución del coeficiente de asimetría indica que en general que el número de valores que están por debajo del promedio es aproximadamente igual al numero de valores que están por encima.

En conclusión el caudal medio después de Urrá esta limitado a un rango mucho mas estrecho, sin la existencia de eventos extremos máximos o mínimos

significativos que puedan ocasionar problemas como crecientes, inundaciones, sequías, etc. Este hecho se puede apreciar más claramente al hacer la clasificación en caudales bajos y altos como se explica detalladamente en el Análisis de Duración de Caudales Estación Angostura de Urrá.

Sin embargo esta regulación de caudales medios tiene un inconveniente. Debido a que ya no se presentan eventos extremos máximos se ha perdido la dinámica natural de los caños que comunican al río con las ciénagas. Hablando específicamente de las Ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú, antes el flujo del caño invertía su sentido y el río ingresaba hasta la ciénaga. Ahora es más poco probable que el río ingrese y cuando lo hace la duración y magnitud de los picos es menor en ambas ciénagas.
Lo anterior es suponiendo que en el Caño Betancí no existiera la pequeña presa "Tapa", debido a que con esta queda completamente imposibilitado el flujo negativo del río hacia el caño.

Ante esta circunstancia surgen varias alternativa: 1) bajar el nivel de la cresta del vertedero para que el la diferencia de niveles entre el río y la ciénaga sea menor 2) adecuar una compuerta que permita un descenso en el nivel aguas arriba de la "Tapa" 3) hacer una combinación de las alternativas 1) y 2) logrando mantener cierto nivel mínimo en la ciénaga

Se recomienda evaluar las alternativas considerando diferentes dimensiones de la compuerta, elevaciones de la cota batea, elevaciones de la cresta del vertedero para saber cual funciona en forma optima.

A pesar de la regulación lograda con el Embalse de Urrá se presentan oscilaciones considerables en el caudal medio diario. Es así como se pueden presentar cambios instantáneos de caudal de un día para otro dependiendo de las necesidades de generación de la Central Hidroeléctrica de Urrá. Esto ha generado otra serie de inconvenientes como erosión de las bancas del río, fenómeno natural en el río Sinú pero que se intensificó debido a la operación de la central.

La causa más específicamente es el cambio abrupto en el nivel del río y por consiguiente la humedad del suelo del talud de las bancas. Cuando el nivel desciende bruscamente se genera un proceso de tubificación al interior del talud por el lavado de materiales finos ocurrido gracias al flujo de agua hacia abajo. Esta tubificación produce pérdida de la homogeneidad del suelo que soporta el talud y como consecuencia la pérdida de estabilidad de la base, provocando el volcamiento de la banca.

La repetición cíclica de este fenómeno hace que el río avance lateralmente en su proceso erosivo destruyendo las orillas naturales, ocasionando problemas a los pobladores ribereños que se han asentado muy cerca al río o a las vías que existen paralelas a este. Debido a la complejidad del fenómeno, es aconsejable estudiarlo más a fondo teniendo en cuenta casos puntuales con el fin de llegar controlarlo.

Con respecto a los caudales de eventos extremos máximos también Urrá ha tenido un impacto positivo. Eventos como el de Octubre de 1988, o como el de Julio de 2003, el cual de no ser por Urrá, hubiera causado una catástrofe de magnitudes inimaginable en toda la cuenca media y baja del río Sinú, no se han vuelto a presentar y mas aun bajo las políticas de operación de la central de Urrá no se deben volver a presentar. Hay que resaltar que después de Urrá se ha perdido todo comportamiento aleatorio y estocástico del río como es de esperarse en un sistema hídrico natural y hay que hablar de periodos de retorno con precaución y teniendo esto en cuenta. Así los caudales para eventos extremos máximos y sus respectivos periodos de retorno se hayan determinado en este estudio, estos en teoría no se volverán a presentar.

Ahora el río Sinú tiene un carácter más determinístico ya que el caudal es manejado artificialmente. En todo caso el periodo de retorno para un caudal máximo dado aumento extraordinariamente y, análogamente, sucedió lo mismo con el periodo de retorno de un caudal mínimo, haciéndolo más regulado y por lo tanto menos susceptible de ocasionar inundaciones o generar problemas asociados con sequías en épocas de verano.

Finalmente se debe mencionar que en cualquier comparación que se haga de comportamiento estadístico de caudales del río antes y después de Urrá, se debe tener muy en cuenta que únicamente han transcurrido 4 años desde que esta comenzó a operar. El periodo de registro antes de Urrá es de 40 años y el hecho de hacer comparaciones de análisis con registros de caudal con dos series tan diferentes en duración conduce a afirmar que no se pueden concluir nada en forma definitiva. Los resultados presentados aquí y las conclusiones a las que se ha llegado, corresponden a lo sucedido hasta el momento y a la tendencia que hasta ahora ha mostrado el funcionamiento del río después de Urrá. En algunos años cuando se cuente con una serie más extensa, se podrán hacer aseveraciones mas categóricamente.

6.7.2 Recurso Hídrico Subterráneo

Las formaciones geológicas que se identifican con potencial acuífero en orden de importancia son: Betulia, Cerrito, Depósitos aluviales del Sinú. Aunque los depósitos aluviales del Sinú presentan aguas de baja calidad, debe explorarse el recurso a mayor profundidad para determinar si la calidad del agua mejora en función a ésta. Las aguas subterráneas de mejor calidad se encuentran en la unidad de Betulia.

En el acuífero El Cerrito se encuentra el mayor porcentaje de pozos profundos concentrados principalmente en las cabeceras de los municipios de Chinú y Sahagún. Se evidencio una explotación intensiva, por lo cual se hace necesario la realización de estudios en detalle para un mejor conocimiento y planeamiento del recurso.

Conceptualmente en el departamento se deducen dos grandes flujos subterráneos, uno hacia el Mar Caribe desde el Lineamiento del Sinú a través de las formaciones que conforman el Cinturón del Sinú y otro hacia el Oriente a través de las formaciones del Cinturón de San Jacinto y la Zona de Plataforma. Para corroborar esta hipótesis es necesario recoger toda la información pertinente para plantear el modelo matemático.

Las unidades acuíferas presentes en la cuenca, son en buen grado vulnerables a la contaminación, razón por la cual las entidades competentes deben tomas medidas a nivel correctivo y preventivo.

Es necesario adelantar una campaña de actualización de inventario de puntos de agua en la cuenca, para un mejor conocimiento y manejo del recurso hídrico subterráneo.

6.7.3 Calidad del Recurso Hídrico

Con base en los estudios que se han realizados diferentes firmas Consultoras, Universidades, Monitoreo de calidad de agua realizado por la empresa URRA S.A.E.S.P. y el seguimiento y control por parte de la Corporación C.V.S. con respecto a la calidad del recurso hídrico en la cuenca del río Sinú, se concluye:

Calidad del Agua.

- Con respecto a la calidad del recurso hídrico en la Zona Alta aguas arriba del embalse URRA, está se conserva aún favorable para la vida acuática, debido a la poca intervención antrópica existente en dicha zona.
- En la Zona Media y Baja la calidad presenta alteraciones en las condiciones ambiéntales naturales, ocasionadas por los mayores vertimientos de las actividades poblacionales, como ilustración y con base en el parámetro DBO5, tiene polución de baja a media por materia orgánica.
- El análisis de los resultados obtenidos, ha evidenciado que los parámetros físicos-químicos están mostrando sus comportamientos esperados sin cambios drásticos inclusive en las épocas de lluvias y verano.
- Existe escasez de información para evaluar la incidencia sobre la calidad del agua en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú por los aportes de los canales de drenaje Principal y Colector del INCODER (antiguo INAT), que reciben los vertimientos del alcantarillado de montería con caudal promedio de 500 l/s.
- Se hace necesario realizar ensayos a otros parámetros como: Metales, agroquímicos, detergentes, grasas, y bacteriológicos. Lo anterior para condiciones de contaminación distintas a la producida por vertimientos de aguas residuales domésticas y enfatizar acerca del conocimiento de los vertimientos producidos por actividad agrícolas y pecuarias.

Fuentes de Contaminación

- Se han identificado como las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico en la cuenca del río Sinú, las aguas residuales domésticas (A.R.D.) generadas en los núcleos poblados. El uso de agroquímicos (sin estudios específicos y concluyentes), la disposición final de forma inadecuada de los desechos sólidos domiciliarios y los procesos erosivos presentes que constituyen una fuente de aporte de sólidos.

Conformidad con el Uso al que se Destina

- Dependiendo del uso al cual se destina el recurso hídrico según lo dispuesto en el decreto 1594/84, el agua del río Sinú es apta para uso doméstico sólo con tratamiento convencional, todos los municipios captan agua del río para sus acueductos y ninguno capta agua de las ciénagas. Ver anexo Nº 5
- Igualmente el agua del río es apta para uso agrícola y pecuario (los distritos de riego Mocarí y La Doctrina captan agua del rió).
- Su uso es limitado para recreación por contacto directo. En el uso para preservación de flora y fauna acuática, existen restricciones en la calidad del agua de las ciénagas sobre todo en época de estiaje en donde se pueden presentar niveles bajos de oxígeno disuelto., eutroficación y otros eventos.

Operación del Embalse URRA

- Es evidente su importancia en la morfodinámica del río.
- Por relación directa, la regulación del caudal por parte del embalse, origina el amortiguamiento de los picos de turbidez con valores superiores a 1000 N.T.U en períodos de lluvias, época esta de gran aporte de sólidos suspendidos. Mostrándose en los menores valores de turbidez y sólidos suspendidos con respecto a los valores mostrados sin el embalse. En períodos secos los valores de turbidez bajan notablemente con valores mínimos de 45 N.T.U., de acuerdo con los datos obtenidos del monitoreo de URRA S.A.E.S.P.

Monitoreo

- El monitoreo de calidad, realizado por URRA S.A.E.S.P. desde la puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico, ha sido de gran utilidad y bien orientado a las condiciones que se presentaron en el inicio de la operación del embalse. Sin embargo, la forma y periodicidad en que se hacen las mediciones, debido a las grandes fluctuaciones de caudal imposibilitan el análisis estadístico e impiden correlacionar el comportamiento de parámetros en diferentes épocas, de tal forma que los resultados obtenidos no permiten el control de la calidad y el cálculo de Índices de calidad bajo el ciclo hidrológico natural.

Con respecto al proyecto POMCA – este plantea la necesidad de implementar el Programa **MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS**.

❖ **Nombre "MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS"**

❖ **Planteamiento**:

Establecer por parte de la Corporación C.V.S., o en convenio con otras instituciones, acorde con los artículos N° 22, 23 y 24 de decreto 1594/84, el programa "Monitoreo de Calidad de Aguas" con el fin de verificar y evaluar bajo criterios ambiéntales la calidad del recurso hídrico en la cuenca del río Sinú.

❖ **Justificación:**

El "Monitoreo de la Calidad de Aguas" es una herramienta fundamental, si tenemos en cuenta que la información generada servirá para la constante actualización de planes de manejo, análisis ambientales, seguimiento, evaluación y control del recurso hídrico, a la vez que posibilitará un mejor

entendimiento de los impactos naturales y antrópicos, sean directos, indirectos, sinérgicos o acumulativos, sobre el medio natural.

El monitoreo de la calidad del agua es necesario para establecer los usos potenciales de ambientes acuáticos, o para verificar si las condiciones ambientales son apropiadas para los usos establecidos, sean éstos domésticos, agrícolas, industriales, comerciales, recreacionales o de conservación.

❖ **Aspectos legales:**

La constitución Política Colombiana de 1991 en algunos de sus artículos, el Artículo 80 hace referencia a la planificación, manejo y aprovechamiento de los recurso naturales, el gobierno nacional dictó leyes, normas y decretos que han permitido el desarrollo de los mandatos constitucionales, entre otros, la ley 99 de 1993 por la cual se creó el ministerio del medio ambiente, la misma ley propicia la formación de institutos descentralizados como las Corporaciones Autónomas Regionales y a su vez como parte de sus tareas se ocupa del diseño de las estrategias de políticas de desarrollo y conservación.

En el decreto 1594 de 1984, ART. 22.—Para destinar las aguas en forma genérica a los diferentes usos de que trata el artículo 29 del presente decreto, se deberá desarrollar un plan de ordenamiento del recurso por parte de las EMAR o del Ministerio de Salud en donde aquellas no existan.

ART. 23.—Para el ordenamiento de que trata el artículo anterior deberá tenerse en cuenta: d) El establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables.

ART. 24.—Para el establecimiento de los modelos de simulación de calidad de que trata el literal d) del artículo anterior la EMAR deberá realizar periódicamente, a partir de la vigencia del presente decreto, los análisis pertinentes para obtener, por lo menos, la siguiente información:

a) DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días.
b) DQO: Demanda química de oxígeno.
c) SS: Sólidos suspendidos.
d) PH: Potencial del ión hidronio, H+.
e) T: Temperatura.
f) O.D: Oxígeno disuelto.
g) Q: Caudal.

h) Datos hidrobiológicos.
i) Coliformes (NMP).
j) Dureza

❖ Marco Teórico Conceptual:

La conceptualización programa debe estar enmarcado dentro de los esquemas de un monitoreo que incluya los componentes Continuo, Sistemático y Analítico, además caracterizado en la homogenización de las condiciones de toma de muestras en acuerdo con la operación y regulación de la presa URRA, bajo la condición de caudal estable, e involucrar los análisis bacteriológicos.

❖ Objetivos Generales:

a) Caracterización de la calidad del agua en la cuenca del río Sinú, con respecto a criterios bióticos, físicos, químicos y bacteriológico.
b) Generar la información sobre la calidad del agua para su uso en la evaluación y planificación de la cuenca hidrográfica, que facilite el conocimiento, atención y planteamiento de alternativas de control de contaminantes.
c) Establecer los usos potenciales de ambientes acuáticos, o para verificar si las condiciones ambientales son apropiadas para los usos establecidos, sean éstos domésticos, agrícolas, industriales, comerciales, recreacionales o de conservación.

❖ Metodología:

El conocimiento de una variable ambiental se lleva a cabo por su determinación total o, mediante un número de muestras representativas, así que mediante el muestreo se colecta la información necesaria que aporte el conocimiento, para inferir sobre el sistema el cual se evalúa sin necesidad de su evaluación total.

Algunas de las premisas a tener en cuenta durante el muestreo son:

1. El muestreo muy laborioso puede significar sobremuestreo o poca ganancia en precisión, mientras que un muestreo muy ligero puede aportar información poco precisa o distorsionada de la realidad.

2. Los muestreos en el tiempo deben incluir diferentes ciclos ambientales, es decir niveles altos y bajos en las aguas.

De acuerdo con el marco conceptual implementado la metodología se desarrolla en la estructuración de los componentes Continuo, Sistemático y Analítico.

- **Muestreo Continuo** :

Contempla el programa en el tiempo (a través de los años) siendo su propósito el de observar periódicamente los cambios (positivos o negativos) por alteraciones de orden natural o antrópico.

En ocasiones se tiende a creer que la ubicación de las estaciones se realiza aleatoriamente, esta premisa sin embargo no es cierta, por cuanto no se deja al azar la inclusión de aspectos fundamentales de la investigación como es el caso de las variables ambientales al interior del cuerpo lagunar en las ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú.

La ubicación de las estaciones se debe acordar bajo criterios de interés ambiental. El número de estaciones está supeditado a la infraestructura disponible, debiendo sopesarse conjuntamente con el número de muestras en cada una de ellas y aquellas estaciones no contaminadas podrán ser usadas como control aunque debe guardarse precaución con la interferencia de otras variables.

Con lo anterior se plantea realizar el muestreo:
Con una Periocidad Inicial los días Martes y Jueves durante dos años, lo que permitiría la homogenización del muestreo articulado con los otros componentes.

En las actuales estaciones hidrométricas a lo largo del cauce del río y establecer cuatro (4) estaciones en la Ciénaga de Betancí y Grande del Bajo Sinú al interior del cuerpo lagunar. Lo que permitirá colectar información que hasta el momento es inexistente. De igual manera se requiere del monitoreo del Canal del Drenaje Principal del INCODER, así como del Caño Aguas Prietas, la Cienaga de Charco Grande en tres sitios de toma, al inicio, en la mitad de su recorrido y en el sitio de entrega a la Cienaga Grande del bajo Sinú.

Para cuantificar las variables Físico-Químicas y Bacteriológicas contempladas en el artículo 24 del decreto 1594/84.

Muestreo Sistemático:

Una vez colectada realizadas las mediciones y tomas de muestras en las estaciones, se deberá acogerse un diseño de almacenamiento de los valores obtenidos en campo y laboratorio, en el cual se define la forma de clasificación y

ordenación . La toma de muestras a lo largo del monitoreo puede requerir modificaciones tales como cambios en el tipo de muestreador, número de muestras por estación, inclusión o exclusión de nuevas variables o estaciones, estas modificaciones pueden ser necesarias para mejorar la interpretación de los cambios, para reducir costos, o tan sólo porque alguna información resulta carente de interés.

Con lo anterior se plantea realizar el muestreo, el cual constituye una herramienta muy usada los programas de hojas de cálculos.
Con los suficientes números de muestras en cada estación que permita conocer el promedio de una variable y su error estándar.

Muestreo Analítico:

Comprende básicamente en la cuantificación de Indices de calidad propuestos, entre otros Índices de Calidad de Agua (ICA), Indices de Contaminación (ICO) e Índices Biológicos y tener como propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas y negativas del recurso hídrico:

Con lo anterior se plantea un procedimiento general para el análisis de la calidad del recurso:
Selección de variable Físico-químicas y Bacteriológicas
Selección y números del tipo de Indices a cuantificar
Seguimiento de la metodología acorde con la selección anterior.

6.8 REFERENCIAS

6.8.1 Recurso Hídrico Superficial

Barreto G.M., Barrera O.R., Benavides Q.J., Cardozo G.E., Hernandez H.H., Marín E.L. Posada P.B., Salvaterra C., Sierra C.P. y A. Villa. 1999. *Diagnóstico Ambiental del Golfo de Morrosquillo (Punta Rada-Tolú). Una aplicación de sensores remotos y SIG como contribución al manejo de zonas costeras.* Curso AGS-6 (noviembre 25 de 1998 –julio 23 de 1999).

Brunner, G., 2001a. *HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual Version 3.0, January 2001*. U.S. Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources - Hydrologic Engineering Center. January 2001.

Brunner, G., 2001b. *HEC-RAS River Analysis System – User´s Manual Version 3.0, January 2001*. U.S. Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources - Hydrologic Engineering Center. January 2001.

Chow, V.T., 1985. *Hidráulica de los Canales Abiertos*. Tercera Impresión Editorial Diana S.A, México. 1985.

Chow, V. Maidment, D. Mays, L., 1994. *Hidrología Aplicada*. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. 1994.

Claro, F., 1991. *Balance Hídrico*. Santafé de Bogotá: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT), 1991.

Diaz-Granados, M., 1997. *Estudio Preliminar de las Inundaciones Aguas Abajo del Proyecto Urrá I*. Empresa Multipropósito Urrá S.A. E.S.P. 1997.

Gómez y Cajiao, 2002. *Monitoreo del Río Sinú y Caños de Conexión, y Trabajos de Campo en las Zonas de Explotación de Arenas y Gravas en el Río Sinú – Informe del Mes de Septiembre de 2002*. Gómez, Cajiao y Asociados S.A., Ingenieros Consultores. Octubre 2002.

Gómez y Cajiao, 2003. *Análisis de Movilidad del Cauce del Río Sinú antes y después de la Construcción de la Central Hidroeléctrica Urrá I en el Periodo 1986 – 2002*. Gómez, Cajiao y Asociados, Ingenieros Consultores. Septiembre de 2003.

Guarnizo, E. 1997. *Manejo Integral de Cultivos en Suelos Bajo Riego: Balance Hídrico*. Proyecto CECIL Centro de Estudios para la Conservación Integral de la Ladera. 1997.

IDEAM, 1998. *Morfodinámica, población y amenazas naturales en el litoral Caribe colombiano. (Valle del Sinú-Morrosquillo-Canal del Dique).* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. 1998

IGAC, 1983. *Estudio General de Suelos de los Municipios que Conforman la Parte Media y Baja de la Cuenca del Río Sinú.* 1983. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC

IGAC, 1988. *Suelos y Bosques de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Subdirección Agrológica.

IGAC, 1996. *Caracterización Climática de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú, Parte Media y Baja.* Revista Informativa del Proyecto SIG-PAFC (Sistemas de Información Geográfica – Plan de Acción Forestal para Colombia). Año 3, No. 9, Marzo de 1996. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC

INVEMAR, 2001. *Plan de Seguimiento y Monitoreo de la Zona Deltáico Estuariana del Río Sinú*. Informe Final Fase I. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis. Santa Marta, Enero de 2001

Smith R., Velez M.V., 1997. *Hidrología de Antioquia*. Universidad Nacional de Medellín. Secretaría de Obras Públicas Departamento de Antioquia. 1997

Van der Hammen, T. y A.G. Dos Santos, 1995. *La Cordillera Occidental Colombiana, Transectos Tatamá. Estudios de Ecosistemas Tropoandinos*; Vol. 6, Cramer (Borntraeger). Berlín – Sttutgart. 1995.

6.8.2 Recurso Hídrico Subterráneo

ACOSTA J., BARRERA R., & GUZMAN G., 1993, Geología del área de Colomboy (Córdoba), inédito. Ingeominas para Ecopetrol.

AMBIENTEC, 1986., Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta y media del río San Jorge.

ANDERSON, F. M. 1926. Original sorces of oil, Bulletin American Association Petroleum geologist 45 (5): 645-665 Tulsa.

ANDERSON, F. M. 1929. Marine Miocene and related deposits of north Colombia. Academic Science Procedings (San francisco) 28 (4): 73-181. California..

ASESORÍAS GEOFÍSICAS DE COLOMBIA, 2003. Caracterización Geoeléctrica de los Principales Acuíferos para el Mapa Hidrogeológico de Córdoba, escala 1:250.000,

BARRERA R., 1995, Teledetección y geología de la plancha 62, Colomboy (Córdoba), Informe inédito.

BARRERA R., 1997, Mapa geológico generalizado del departamento de Sucre. Ingeominas.

BARRERA R., 1999, Mapa geológico generalizado del departamento de Córdoba Ingeominas.

BARRERA R. (en preparación), Geología de las planchas 43-43BIS (San Antero - San bernardo del Viento).

BECK, E.,1921. Geology and oil resoruces of Colombia, the coastal plain. Economy Geology 16 (7): 457-473.

BUTLER, J.W., 1942. Geology of municipio de San Jacinto and parts of the municipios of San Juan Nepomuceno and El Carme, Departament of Bolívar, Texas Petroleum Company, Intetrnal Report PA-18.

CACERES C. & DE PORTA J., 1972. Contribution a la géologie de la Serranía de San Jacinto entre Toluviejo et Chalán , Colombie, S. A., C.R.S. Soc. Géol France.

CHENEVART, CH., 1963. Les dorsales transverses anciennes de Colombie et leurs homologues d'Amerique Latine. Eclogae Geol. Helvetiae, v. 52, n.2.

CLAVIJO Y OTROS (en preparación), Geología de las planchas 44 y 52, Sincelejo-Sahagún. INGEOMINAS, Informe interno.

CUSTODIO Y LLAMAS. 2001 Hidrología Subterránea, segunda edición. Ediciones Omega. Barcelona.

C.V.S. 1979. Plan maestro de desarrollo integral de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Montería.

DE PORTA , J., 1962. El Terciario Superior en los alrededores de Sincelejo. Serv Geol. Nal., informe No. 1407. (inédito), pp. 1-31, Santafé de Bogotá.

DUEÑAS H. & DUQUE-CARO, H. 1981. Geología del cuadrángulo F-8. Boletín Geol. Ingeominas, v.24(1), p. 1-35.

DUQUE-CARO, H., 1967. Informe Bioestratigráfico preliminar de los cuadrángulos D-8 y E-8. Informe 1522. Servicio Geológico Nacional. Bogotá

-----1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en os departamentos de Bolívar y Córdoba. Boletín de Geología, Universidad Industrial, Santander, No. 24, p. 71-87. Bucaramanga, Colombia.

-----1972. Ciclos Tectónicos y Sedimentarios en el norte de Colombia y sus relaciones con la Paleoecología. Boletín Geológico. Ingeominas, Volumen 19, No.1. Bogotá.

-----1973. Foraminíferos plantónicos y el terciario de Colombia. informe 1651. Ingeominas. Bogotá.

-----1978. Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental Colombiana. Boletín geológico. Ingeominas, Volumen 23, No.3. Bogotá.

-----1979. Major structural elements and evolution of northwestern Colombia. In Watkins, J.S., Montadert, L., and P.W. Dickerson (editors), Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.29:329-351.

----- and Others, 1983. General geology, geomorphology and neotectonics of northwestern Colombia (southwestern Caribbean borderland). Tenth Caribbean Geol. Conf., Field Trip C, Cartagena, Colombia, 81 pp.

-----1984. Estilo Estructural, Diapirismo y Episodios de Acrecimiento del Terreno, Sinú-San jacinto en el Noroccidente de Colombia. Bol. Geol . Ingeominas, Volumen 27 No.2, Bogotá.

DUQUE-CARO, H., & OTROS, 1996. Geología de la plancha 38. Ingeominas, Bogotá.

ETAYO, F. & OTROS, 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia, publicación especial No.14-I, INGEOMINAS, Bogotá.

FOSTER, S e HIRATA, R. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Una Metodología basada en datos existentes. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, CEPIS. 2da edición, Lima, Perú.

FRANCO V. & OTROS, 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe Colombiano, Sector Bahía de Barbacoas-Delta de Tinajones, (Inédito), INGEOMINAS, Cartagena de Indias.

GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA, 1998. Plan de desarrollo de Córdoba 1998 – 2000. Montería

GONZÁLEZ, H 1996. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia, Memoria Explicativa

GEOMINAS 1986. Prefactibilidad minera del alto San Jorge. Informe inédito. Medellín.

GEOTEC. 1997, Cartografía geológica de la Región del Sinú.

HAFFER, J., 1960. Some aspects of the regional geology of Northwestern Colombia, COLPET, GR-275.

HAFFER, J., 1960. On the stratigraphy of the upper Sinú-upper San Jorge region, Northwestern Colombia. Colombian Petroleum Company, COLPET, GR-302.

HAFFER, J., BEATTIE, D., 1959. On the geology of the Urabá (Northwest Colombia) Mobil Oil Company. ER-272.

HOFFSTETTER & DE PORTA , J., (1974). Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V, Fascículo 4b Colombia, Terciario y Cuaternario, Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, Francia.

HUGUETT, ALCIDES. 2001. Memoria Técnica Mapa de Aguas Subterráneas del Departamento de Sucre, Escala 1:250000.

IGAC. 1992. Características geográficas del Departamento de Córdoba, Santafe de Bogotá.

INGEOMINAS. 1998. Evaluación Hidrogeológica y Contaminación de Acuíferos de la Zona Bananera de Santa Marta, Departamento del Magdalena.

INGEOMINAS. 2000. Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación de los Acuíferos. Plancha 5-03.

INGEOMINAS. 2001 Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación de los Acuíferos-Método “GOD”. Plancha 5-04.

JOHNSON DIVISION. 1975. El agua subterránea y los pozos, primera edición. Johnson División, UOP Inc.

KASSEM, T., 1964. Geología del cuadrángulo E-8 Sincelejo (Informe preliminar - inédito) Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

LONDOÑO C., & GONZALEZ H. (1997). Mapa geológico del departamento de Córdoba, Ingeominas.

LLOYD, J. W. AND HEATHCOTE, J.A. 1985. Natural inorganic hydrochemistry in ralation to groundwater. Clarendon Press, Oxford.

MIALL. A. D., 1977. A. review of the braided river depositional environment. Earth sci. Rev., V.13, p.1 62.

NOTESTEIN, F. B., 1929. Report on Tertiary section near Carmen, Department of Bolívar, Colombia. Texas Petroleum Company Internal Geological Report N° 70.

TABARES, L., 2003. Hidrogeoquímica del Departamento de Córdoba, Ingeominas.

WERENFELS (A.), 1926. A stratigraphical section through the Tertiary Toluviejo, Colombia, Ecl. Geol. Helv., Vol. 20, No.1, pp. 79-83, 2 fig., Basel.

6.8.3 Calidad del Recurso Hídrico

GOMEZ CAJIAO. Estado Sanitario del Río Sinú, Montería 1984.

UNIVERDSIDAD DE ANTIOQUIA. Estudio Ecológico y Ambiental Ciénaga Grande y Massi, Montería 1992.
ALBERTO GONZALEZ RAMÍREZ & GERARDO VIÑA VIZCAÍNO. LIMNOLOGIA COLOMBIANA 1998.

ANGELA CRISTINA PATERNINA OLIVERA. Trabajo de tesis, Caracterización Físico – Química, Bacteriológica y de Contaminación Orgánica del río Sinú en Montería, Cereté y Lórica, durante la época de lluvia, Universidad Pontificia Javeriana Bogotá 2002.

UNIVERDSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Registros del Monitoreo de calidad de aguas en el Embalse y en el río Sinú, año 200, 2001, 2002.

UNIVERDSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Monitoreo de calidad de aguas en el Embalse y en le río Sinú, Informe Consolidado, MCA-INF-CON-2001, MCA-INF-CON-2002

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN Jorge, C.V.S. Tasas Retributivas por contaminación hídrica, 2000.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN Jorge, C.V.S. Informe Monitoreo de seguimiento de la Calidad del agua del Embalse y del Río Sinú. Feb, Sep, Oct y Nov del 2002 y Enero 2003.

EMILIO LATORRE ESTRADA, Medio Ambiente y Municipio en Colombia,

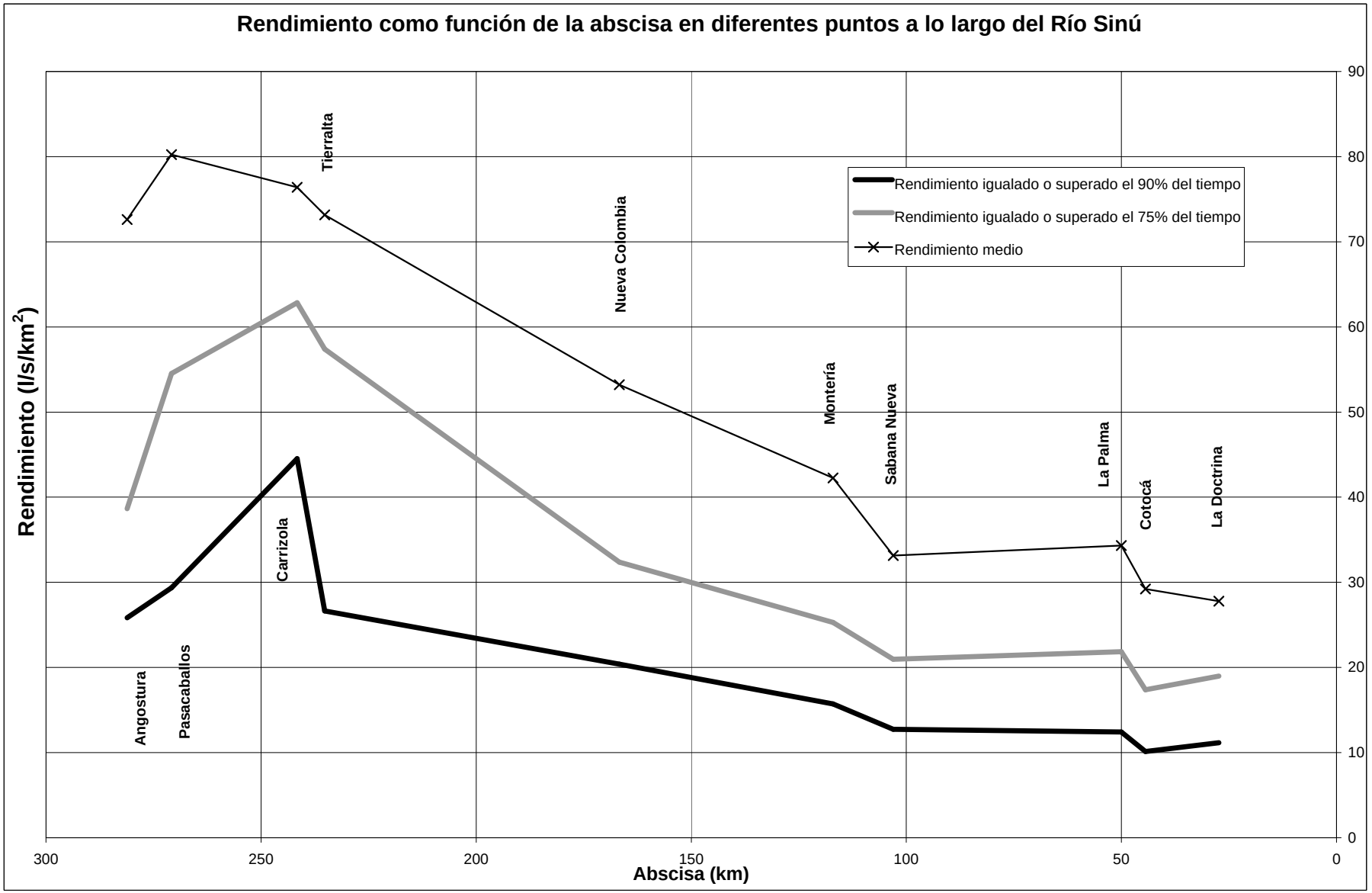
SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA - PRIMERA GENEARACION DE INDICADORES DE LA LINEA BASE DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA TOMO 2, IDEAM. Bogotá – Julio 2002.

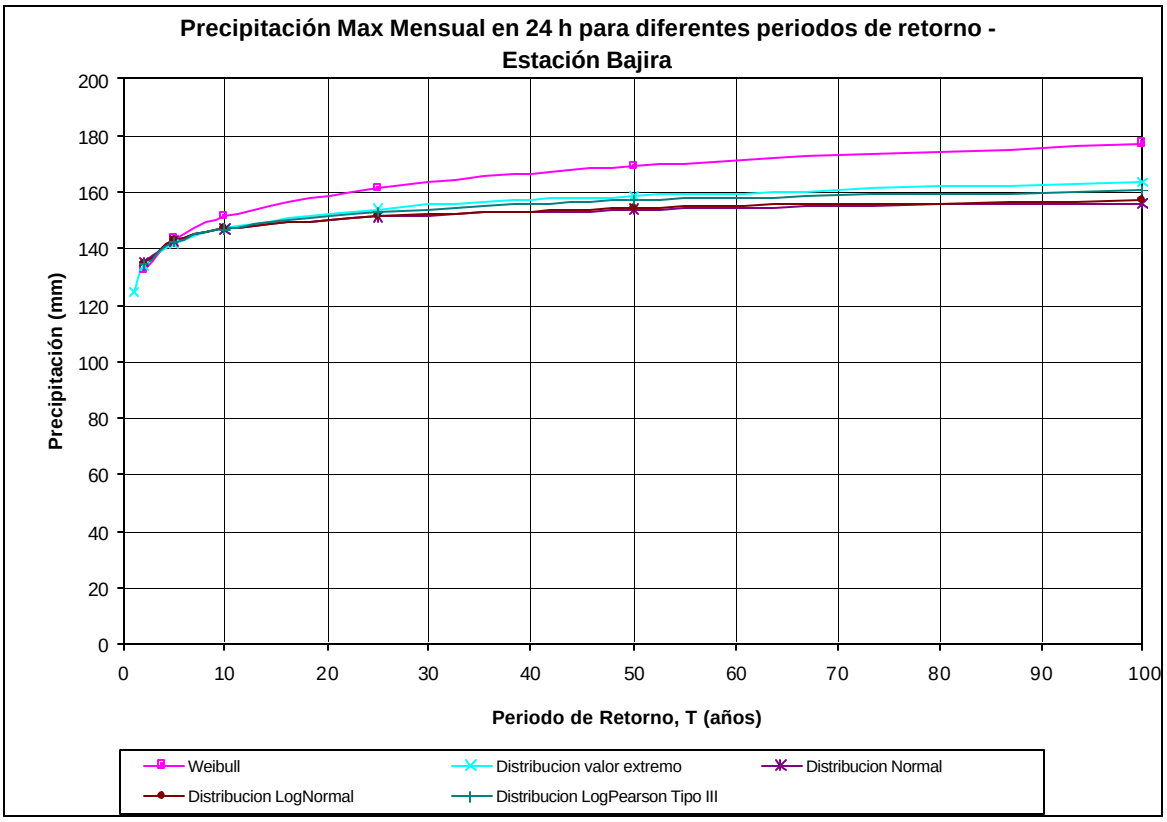
ANEXOS

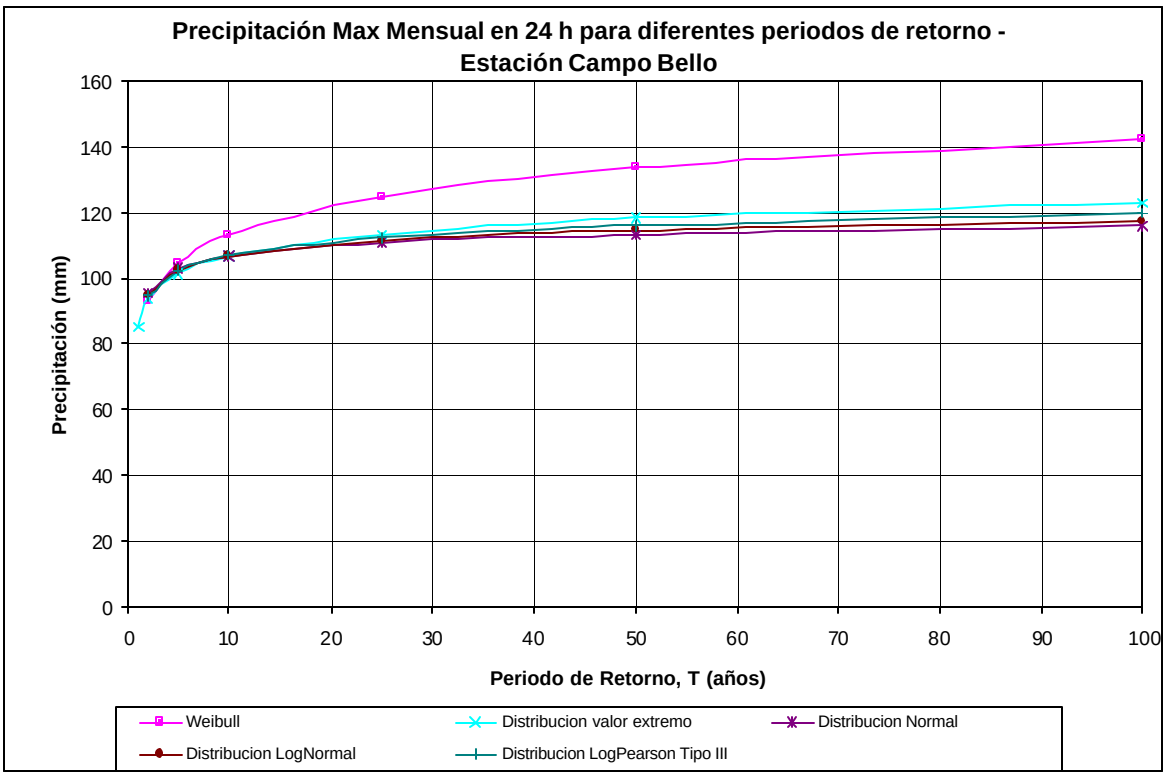
ANEXO 1	Caudales Sintéticos Mensuales en Estaciones Hidrométricas a lo largo del Río Sinú
ANEXO 2	Gráficas de Duración de Caudal Mensual y Duración de Rendimiento Mensual
ANEXO 3	• Gráficas de Análisis de Frecuencia de Precipitación Máxima en 24 horas. • Gráficas de Prueba χ^2 (Chi cuadrado) en la Estación de Tierralta para Precipitación Máxima en 24 horas.
ANEXO 4	• Gráficas de Análisis de Frecuencia de Caudal Máximo Mensual. • Gráficas de Prueba χ^2 (Chi cuadrado) en la Estación de Montería para Caudal Máximo Mensual.

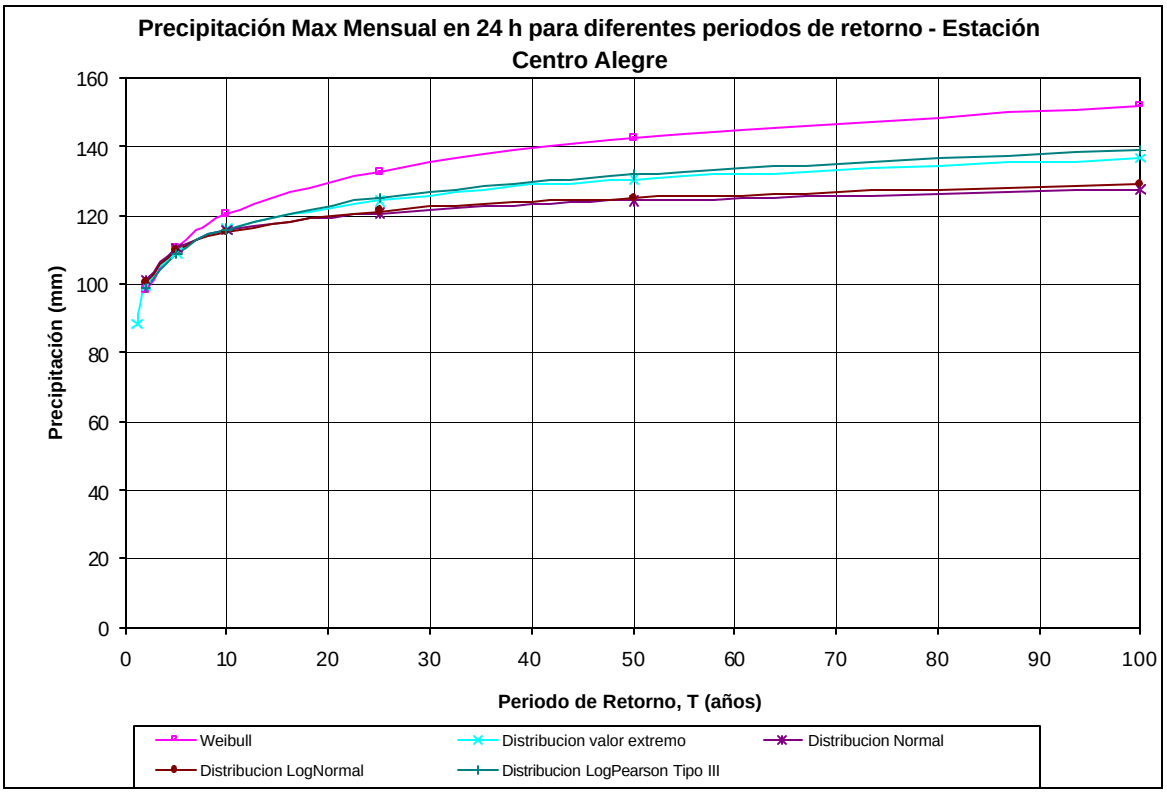
Capitulo 6. RECURSO HIDRICO

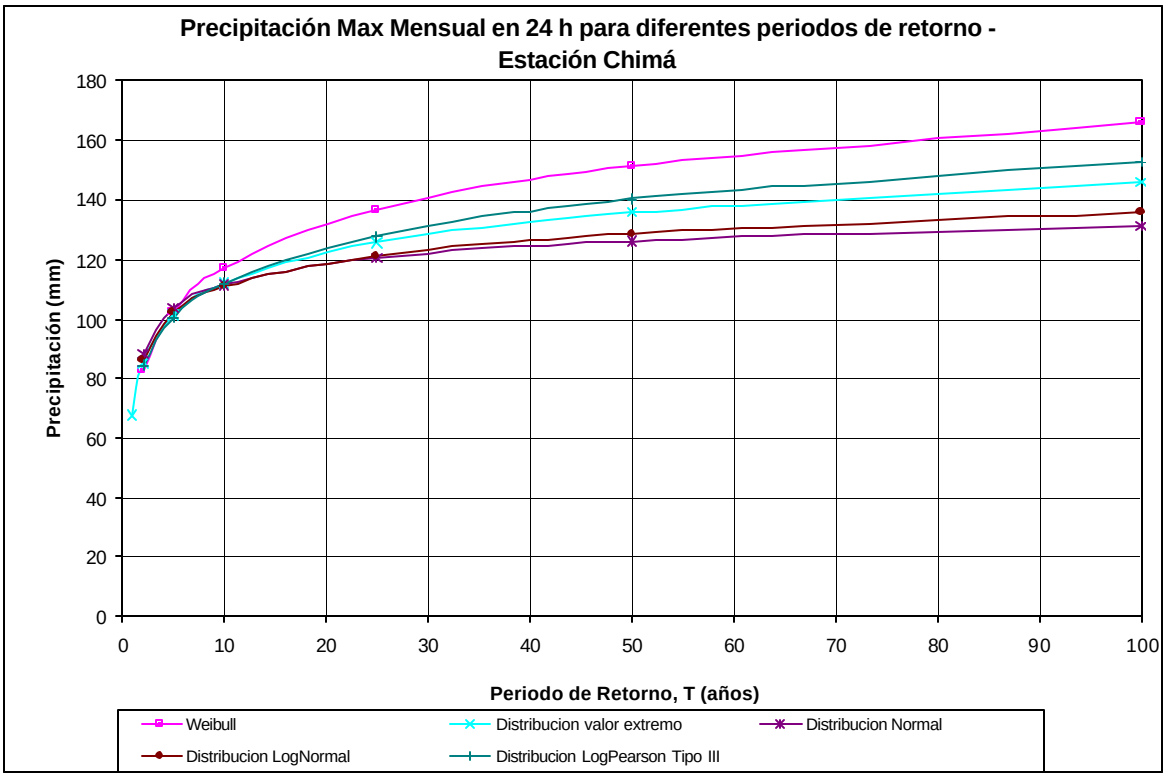
Anexos

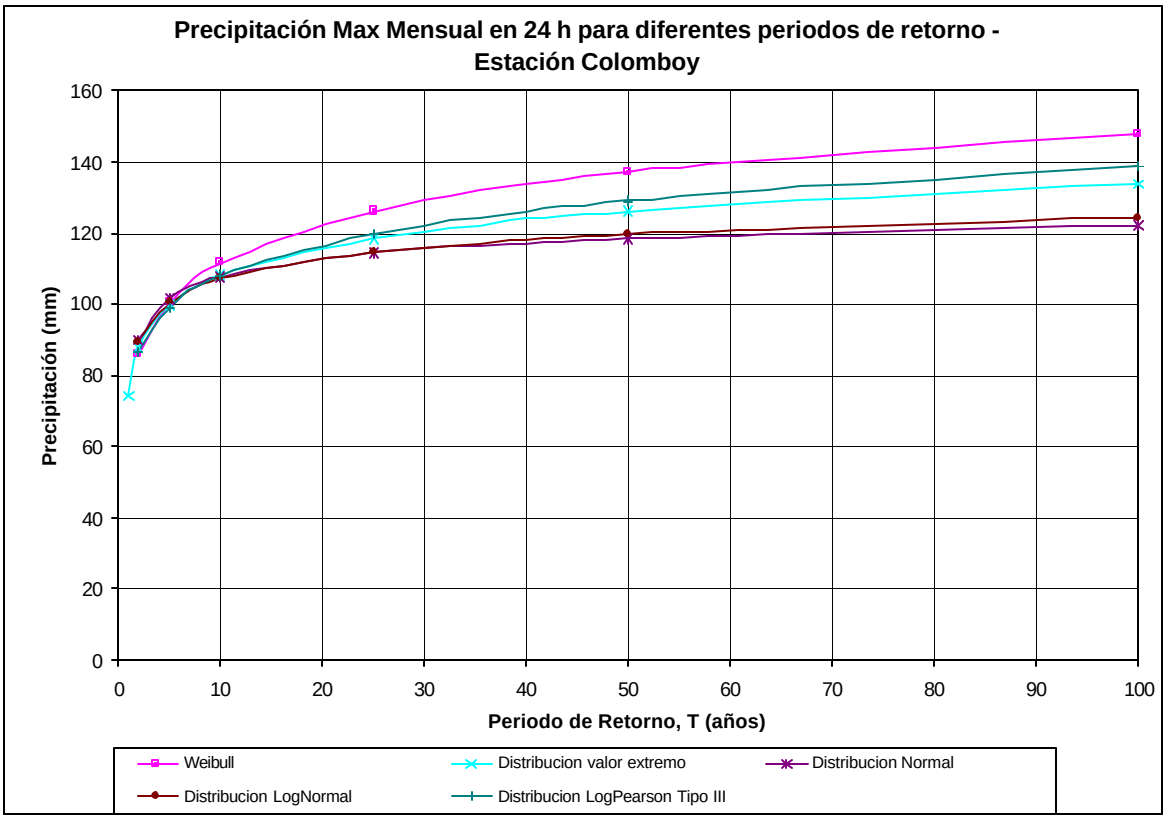

Rendimiento como función de la abscisa en diferentes puntos a lo largo del Río Sinú
Rendimiento igualado o superado el 90% del tiempo
Rendimiento igualado o superado el 75% del tiempo
Rendimiento medio
Rendimiento (l/s/km2)
Abscisa (km)
300
250
200
150
100
50
0
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Angostura
Pasacaballos
Carrizola
Tierralta
Nueva Colombia
Montería
Sabana Nueva
La Palma
Cotocá
La Doctrina

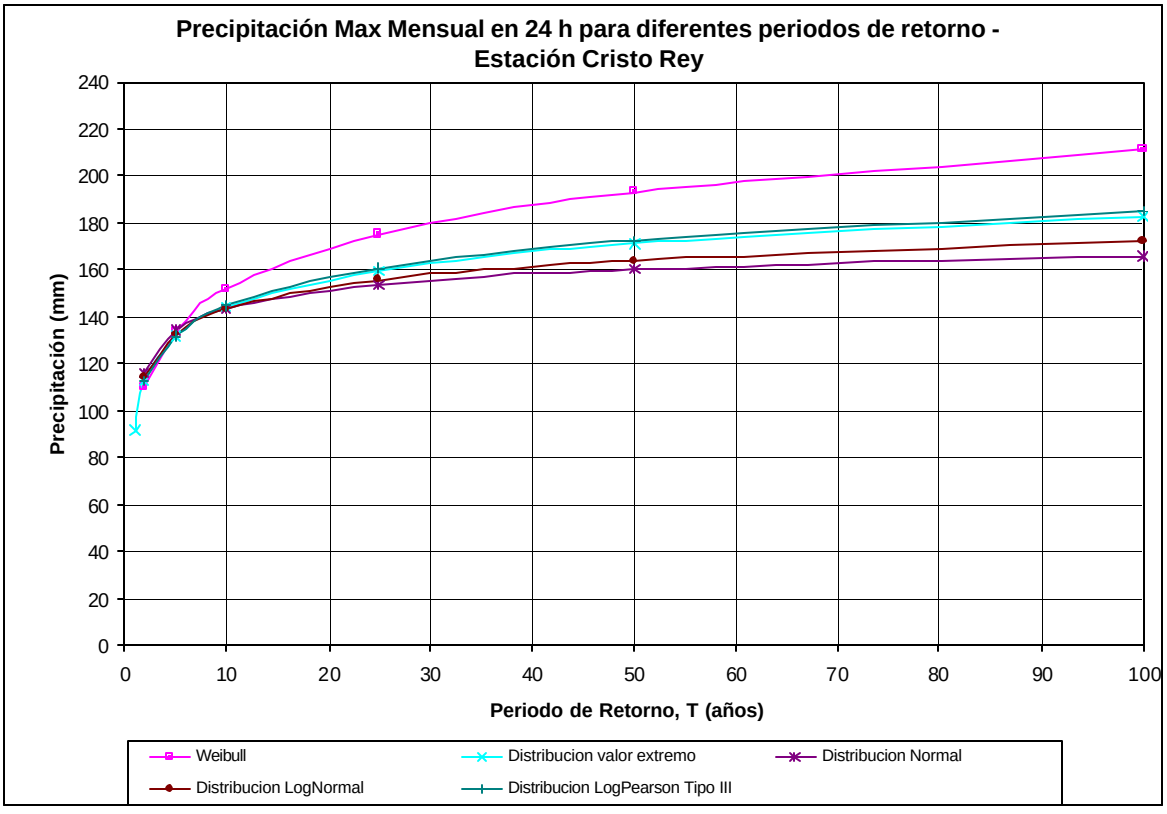

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Bajira
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

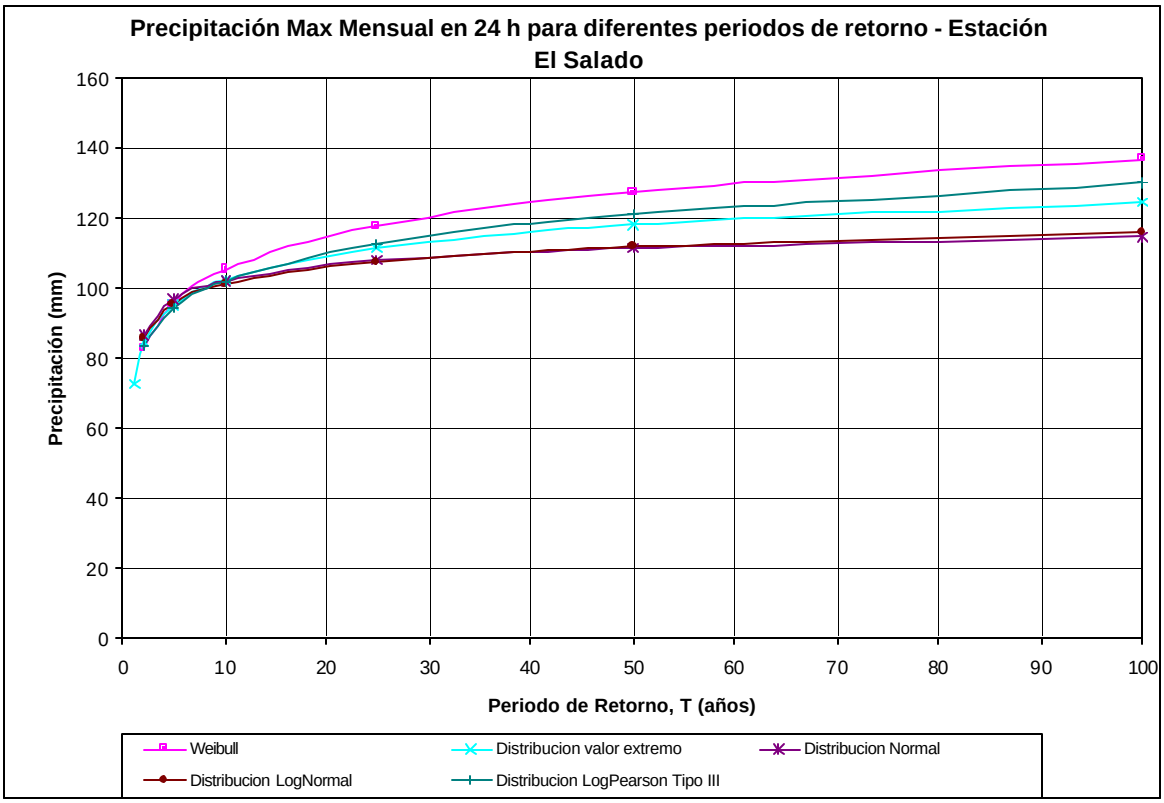

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Campo Bello
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

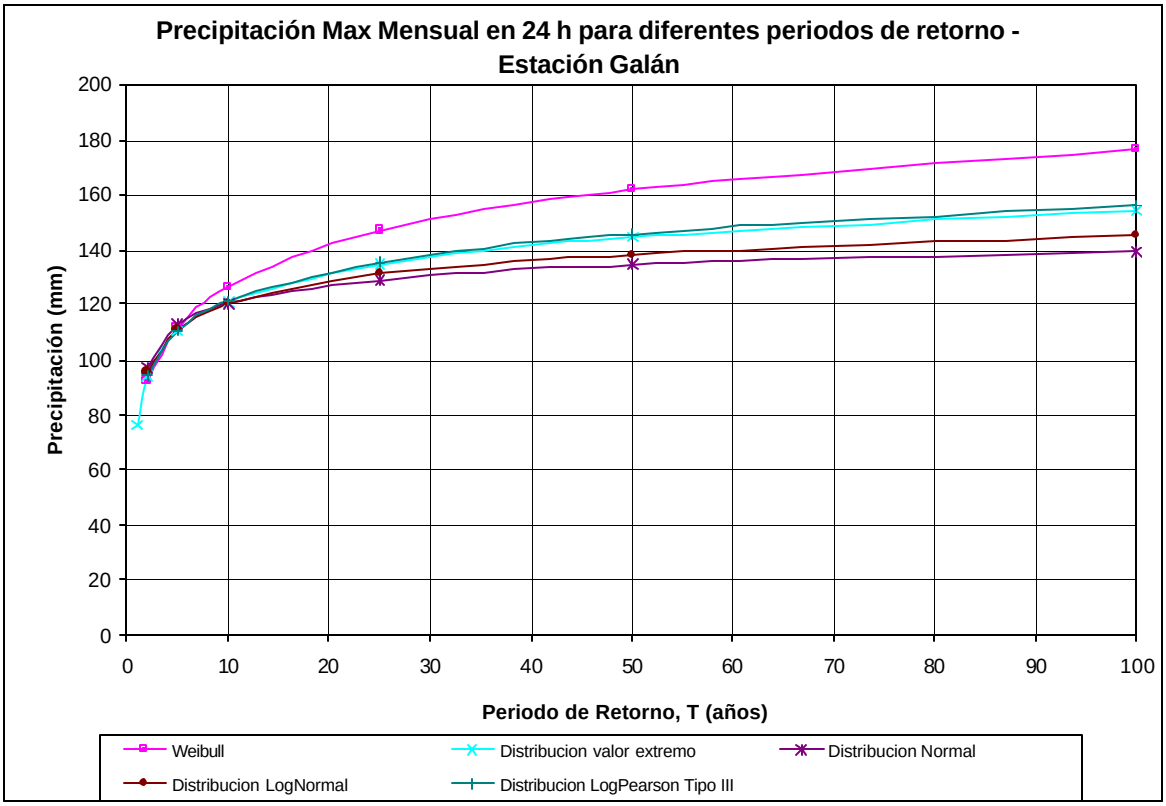

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Centro Alegre
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

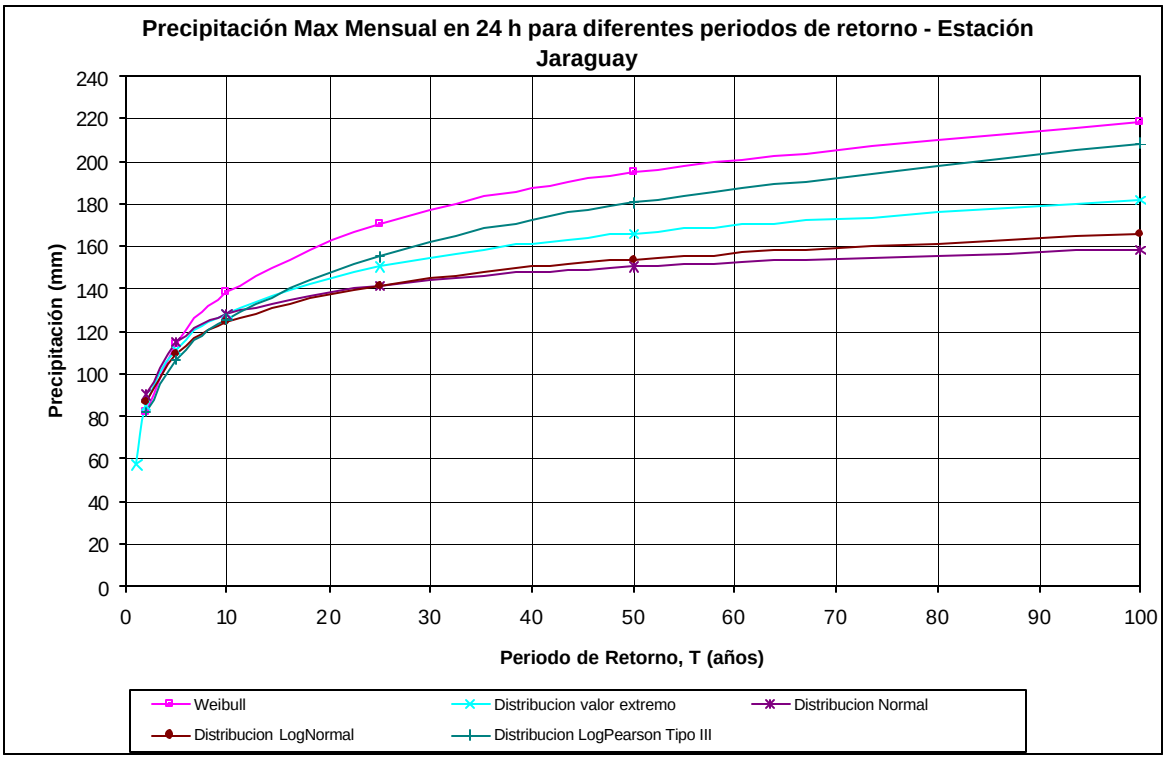

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Chimá
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

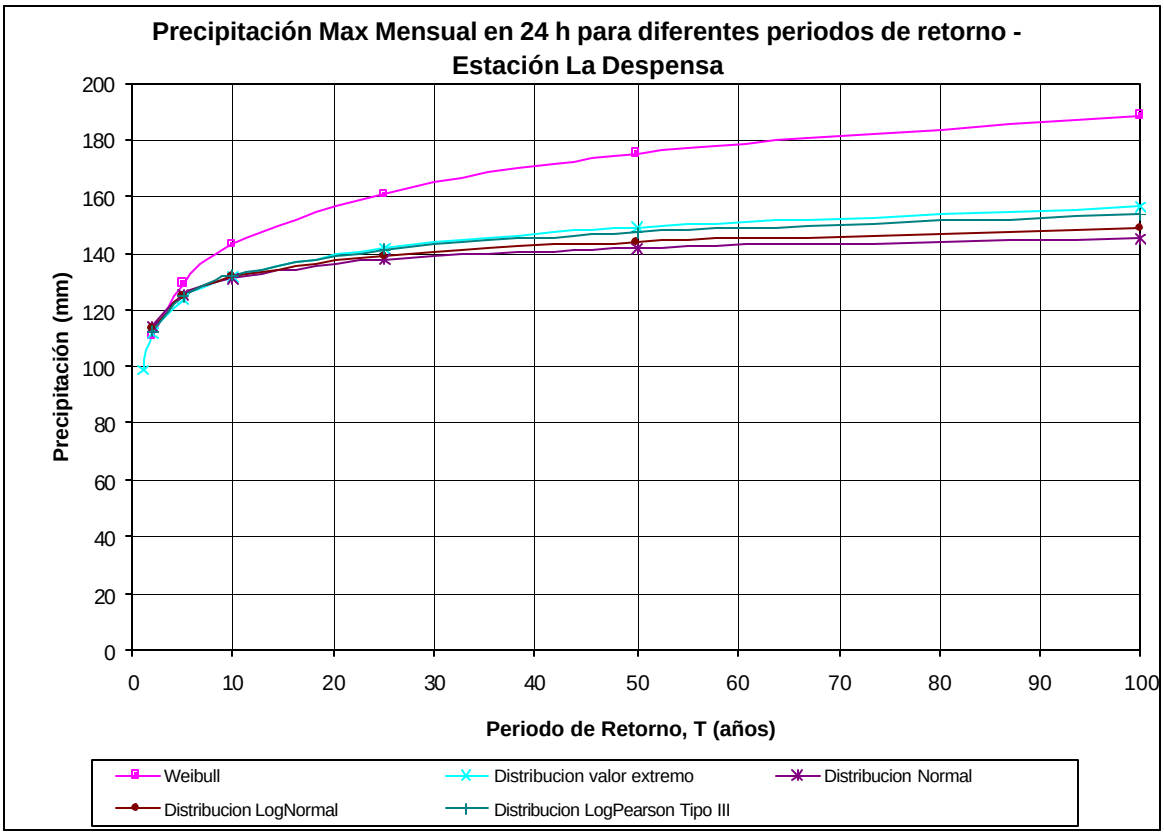

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Colomboy
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

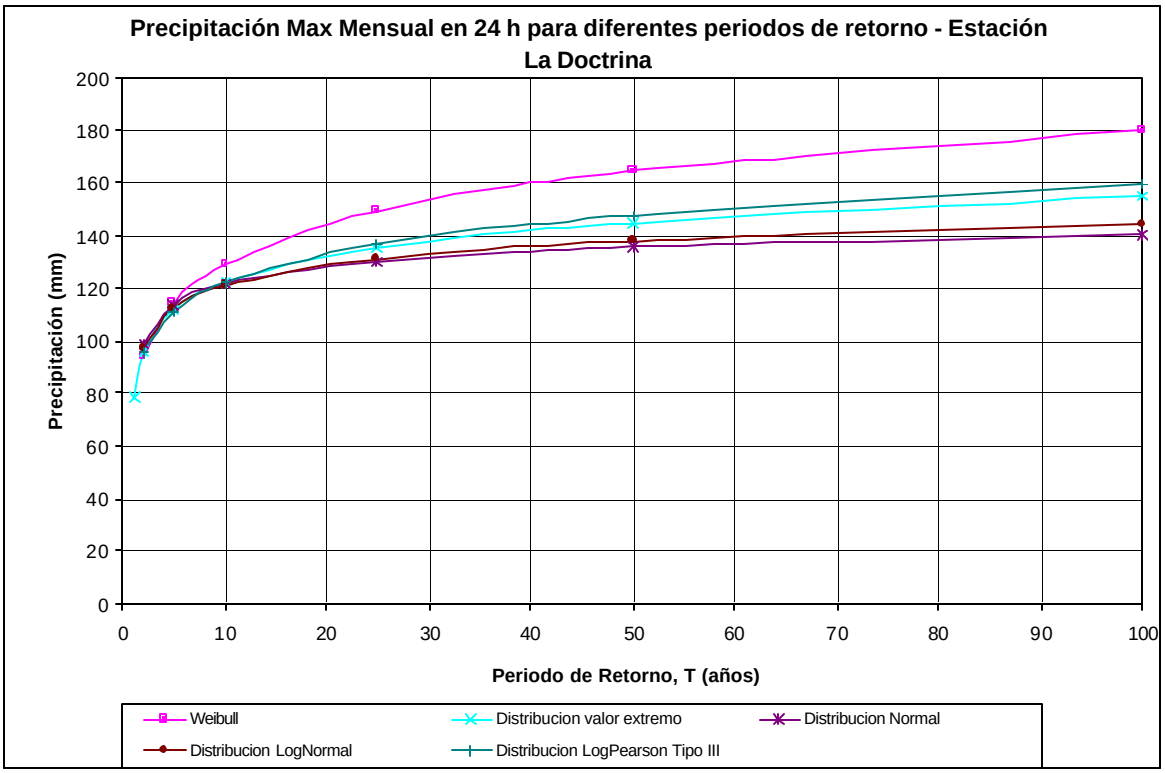

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Cristo Rey
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

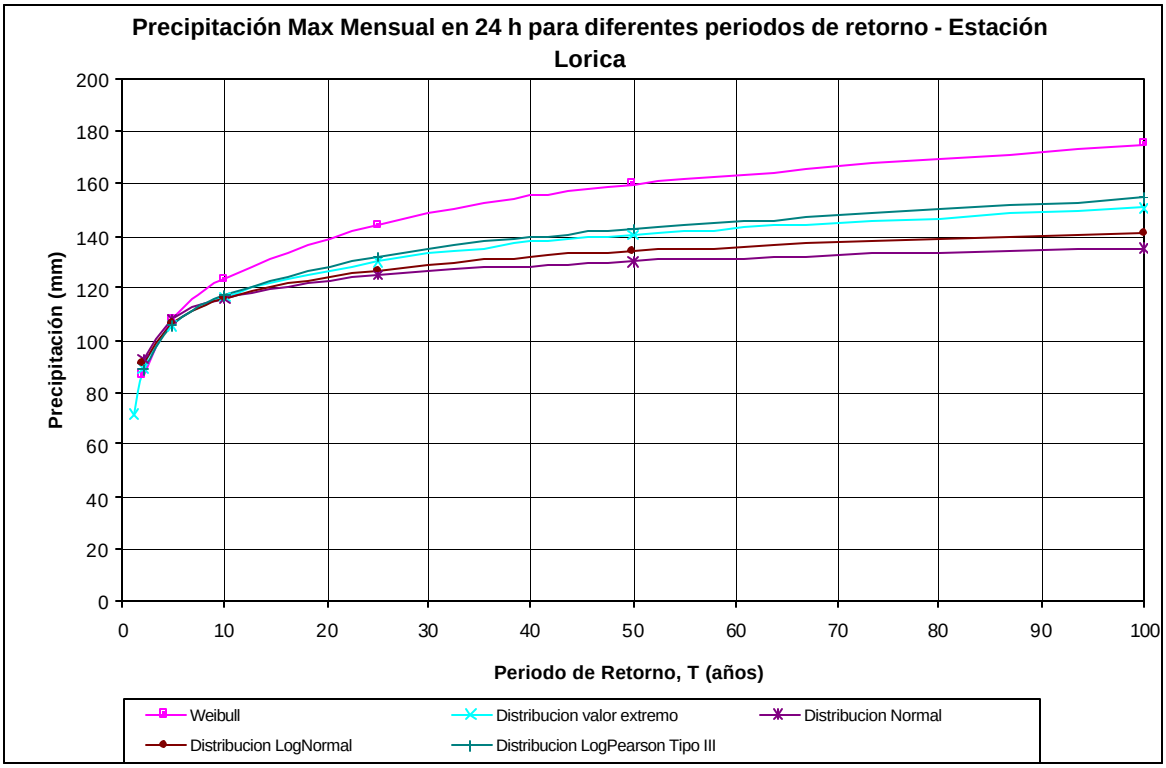

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación El Salado
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

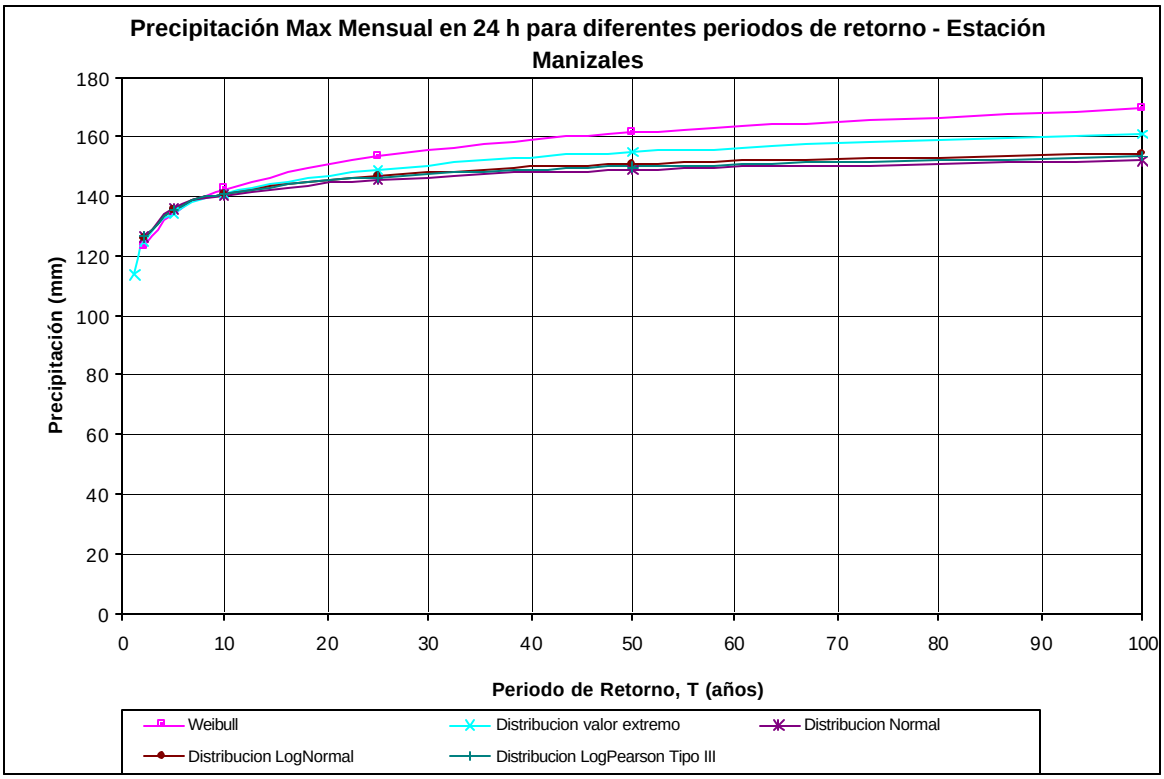

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Galán
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

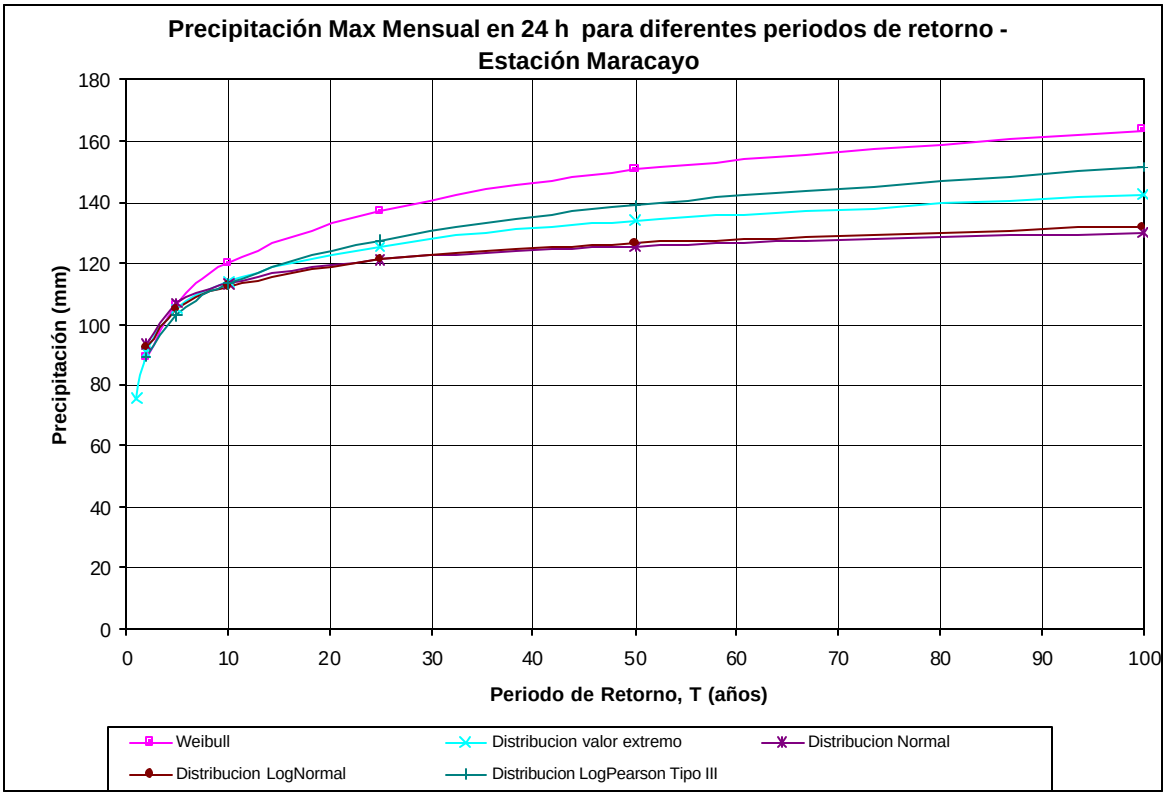

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Jaraguay
Precipitación (mm)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

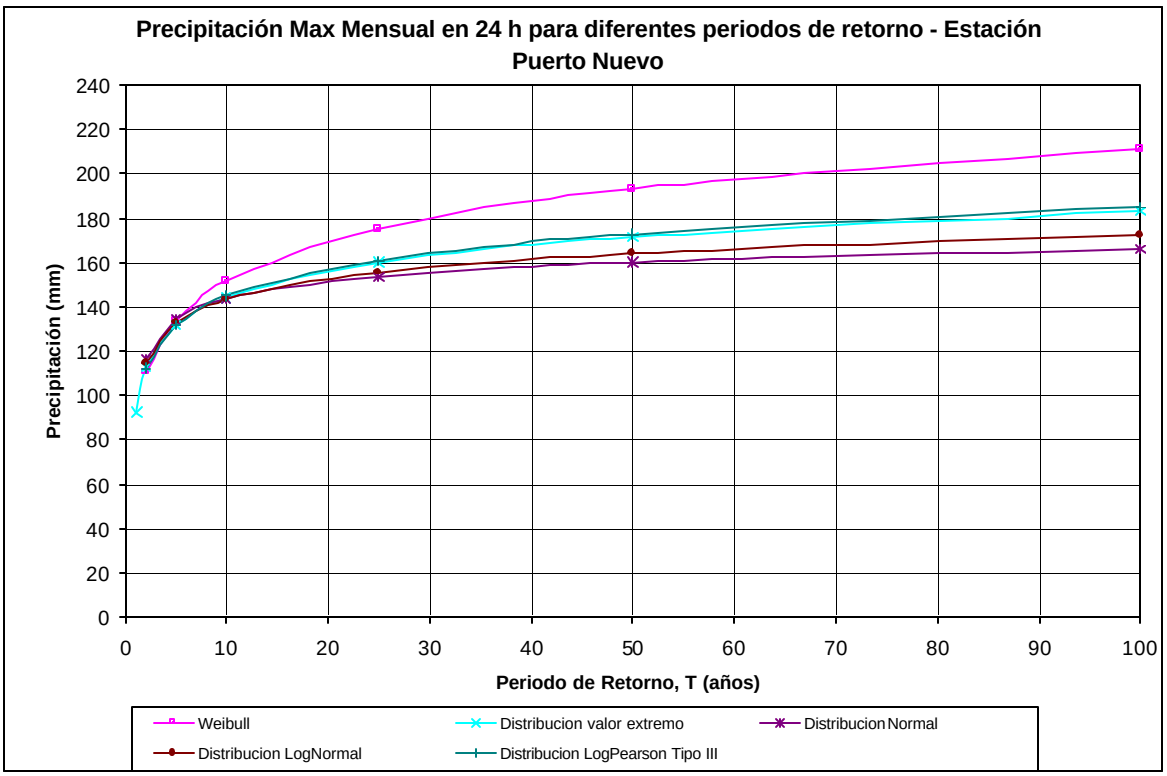

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación La Despensa
Precipitación (mm)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

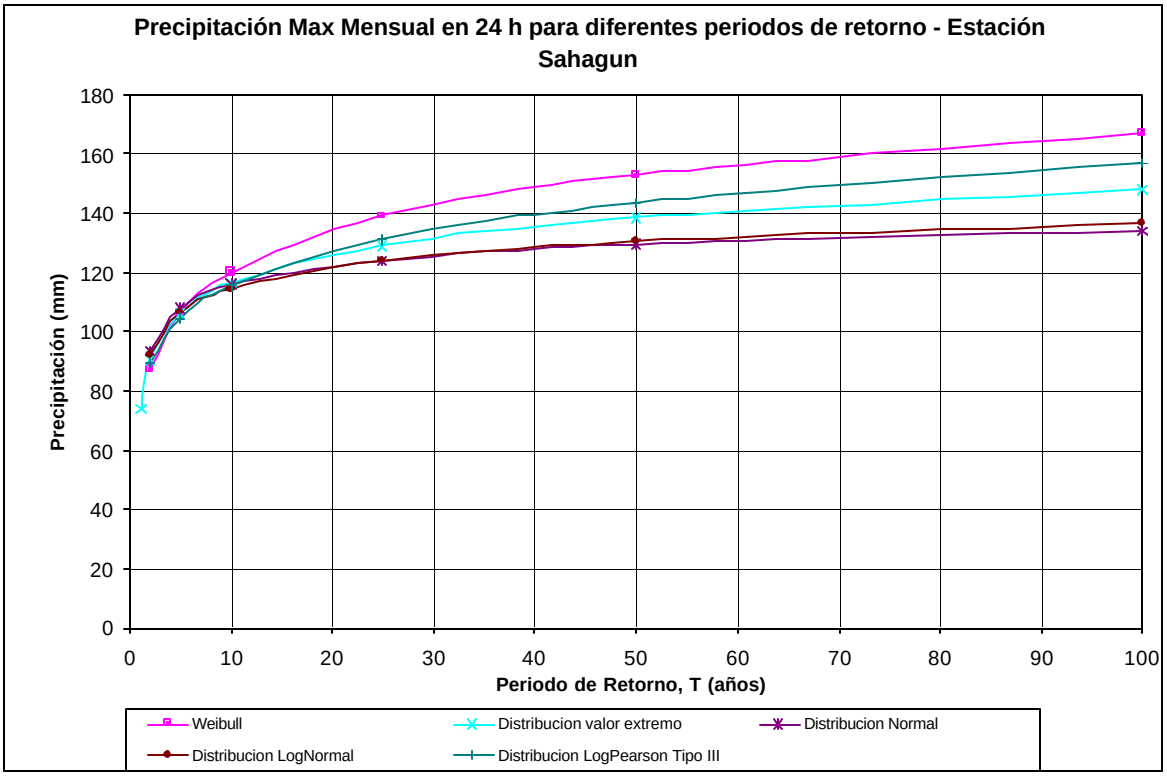

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación La Doctrina
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

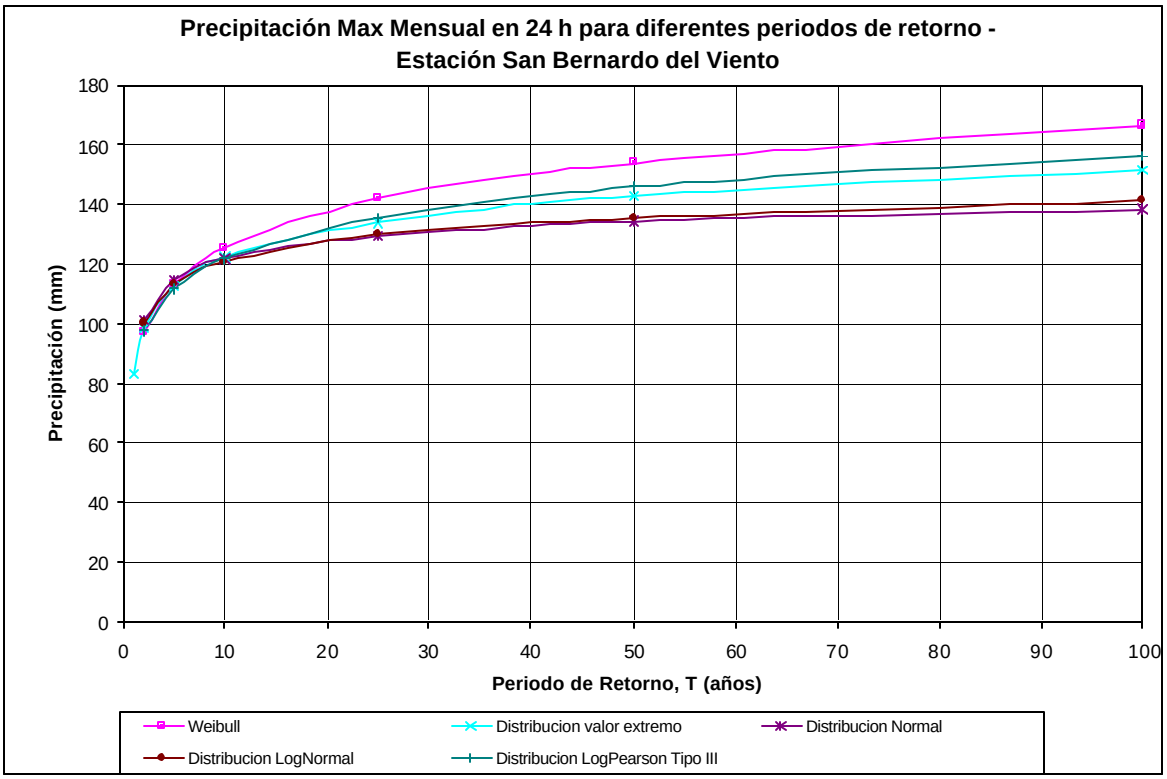

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Lorica
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

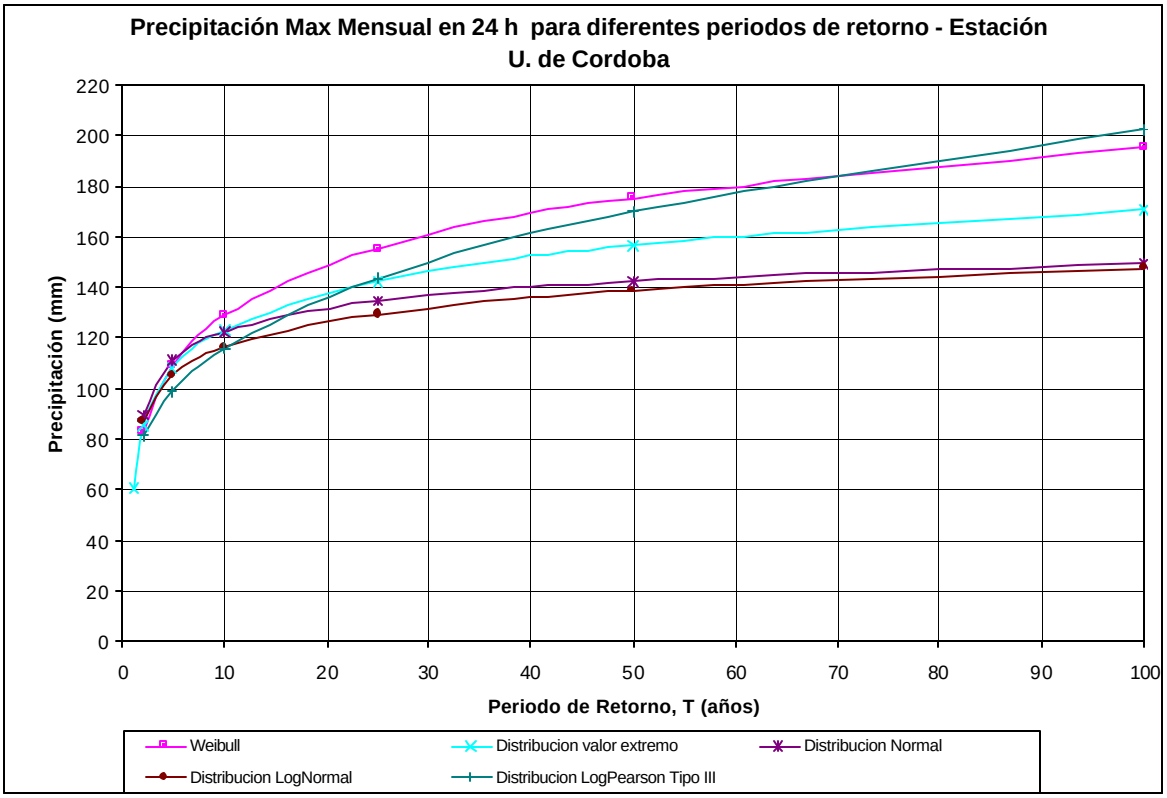

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Manizales
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

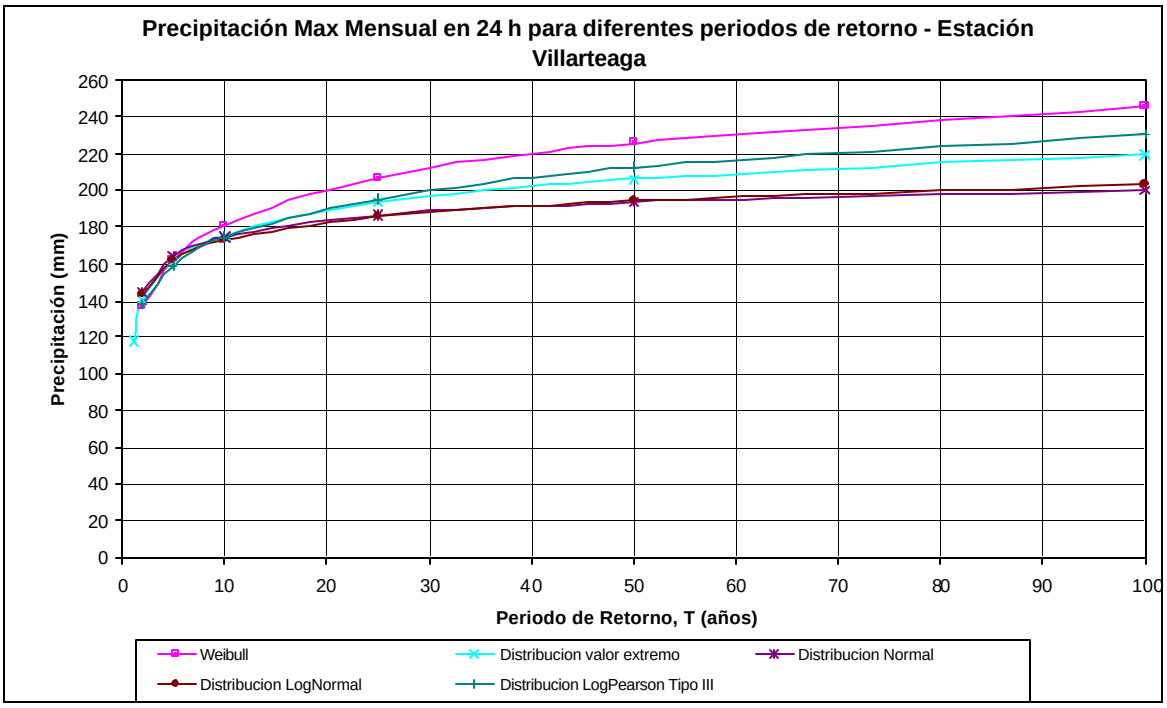

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Maracayo
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

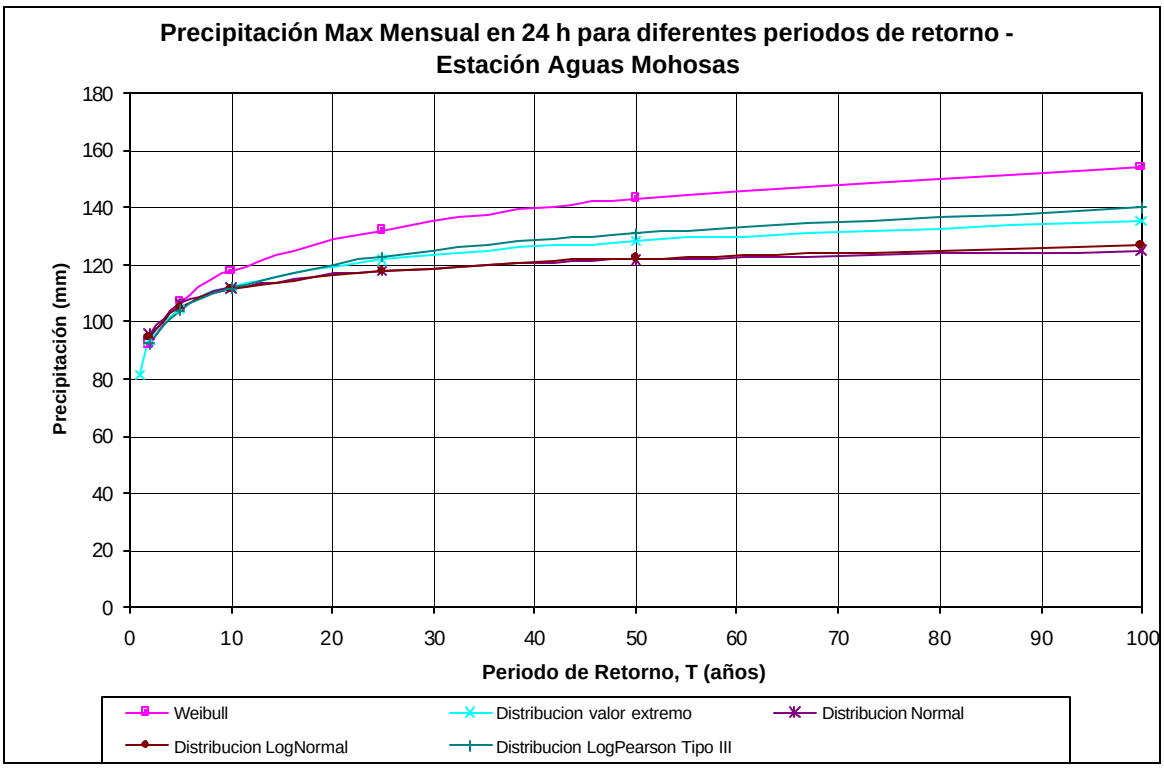

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Puerto Nuevo
Precipitación (mm)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

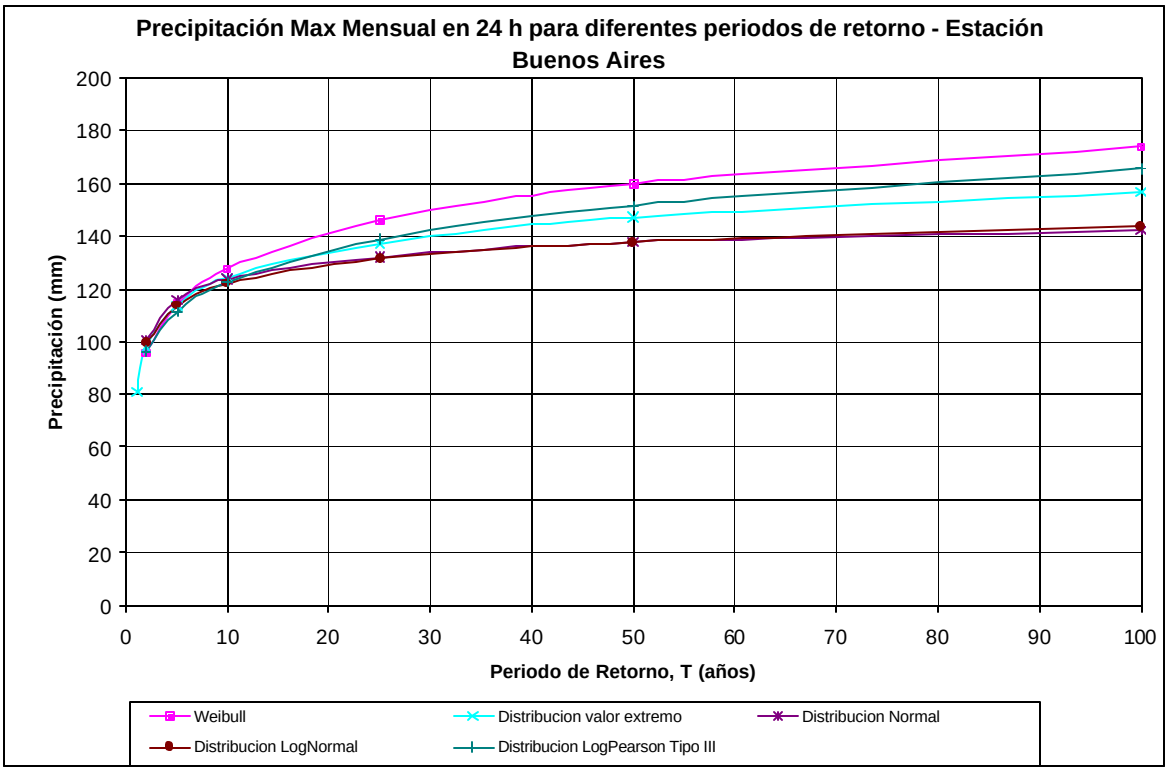

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Sahagun
Precipitación (mm)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

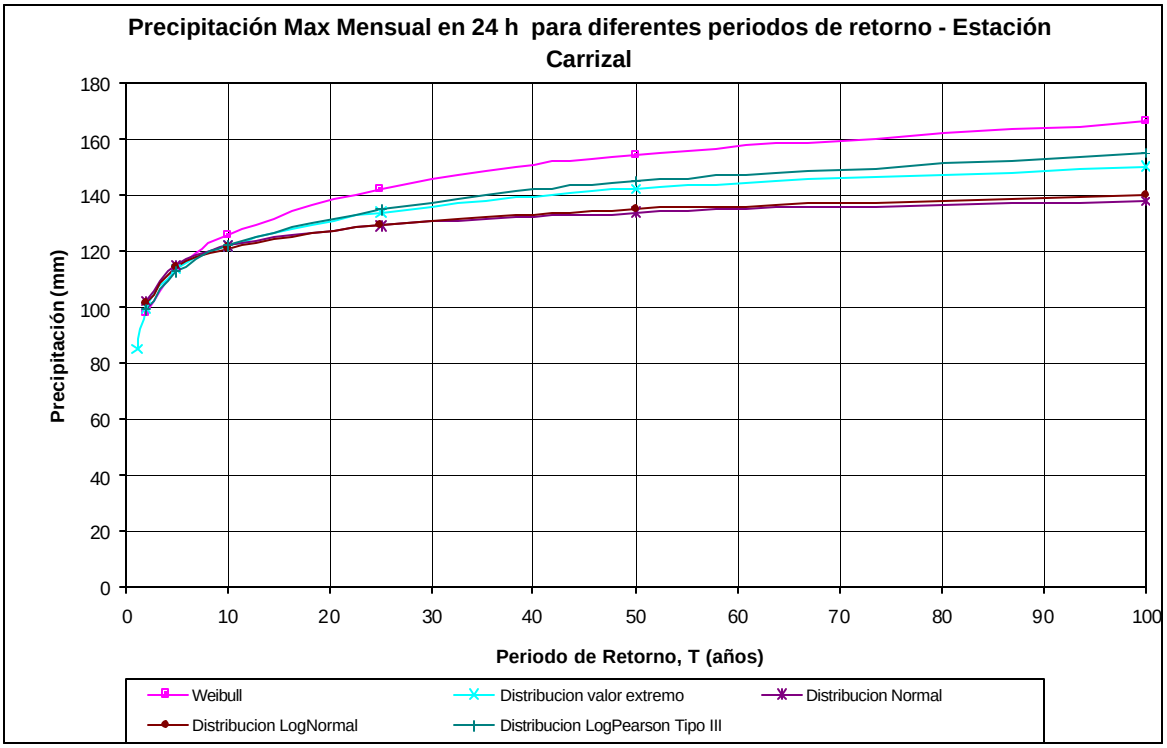

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación San Bernardo del Viento
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

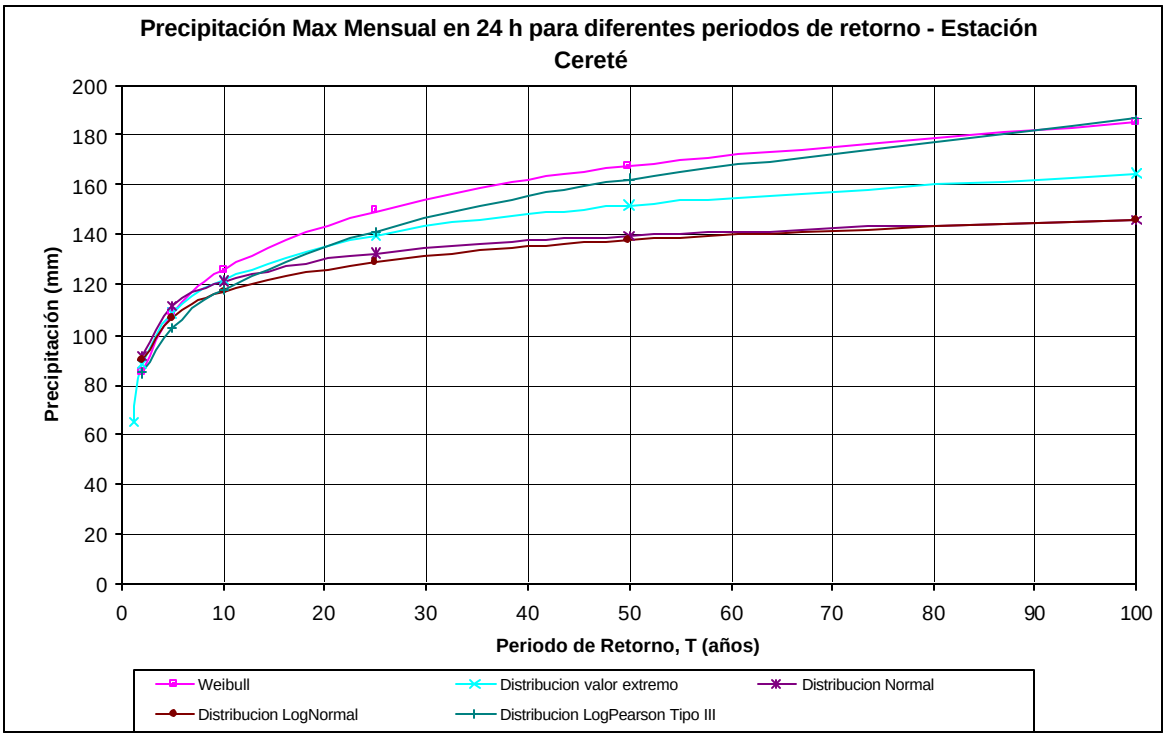

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación U. de Cordoba
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

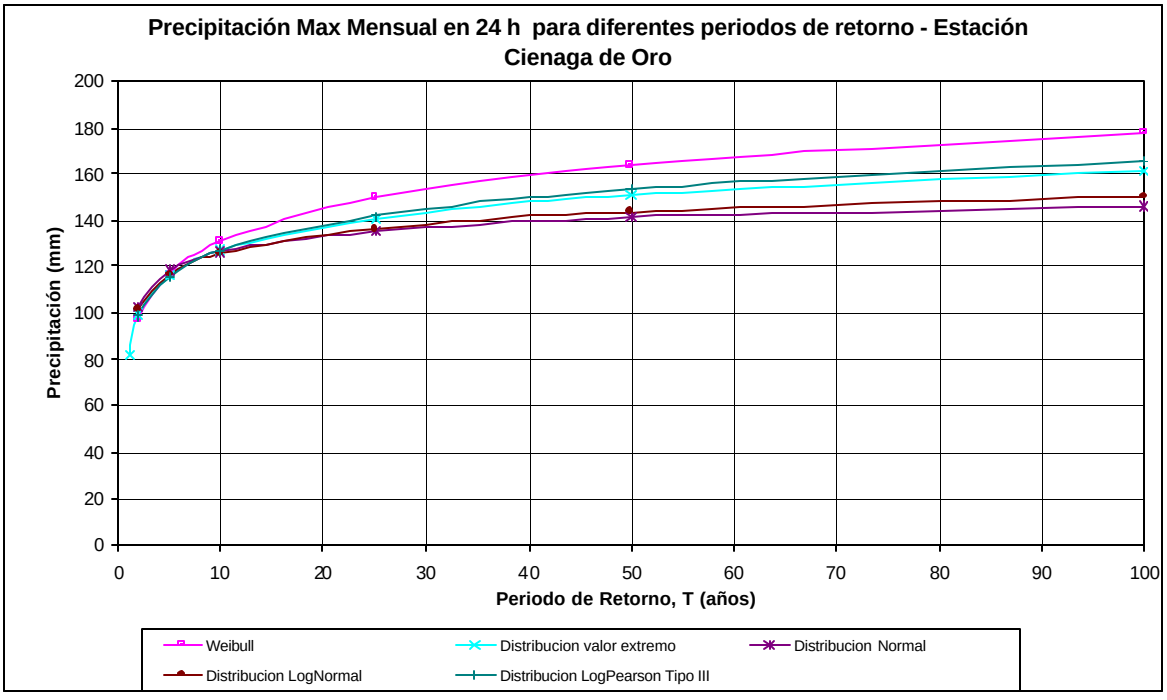

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Villarteaga
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

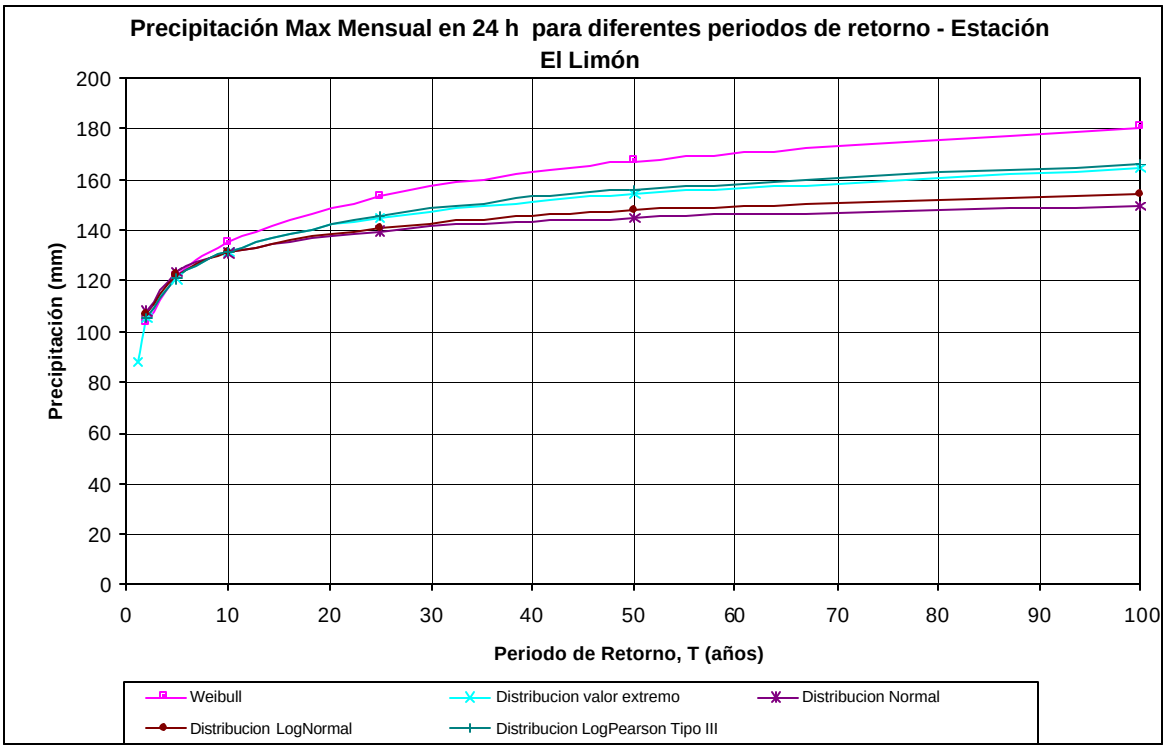

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Aguas Mohosas
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

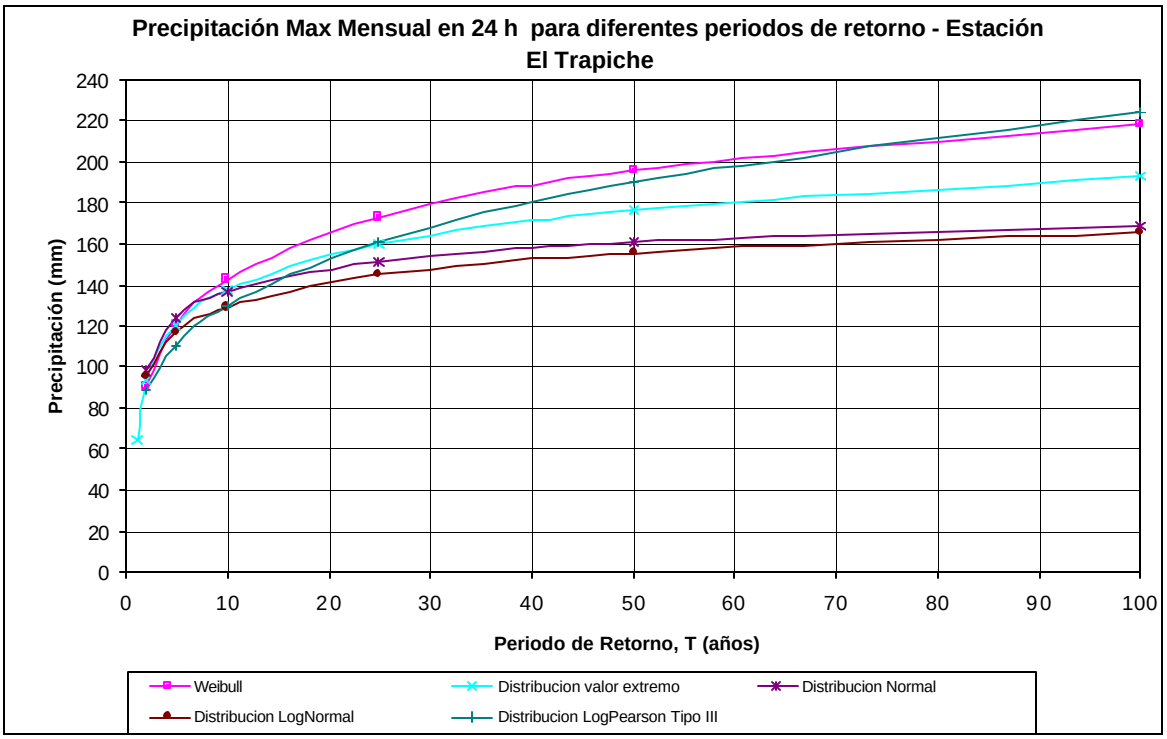

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Buenos Aires
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

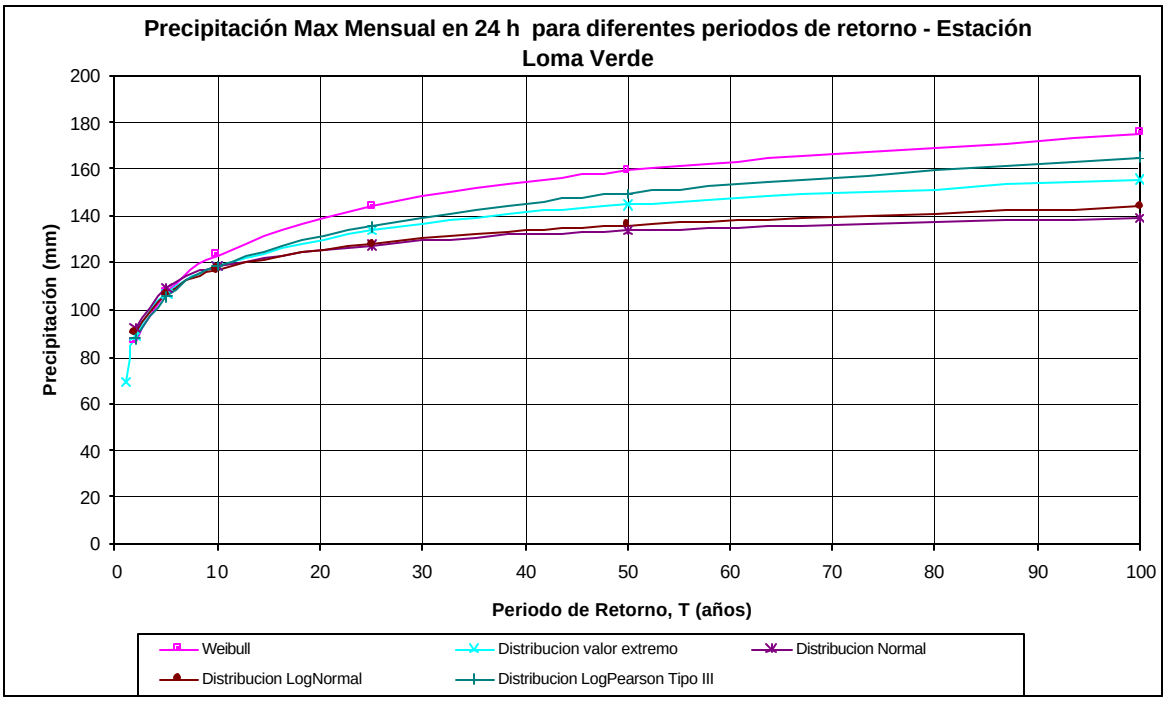

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Carrizal
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

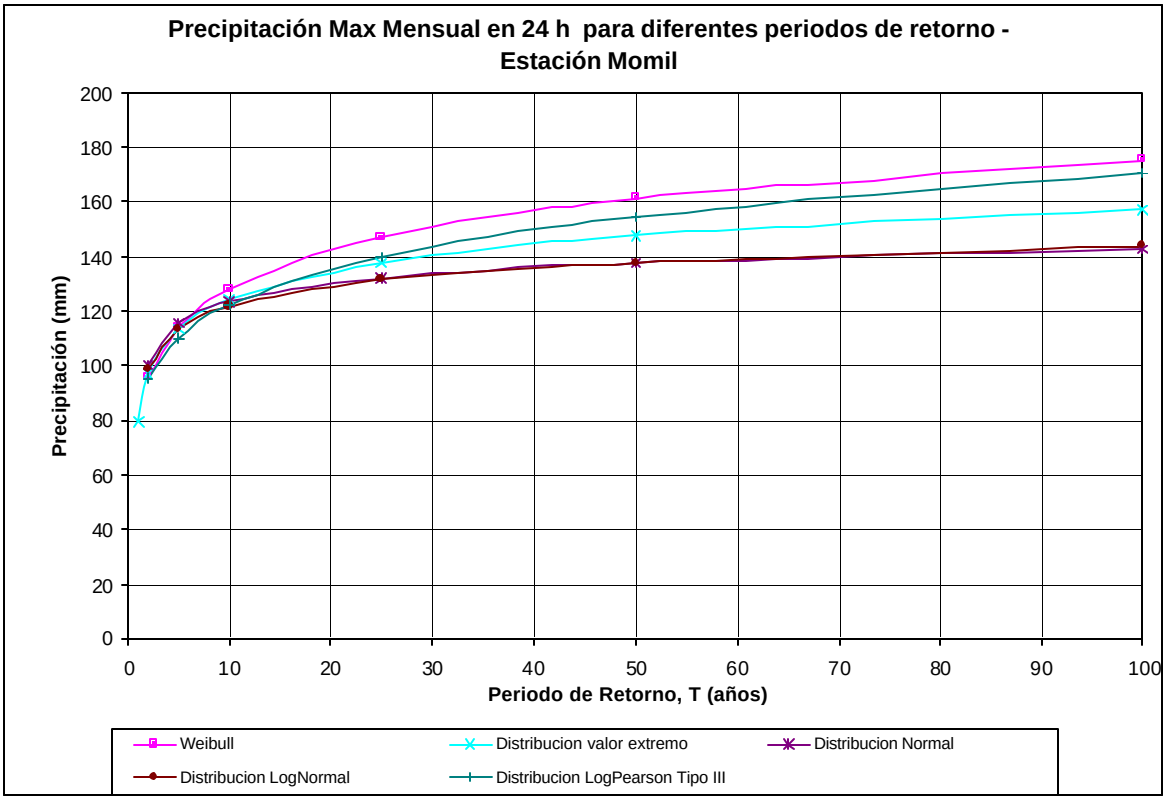

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Cereté
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

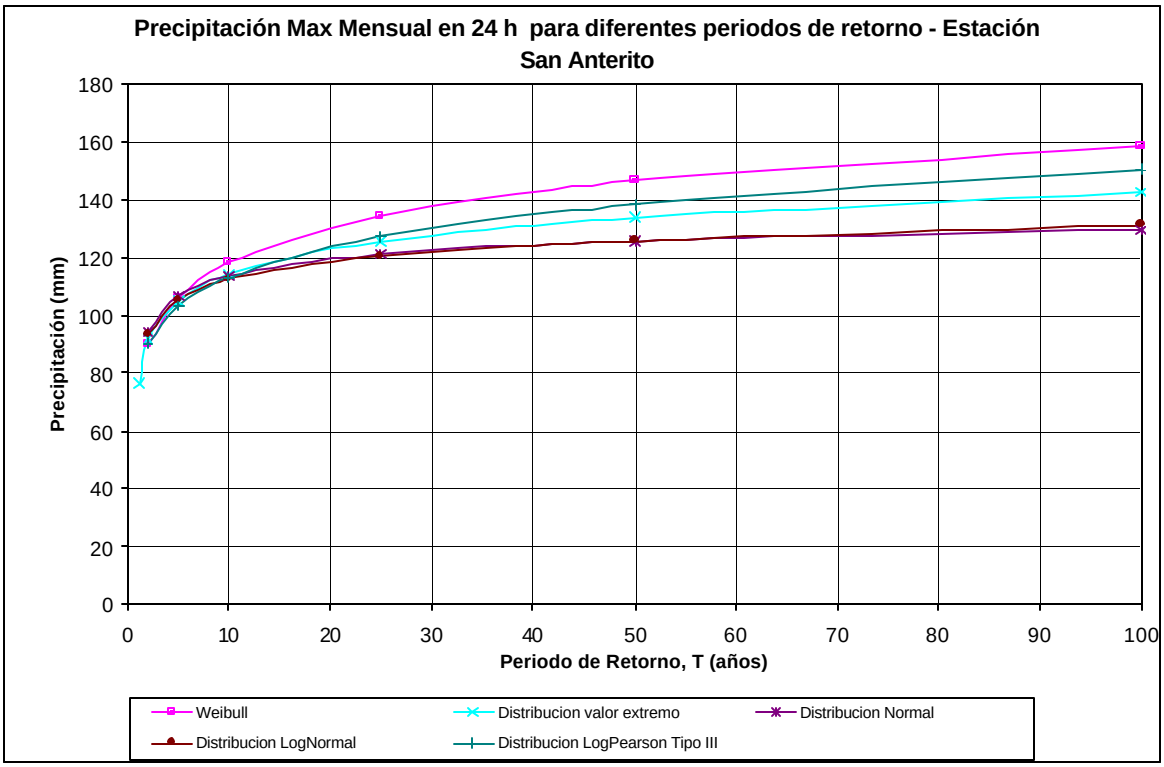

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Cienaga de Oro
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

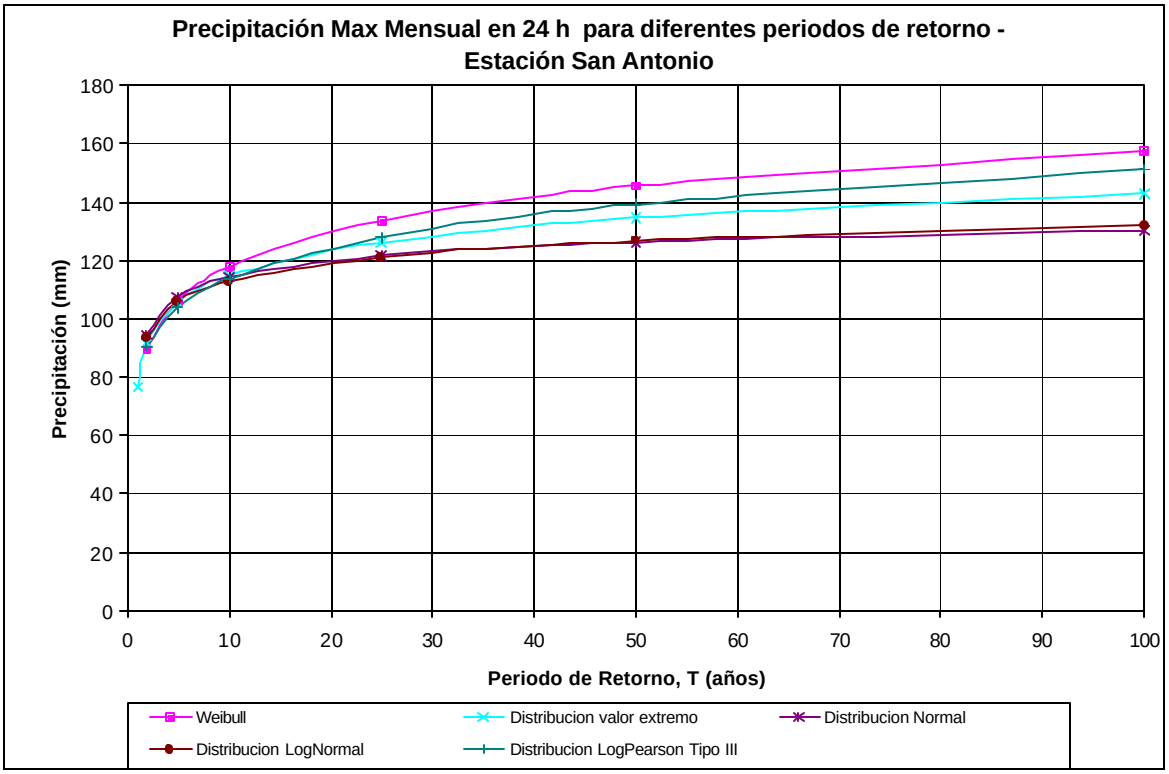

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación El Limón
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

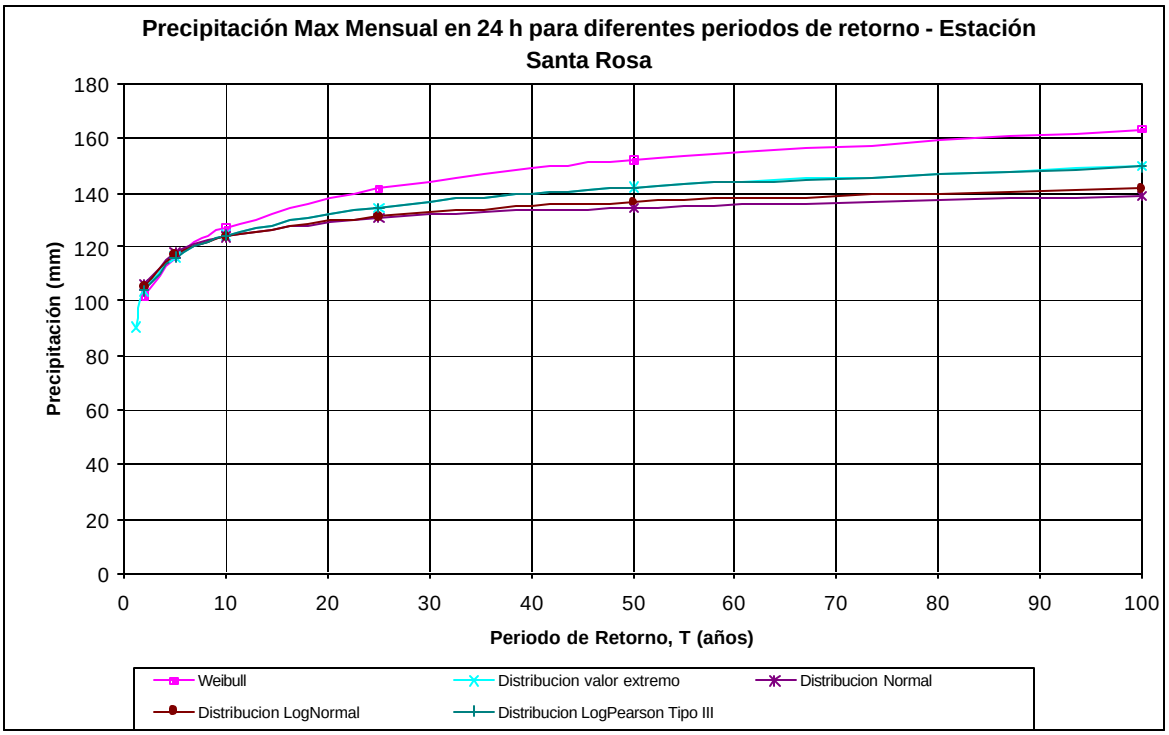

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación El Trapiche
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

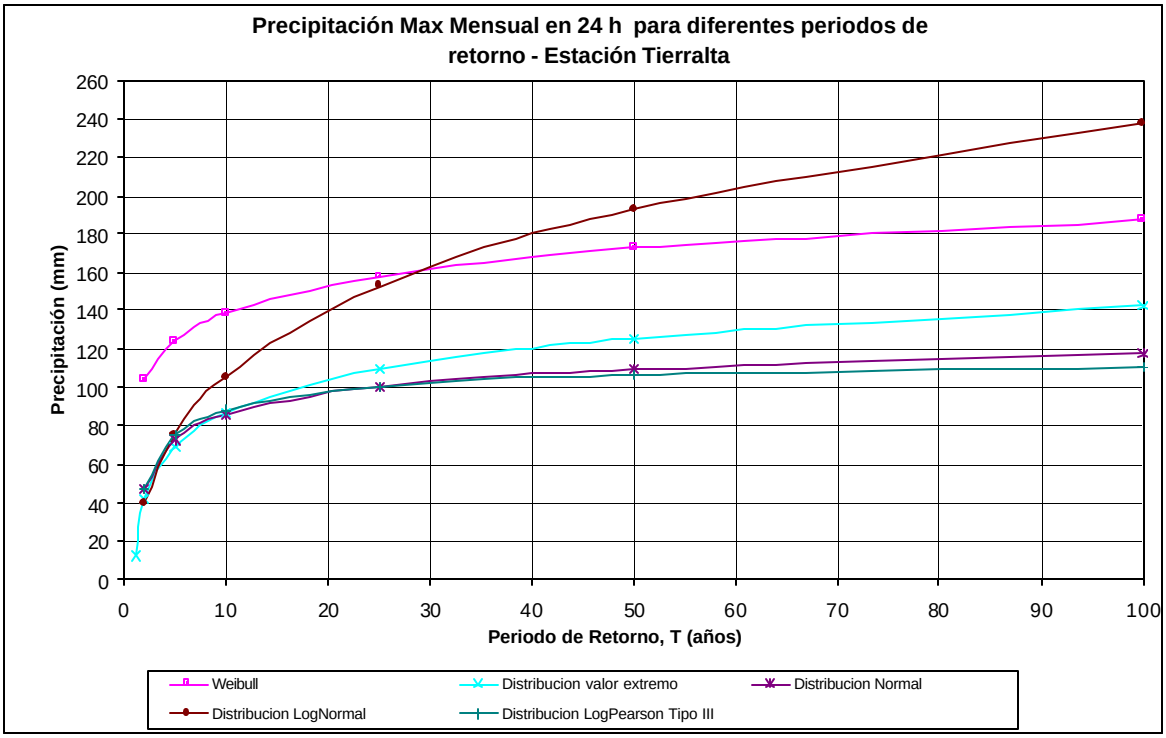

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Loma Verde
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

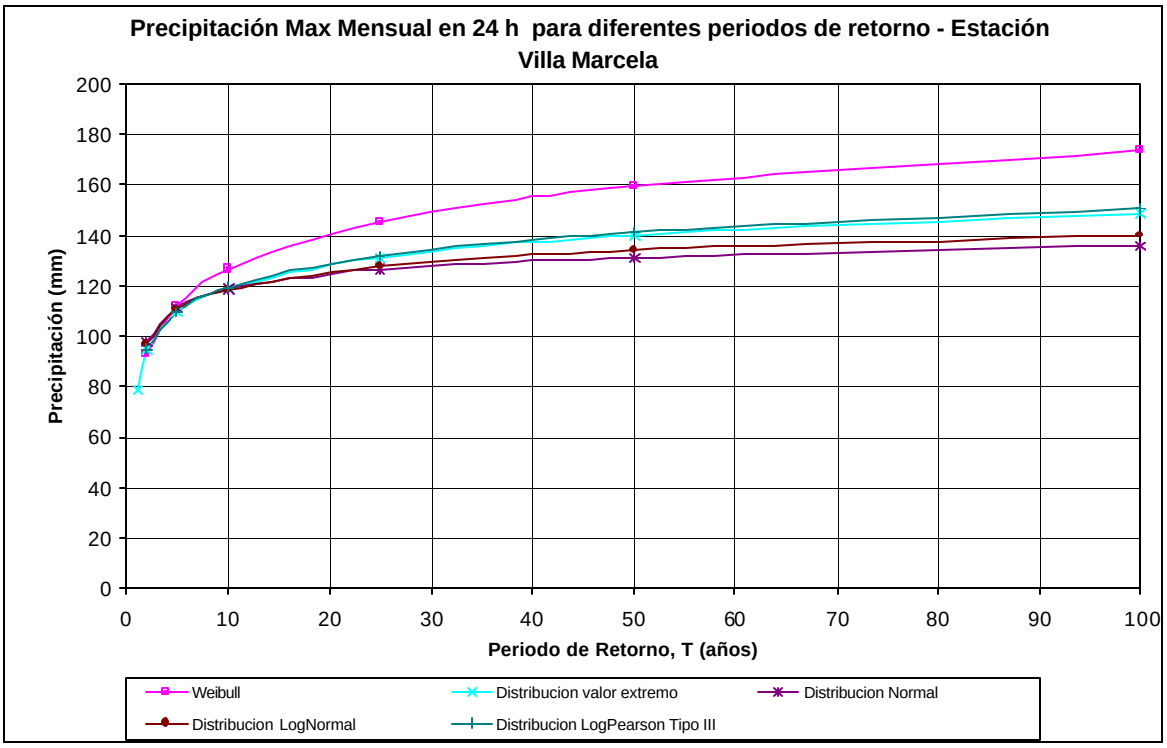

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Momil
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

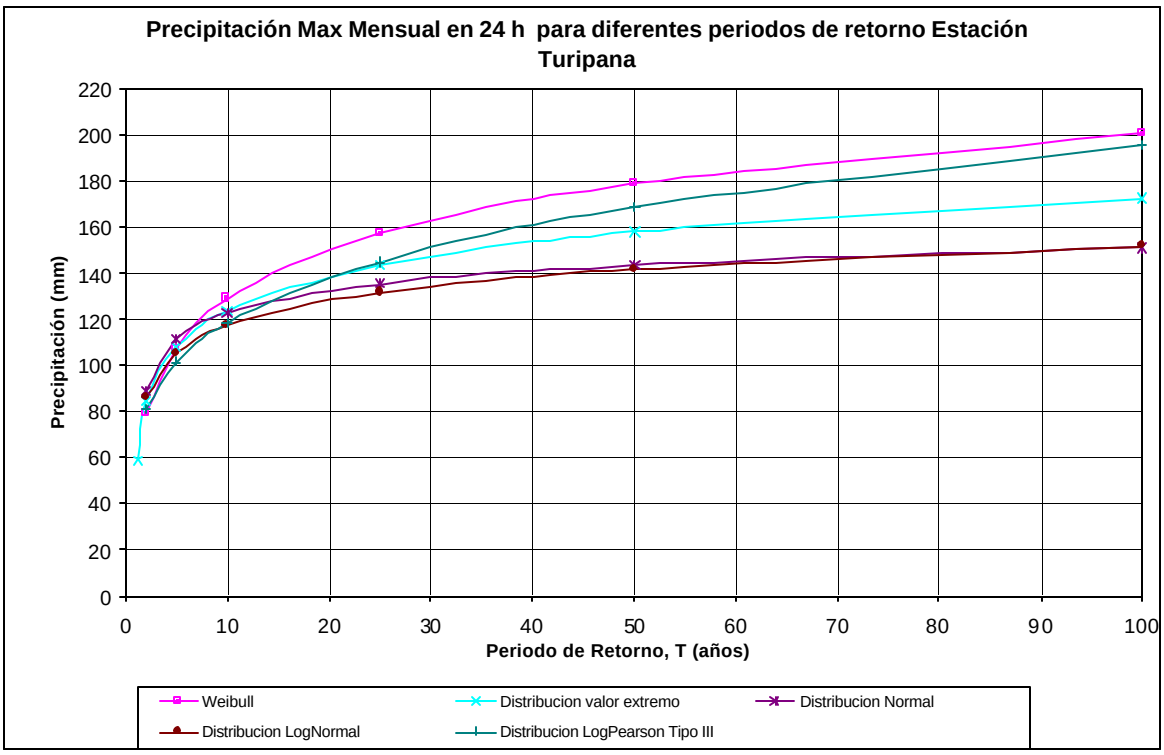

Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación San Anterito
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III


Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación San Antonio
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III


Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Santa Rosa
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III


Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Tierralta
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III


Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno - Estación Villa Marcela
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III


Precipitación Max Mensual en 24 h para diferentes periodos de retorno Estación Turipana
Precipitación (mm)
Periodo de Retorno, T (años)
Weibull
Distribucion valor extremo
Distribucion Normal
Distribucion LogNormal
Distribucion LogPearson Tipo III

ESTACION PASACABALLOS

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	PROMEDIO ANUAL
1991	116,7	101,5	127,2	107,3	336,2	499,4	439,7	404,8	414,3	475,2	386,3	251,8	305,0
1992	116,6	59,6	57,9	89,0	345,2	320,7	386,5	438,9	443,2	444,5	354,7	305,6	280,2
1993	166,6	109,0	111,7	283,7	546,7	454,0	517,7	309,0	366,5	424,7	447,1	365,9	341,9
1994	**188,7**	**94,4**	**85,0**	**226,4**	**589,8**	**415,8**	**496,6**	**575,1**	**567,5**	**583,9**	**610,7**	**286,5**	393,4
1995	123,0	94,0	72,0	204,0	440,0	634,0	570,0	514,0	424,0	454,0	368,0	331,0	352,3
1996	272,0	215,0	347,0	328,0	706,0	692,0	1085,0	515,0	569,0	505,0	387,0	222,0	486,9
1997	163,1	201,3	122,3	157,0	407,2	381,5	425,9	340,8	292,6	386,5	436,8	200,8	293,0
1998	155,0	**105,2**	**63,2**	**182,6**	429,0	634,0	756,0	502,0	476,0	505,0	502,0	456,0	397,2
1999	242,5	297,9	344,9	492,2	701,8	518,0	650,4	609,3	586,1	564,2	323,0	164,0	457,9
2000	175,8	250,7	274,0	264,3	488,6	538,1	672,5	661,2	634,3	696,2	683,0	354,5	474,4
PROMEDIO	172,0	152,9	160,5	233,5	499,0	508,7	600,0	487,0	477,3	503,9	449,9	293,8	
MAXIMO	272,0	297,9	347,0	492,2	706,0	692,0	1085,0	661,2	634,3	696,2	683,0	456,0	
MINIMO	116,6	59,6	57,9	89,0	336,2	320,7	386,5	309,0	292,6	386,5	323,0	164,0	

ESTACION CARRIZOLA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	PROMEDIO ANUAL
1993	176,2	139,2	143,6	295,5	519,9	516,4	**552,2**	370,7	424,6	462,2	485,5	420,3	375,5
1994	**233,6**	**135,5**	**124,8**	319,7	595,9	476,2	523,5	585,6	576,1	514,3	596,6	315,2	416,4
1995	**173,2**	**124,2**	**98,8**	228	400	571	594	508	464	482	384	289	359,7
1996	310,8	275,4	350,1	311,6	440	427,9	436,9	365,6	360,3	354,5	317,6	271,2	351,8
1997	239,8	252,2	189,5	183,5	384,2	357,3	346,6	340	301	382,6	333,3	357,8	305,7
1998	323,1	340	320,2	399,9	507,2	606,2	605,6	550,7	535,9	543,1	537,8	**389,1**	471,6
1999	**311,8**	**344,3**	**381,3**	**547,6**	**589,2**	**540,6**	686,2	666,2	591,8	545,8	425,3	312,5	495,2
2000	**222,8**	**247,2**	**338,2**	**344,1**	**447,1**	**504,1**	511,4	516,7	489,5	476,5	467,2	451,2	418,0
PROMEDIO	248,9	232,3	243,3	328,7	485,4	500,0	532,1	487,9	467,9	470,1	443,4	350,8	
MAXIMO	323,1	344,34	381,25	547,56	595,9	606,2	686,2	666,2	591,8	545,8	596,6	451,2	
MINIMO	173,2	124,2	98,8	183,5	384,2	357,3	346,6	340,0	301,0	354,5	317,6	271,2	

ESTACION TIERRALTA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1992	85,26	55,18	58,95	83,85	326,7	294,5	401,8	468	493,2	461,4	389,6	294,3
1993	129,6	**117,0**	**113,8**	**257,9**	564,4	545,7	530,3	366,6	431,8	379,2	482,8	427,3
1994	**184,5**	**91,0**	**81,8**	382,7	657,2	513,8	575,1	661,8	656,3	586,5	669,3	398,2
1995	127,6	92,7	87,8	175,4	351,4	**498,4**	**624,8**	444,1	403,1	426,3	363,8	281,8
1996	316	304	360	321	583	602	778	530	**612,7**	526	488	**132,0**
1997	**125,6**	**179,4**	**100,9**	**128,9**	**307,4**	445,8	422,9	353,1	337	415,3	396,7	303
1998	284,6	290,7	283,3	312,1	405,3	563,6	666,3	501,8	405,8	479,4	494,3	381,3
1999	199,3	269,1	369,5	508,9	744,4	592,6	699,7	645,9	568,5	552,2	392,7	279,8
2000	**173,6**	**198,7**	**298,4**	**305,1**	**428,7**	**501,1**	476,7	512,1	419,4	386,4	351,8	418
PROMEDIO	180,7	177,5	194,9	275,1	485,4	506,4	575,1	498,2	480,9	468,1	447,7	324,0
MAXIMO	316,0	304,0	369,5	508,9	744,4	602,0	778,0	661,8	656,3	586,5	669,3	427,3
MINIMO	85,3	55,2	59,0	83,9	307,4	294,5	401,8	353,1	337,0	379,2	351,8	132,0

ESTACION NUEVA COLOMBIA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1991					494,1	604,1	574,1	475,6	402,5	471,6	366,1	270
1992	105,3	60,3	54,7	69,1	353,2	335,9	379	485	467,7	441,7	414,8	338
1993	184,4	134,4	119,7	286,9	538,4	465,6	518,2	418	458,3	385	493	426,2
1994	137,5	71,9	117,5	217,5	556,5	380,4	411,5	470,8	478,3	497,5	520,5	326,9
1995	117,5	73	61,4	151,8	318,5	465,6	500,4	431,5	443,5	447,5	406	277,8
1996	290	202	325	354	609	653	851	588	581	468	350	207
1997	121,7	184,9	105,4	128,6	299,2	449,5	441,5	353,8	305,3	389,5	367,7	190,3
1998	94,2	117,2	82,5	181,3	392,5	575,6	709	534,5	468,9	447,4	520,6	353,1
1999	102,4	143,6	172,9	405,3	465,7	370,4	429,6	540,5	469,7	512,3	242,6	73,3
2000	52,89	75,44	203,8	203	**249,7**	**325,6**	331,8	437,6	323,7	342,2	208,1	194,9
PROMEDIO	134,0	118,1	138,1	221,9	427,7	462,6	514,6	473,5	439,9	440,3	388,9	265,8
MAXIMO	290,0	202,0	325,0	405,3	609,0	653,0	851,0	588,0	581,0	512,3	520,6	426,2
MINIMO	52,9	60,3	54,7	69,1	249,7	325,6	331,8	353,8	305,3	342,2	208,1	73,3

ESTACION MONTERIA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1963	**495,4**	181,5	108,0	298,0	546,0	896,0	741,0	585,0	626,0	540,0	490,0	279,0
1964	129,0	67,0	57,0	117,0	293,0	586,0	727,0	652,0	546,0	619,0	531,0	239,0
1965	**182,8**	**142,8**	237,0	351,0	595,0	255,0	335,0	441,0	529,0	580,0	516,0	217,0
1966	257,0	138,0	68,6	131,7	335,0	530,0	669,0	644,0	676,0	634,0	488,0	361,0
1967	135,0	108,0	88,0	120,0	301,0	630,0	707,0	708,0	502,0	431,0	367,0	332,0
1968	**252,6**	**139,4**	**149,5**	**209,7**	**531,5**	**656,3**	**768,7**	**648,2**	**577,6**	**734,6**	**498,9**	**231,0**
1969	154,0	118,0	147,0	161,0	244,0	491,0	538,0	568,0	526,0	482,0	386,0	350,0
1970	320,0	218,0	118,0	306,0	529,0	734,0	659,0	620,0	662,0	679,0	549,0	578,0
1971	425,0	211,0	366,0	258,0	508,0	491,0	636,0	522,0	590,0	627,0	540,0	226,0
1972	244,0	132,0	105,0	**221,9**	562,0	582,0	432,0	457,0	525,0	606,0	490,0	278,0
1973	126,0	63,1	481,0	**85,5**	230,9	382,0	530,0	514,0	528,0	562,0	688,0	479,0
1974	332,0	134,0	120,0	191,0	489,0	528,0	387,0	442,0	489,0	665,0	704,0	272,0
1975	111,0	70,0	72,0	69,0	232,0	383,0	710,0	700,0	658,0	726,0	698,0	514,0
1976	162,0	133,0	91,0	136,0	338,0	570,0	599,0	382,0	388,0	559,0	445,0	137,0
1977	108,0	69,0	50,0	103,0	356,0	577,0	562,0	568,0	442,0	581,0	500,0	329,0
1978	121,0	119,0	135,0	378,0	548,0	722,0	499,0	586,0	482,0	612,0	567,0	348,0
1979	110,0	72,0	74,0	137,0	366,0	527,0	508,0	398,0	476,0	488,0	338,0	263,0
1980	144,0	137,0	58,7	66,9	232,0	362,0	463,0	472,0	**397,3**	557,0	392,0	360,0
1981	203,0	223,0	379,0	313,0	637,0	690,0	576,0	509,0	725,0	529,0	434,0	320,0
1982	174,0	208,0	101,0	228,0	495,0	444,0	560,0	479,0	435,0	521,0	390,0	172,0
1983	106,0	67,0	81,0	184,0	360,0	509,0	475,0	452,0	476,0	502,0	459,0	328,0
1984	187,0	133,0	121,0	98,0	228,0	333,0	507,0	541,0	545,0	546,0	451,0	261,0
1985	116,0	83,5	73,4	100,0	160,0	351,0	384,0	491,0	534,0	522,0	385,0	266,0
1986	130,0	147,0	84,0	420,0	437,0	439,0	626,0	267,0	377,0	479,0	373,0	219,0
1987	132,0	146,0	73,0	306,0	528,0	378,0	547,0	604,0	497,0	577,0	368,0	358,0
1988	125,0	81,0	57,2	205,0	373,0	448,0	618,0	838,0	548,0	632,0	485,0	320,0
1989	247,0	112,0	155,0	150,0	411,0	522,0	494,0	474,0	452,0	459,0	393,0	284,0
1990	174,0	112,0	99,0	153,0	477,0	419,0	426,0	460,0	354,0	466,0	581,0	321,0
1991	151,2	116,3	142,1	122,6	336,8	542,6	488,1	469,9	434,5	509,2	392,1	293,9
1992	116,6	67,1	77,6	80,9	342,3	338,2	396,1	532,5	500,3	471,4	390,3	312,5
1993	167,4	130,5	127,2	265,5	558,7	458,3	536,4	388,6	394,7	434,9	481,4	415,9
1994	196,5	104,1	94,6	232,3	558,9	405,6	477,4	546,1	539,5	553,8	577,1	288,2
1995	138,6	**78,6**	**62,4**	161,0	320,8	480,0	588,1	489,1	544,1	547,3	426,0	289,8
1996	281,5	211,8	345,7	318,2	599,5	655,3	797,0	635,1	577,9	515,9	375,5	145,4
1997	139,0	191,6	114,2	142,3	310,9	474,5	460,3	363,1	251,4	361,3	364,8	185,7
1998	86,6	115,0	72,1	190,7	372,9	541,8	694,5	537,6	455,6	516,9	516,4	356,5
1999	275,3	309,1	348,1	531,1	578,5	523,2	569,4	638,1	601,3	629,9	443,3	243,8
2000	186,0	210,0	302,7	308,8	419,2	482,3	468,2	554,7	518,7	504,0	419,5	370,4
PROMEDIO	187,9	134,2	143,1	206,6	414,2	508,9	556,8	531,0	510,0	551,6	470,9	303,8
MAXIMO	495,4	309,1	481,0	531,1	637,0	896,0	797,0	838,0	725,0	734,6	704,0	578,0
MINIMO	86,6	63,1	50,0	66,9	160,0	255,0	335,0	267,0	251,4	361,3	338,0	137,0

ESTACION SABANA NUEVA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1963	316,6	176,1	124,0	264,8	471,7	743,4	619,5	460,6	482,1	439,7	414,5	268,4
1964	142,2	139,8	74,6	106,9	201,5	429,7	542,9	522,3	479,4	470,1	472,7	163,3
1965	180,2	135,1	220,3	310,8	504,2	294,3	222,8	384,2	429,0	466,6	429,8	224,6
1966	251,1	147,4	82,3	131,3	319,0	444,1	532,0	503,9	530,0	520,6	409,4	324,0
1967	142,5	115,9	94,9	126,1	283,5	498,9	548,7	564,3	440,5	377,5	325,3	306,6
1968	105,8	109,7	86,8	192,6	464,7	706,1	623,7	518,1	466,1	574,0	407,1	228,4
1969	152,0	118,4	124,7	159,9	230,3	389,3	430,9	440,9	416,6	391,0	321,4	298,4
1970	289,8	205,8	126,2	273,7	410,0	570,5	542,6	494,6	516,4	535,1	443,2	465,5
1971	364,5	199,7	320,4	237,6	405,4	396,2	493,4	421,7	481,7	505,3	447,5	227,6
1972	240,8	138,6	105,0	200,6	460,6	492,4	358,4	412,9	449,6	513,3	422,4	255,5
1973	132,2	82,2	70,3	79,8	241,6	351,2	452,8	441,0	448,0	486,7	577,8	380,6
1974	285,0	163,8	157,0	235,0	482,4	479,5	380,2	426,0	449,2	586,1	614,2	290,9
1975	129,0	95,3	95,4	88,1	241,7	387,3	626,6	621,1	599,4	661,0	644,1	487,5
1976	194,6	167,2	127,5	153,6	344,5	510,0	543,0	378,6	377,0	502,2	424,1	206,2
1977	90,2	62,2	49,8	89,2	302,7	471,1	460,0	459,8	376,5	462,7	422,1	283,1
1978	99,1	99,9	114,7	327,6	474,0	576,6	460,3	500,9	415,9	518,2	482,7	295,4
1979	96,8	139,8	68,7	120,2	317,9	428,8	426,3	346,4	411,6	420,5	302,8	240,3
1980	131,9	126,2	59,2	68,4	207,5	328,4	388,9	411,4	333,9	465,3	358,2	314,9
1981	187,3	203,9	331,5	265,3	532,9	569,8	496,2	431,8	591,7	483,1	399,5	304,8
1982	176,4	175,1	106,8	216,6	440,2	568,2	502,3	430,3	594,4	480,9	343,4	171,9
1983	116,3	139,8	80,0	169,3	328,1	457,4	422,5	404,4	420,3	445,0	427,6	303,1
1984	198,5	134,6	125,5	103,6	249,7	348,8	506,0	536,9	550,7	547,4	467,8	291,8
1985	**137,0**	**81,1**	**69,3**	**116,5**	**146,2**	**318,1**	**361,6**	**461,2**	**544,5**	**534,6**	**423,7**	**291,3**
1986	**134,6**	**141,9**	**80,1**	**349,9**	**405,7**	**396,8**	**564,2**	**305,4**	**350,3**	**447,4**	**357,9**	**236,4**
1987	**132,7**	**141,7**	**75,0**	**262,5**	**465,9**	**394,6**	**496,5**	**570,1**	**513,4**	**554,4**	**426,0**	**378,8**
1988	**145,9**	**89,8**	**60,0**	**197,9**	**334,0**	**432,0**	**549,6**	**746,4**	**614,3**	**606,5**	**540,6**	**376,5**
1989	**267,9**	**119,7**	**159,0**	**147,1**	**365,9**	**494,1**	**496,5**	**498,5**	**481,3**	**509,0**	**460,2**	**342,3**
1990	**178,3**	**104,8**	**90,5**	**139,5**	**386,2**	**415,1**	**418,6**	**446,9**	**384,7**	**469,0**	**556,8**	**371,2**
1991	133,5	93,6	122,4	104,0	313,6	485,0	447,1	404,8	395,1	491,0	370,7	268,4
1992	105,9	61,5	58,2	73,9	324,4	309,5	361,4	489,2	452,9	444,1	372,3	298,7
1993	159,0	126,3	117,0	252,5	511,4	427,6	510,7	371,5	381,8	417,0	452,3	389,1
1994	144,3	79,1	91,4	235,0	540,0	391,6	432,1	517,3	515,3	547,2	571,2	312,2
1995	126,8	72,1	61,0	144,7	326,1	482,3	576,7	459,1	521,8	521,8	441,9	298,7
1996	262,9	196,8	334,3	299,5	584,3	568,7	374,3	639,6	607,1	512,1	396,5	261,3
1997	**138,4**	262,2	203,5	248,1	308,7	570,4	374,3	639,8	305,6	405,5	388,6	201,1
1998	**93,5**	**102,8**	**68,5**	238,7	388,5	593,7	535,3	568,7	477,5	463,6	540,3	350,9
1999	234,8	276,4	313,8	515,9	575,3	509,7	563,9	652,7	611,7	649,8	437,0	215,4
2000	190,1	**179,3**	**270,3**	278,6	398,2	472,7	466,1	554,7	516,8	503,4	405,5	341,5
PROMEDIO	173,9	137,0	129,5	198,0	376,0	465,9	476,5	485,2	472,0	498,1	439,4	296,5
MAXIMO	364,5	276,4	334,3	515,9	584,3	743,4	626,6	746,4	614,3	661,0	644,1	487,5
MINIMO	90,2	61,5	49,8	68,4	146,2	294,3	222,8	305,4	305,6	377,5	302,8	163,3

ESTACION PALMA CENTRAL

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1991	158	99,73	111,2	**97,9**	277,2	438,8	480,1	440,5	396,3	504,6	407	293
1992	112	64,59	61,47	73,17	307,3	297,5	326,4	**439,0**	463,8	492,7	418,5	319,8
1993	155,7	115,2	108,1	219,2	454,8	442,9	516,1	436,8	411	435,7	**467,1**	**443,9**
1994	**218,1**	**95,1**	85,68	201,8	455,4	439,2	458,1	508,1	560,2	603,6	584	428,1
1995	162,3	79,4	62,9	133,7	272	444,4	548,9	531,3	571,5	551,2	518,9	343,1
1996	273,7	198,7	304,7	290,2	498,4	595,8	670,5	637,7	619,6	549,2	440	274,2
1997	146,3	194,3	119,5	105,7	288,5	414,6	450,7	380,5	336	403,6	373,5	215,8
1998	112	103,4	73	154,2	342	519,2	643,9	590,6	544,3	494,7	499,8	397
1999	269,8	266,6	306,5	447,6	533,3	522,8	573,5	644,8	647,5	661,3	549	309,5
2000	**199,1**	**158,5**	**248,0**	**235,6**	**333,1**	**382,2**	**467,7**	**542,9**	**562,3**	**559,7**	**509,2**	**390,7**
PROMEDIO	180,7	137,5	148,1	195,9	376,2	449,7	513,6	515,2	511,2	525,6	476,7	341,5
MAXIMO	273,7	266,6	306,5	447,6	533,3	595,8	670,5	644,8	647,5	661,3	584,0	443,9
MINIMO	112,0	64,6	61,5	73,2	272,0	297,5	326,4	380,5	336,0	403,6	373,5	215,8

ESTACION COTOCA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

En esta estación no se generaron caudales sintéticos porque los registros históricos se encontraban completos. Sin embargo fue utilizada para generarlos en otras.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1970	302,7	262,6	112,9	254,5	416,6	618,1	712	687,1	704,7	721,9	650,9	632,3
1971	527,9	298,7	318,3	288,9	412,4	486,2	567,7	557	609	648,9	634,1	389
1972	274,2	138,8	85,6	184,5	437,8	592,4	517,4	452,7	522,5	590,3	541,5	350,3
1973	134,6	68,3	48,8	49,1	205,9	307,9	432,9	479,5	498,6	558,3	590,9	528,1
1974	344,2	162,9	131,6	198	430,9	514,1	437,4	456,4	479,9	603	686,2	491,1
1975	185,9	77,2	68,45	58,19	199,3	337,4	539,8	642,9	711,9	734,2	735,9	643,3
1976	329,5	162,4	93,9	147,1	289,2	458,4	598,1	452,9	399	496	464,9	278,4
1977	94,66	76,36	49,99	102,4	291,8	489,7	579,2	556,3	539,9	539,1	547,2	466,9
1978	134,6	133	115,9	314,2	473,3	646,4	648,5	613,5	561,9	597,3	614	466,8
1979	179,6	64,3	64,3	121	314,2	432,8	517,7	498	550,3	555,4	496,2	361,7
1980	153,4	156,4	63,6	87,6	203,2	338,9	476,4	553,1	443,6	537	498,6	387,2
1981	206,5	130	292,9	510,8	340	670,7	684,5	608,5	711,7	622,9	503,5	353,2
1982	231,8	213,3	118,4	206,7	430,2	525,4	582,7	576,9	506,8	588,4	498,8	286
1983	132,3	65,25	80,84	171,1	350,3	484,8	524,8	501,4	519,4	526,9	553,3	424,7
1984	224,4	130,6	120,5	98,29	199,8	301,2	460	545	578,2	595,4	571,2	390,1
1985	174,5	88,27	73,39	147,2	147,6	313,8	372,2	471,5	605,7	597,3	506,3	348,1
1986	154,5	152,2	85,66	307,5	410	388,5	546,7	377,5	355,4	454,6	376,3	279,7
1987	148,4	152,9	86,2	242,1	440,9	450,5	486,6	584,1	578,6	579,6	529,9	438
1988	184,2	109,7	70,36	211,3	324,4	455,3	523,8	708,3	742,4	632,4	651,2	474,7
1989	317,8	141,4	180,6	160,2	352	509	545,2	571,5	558,3	610,9	577,1	439,3
1990	202,1	109,4	92,16	140,7	323,7	450,2	450,2	474,4	455,3	516	580,4	461,9
1991	198,5	99,19	124,4	101	284	431,3	492,5	456,9	416,3	518	438,8	333
1992	133,9	63,41	55,98	70,41	288,2	308,5	339,7	472,8	492,2	529,8	458,8	362,1
1993	197,7	138,2	115,2	227,8	434,1	450,4	529,2	470,6	443,7	469	504	478,2
1994	230,2	97,94	95,43	230,7	437,1	470,7	480	523,2	597,4	669,7	637	490
1995	213,8	90,7	61,5	150,2	286,6	432,4	559,8	563,3	605,5	586,8	559,4	395,9
1996	310,9	202,6	299,2	290,2	501,8	635,1	746,4	710,9	689,2	612,9	495,6	305,2
1997	144,8	174,9	105,6	121,7	279,5	411,4	466,8	410,7	362,5	427,6	399,6	243,4
1998	92,2	101,4	68,7	155,9	346,9	534,5	693	661,6	618,2	549,8	534,6	441,4
1999	291,1	259,7	306,5	459,6	590,5	609,5	684,4	786,7	812,9	827,4	695	359,4
2000	209,6	165,7	262,7	249,2	355,9	410	504,6	588,3	609,9	607	550,7	419,3
PROMEDIO	214,9	138,3	124,2	195,4	348,3	466,6	538,7	548,8	557,4	584,0	551,0	410,3
MAXIMO	527,9	298,7	318,3	510,8	590,5	670,7	746,4	786,7	812,9	827,4	735,9	643,3
MINIMO	92,2	63,4	48,8	49,1	147,6	301,2	339,7	377,5	355,4	427,6	376,3	243,4

ESTACION LA DOCTRINA

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1991	**170,6**	**105,5**	**131,4**	**109,8**	**313,3**	**495,7**	**493,5**	**467,0**	**428,6**	**517,0**	**415,3**	**312,0**
1992	119,1	42,55	34,39	44,79	246,4	281,1	323,6	498,4	514,1	555,9	473,7	336,6
1993	126,9	68,41	45,61	152,4	413,9	438,2	526,6	462	433,7	470,8	513,6	472,2
1994	160,1	29,06	36,04	138,7	409,3	462,3	471,8	526	610,4	687,7	650,5	491,9
1995	228,1	139,8	128,2	168,5	281,9	432,9	544,5	550,3	583,9	569,3	549,1	383,7
1996	327,7	219,5	318,8	303,6	500,7	588,5	624,4	617,2	608,1	574,2	495,2	311,7
1997	163,8	219,9	176,9	224,6	267,7	408,3	469,1	408,9	370,4	436,6	411	251,8
1998	158,7	196,6	134,3	218,8	342	525,4	603,8	594,5	578,5	543,5	534,9	456,3
1999	312,5	290,5	329,2	446,6	542	550,6	595,6	646,1	663,2	669,4	605,1	364,2
2000	242,6	224,4	281,5	282,7	367,7	463,2	484,2	541,6	555,2	554	513,9	413,7
PROMEDIO	201,0	153,6	161,6	209,1	368,5	464,6	513,7	531,2	534,6	557,8	516,2	379,4
MAXIMO	327,7	290,5	329,2	446,6	542,0	588,5	624,4	646,1	663,2	687,7	650,5	491,9
MINIMO	119,1	29,1	34,4	44,8	246,4	281,1	323,6	408,9	370,4	436,6	411,0	251,8

ESTACION LORICA

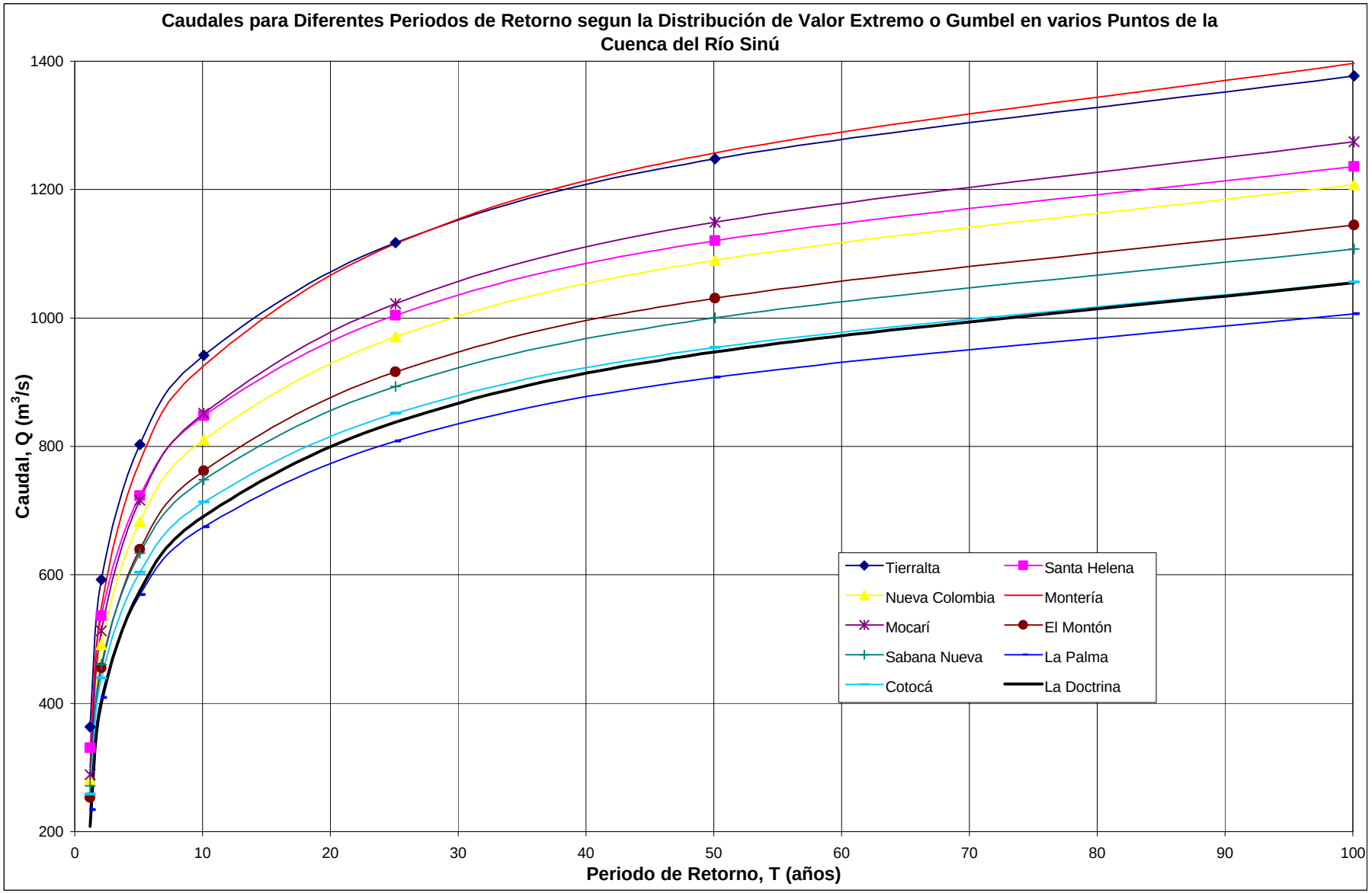
CAUDAL MEDIO MENSUAL (m^3/s)

SERIES SINTETICAS

Los valores en negrilla son los caudales generados sintéticamente.

	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1991	**25,8**	**7,8**	**11,5**	8,7	32,1	101,7	122,9	115,0	71,9	147,9	103,2	**63,2**
1992	**13,1**	**3,6**	5,2	6,6	39,5	45,1	54,3	118,6	128,1	146,3	108,8	71,2
1993	**25,7**	12,5	12,4	33,2	107,3	120,1	159,5	129,2	111,1	126,2	145,3	128,5
1994	**33,4**	**7,6**	**7,3**	**33,5**	**101,2**	**115,0**	**118,9**	**138,1**	**173,7**	**211,6**	**194,0**	**123,3**
1995	**29,4**	**6,7**	**3,4**	**15,9**	**48,8**	**99,3**	**155,2**	**156,9**	**177,8**	**168,4**	**155,0**	**85,2**
1996	**56,1**	**26,8**	**52,5**	**49,8**	148,8	198,4	243,6	220,6	198,8	183,0	128,1	43,8
1997	14,4	18,6	8,9	6,0	17,6	36,4	47,3	35,5	28,2	39,3	36,6	13,7
1998	**2,1**	**2,6**	**1,2**	**5,8**	**26,6**	**60,5**	**99,2**	**90,8**	**79,8**	**63,8**	**60,5**	**42,0**
1999	**19,0**	**15,3**	**21,0**	**45,4**	**73,1**	**77,7**	**96,8**	**126,2**	**134,4**	**139,0**	**99,7**	**28,4**
2000	**10,2**	**6,5**	**15,6**	**14,1**	**27,9**	**36,5**	**54,2**	**72,6**	**77,8**	**77,0**	**64,0**	**38,1**
PROMEDIO	22,9	10,8	13,9	21,9	62,3	89,1	115,2	120,3	118,1	130,3	109,5	63,7
MAXIMO	56,1	26,8	52,5	49,8	148,8	198,4	243,6	220,6	198,8	211,6	194,0	128,5
MINIMO	2,1	2,6	1,2	5,8	17,6	36,4	47,3	35,5	28,2	39,3	36,6	13,7

PROMEDIO ANUAL
67,6
61,7
92,6
104,8
91,8
129,2
25,2
44,6
73,0
41,2


Caudales para Diferentes Periodos de Retorno segun la Distribución de Valor Extremo o Gumbel en varios Puntos de la Cuenca del Río Sinú
Caudal, Q (m3/s)
Periodo de Retorno, T (años)
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Tierralta
Santa Helena
Nueva Colombia
Montería
Mocarí
El Montón
Sabana Nueva
La Palma
Cotocá
La Doctrina

Capitulo 7. INVENTARIO DE USUARIOS Y USOS ACTUALES DE LOS RECURSOS NATURALES

TABLA DE CONTENIDO

7 INVENTARIO DE USUARIOS Y USOS ACTUALES DE LOS RECURSOS NATURALES 6

7.1 INVENTARIO DE LOS USUARIOS Y USOS DEL RECURSO HÍDRICO 6
7.1.1 Inventario de los Usuarios del Recurso Hídrico para Consumo Doméstico 6
7.1.1.1 Identificación de los Usuarios del Recurso Hídrico para Consumo Doméstico 8
7.1.1.2 Identificación de los Municipios que se abastecen del recurso hídrico en la cuenca del río Sinú: 9
7.1.1.3 Identificación de las Empresas prestadoras del servicio de acueducto en la cuenca del río Sinú: ... 11
7.1.1.4 Número de Habitantes Urbanos Abastecidos por el río Sinú. 12
7.1.1.5 Número de habitantes Rurales abastecidos por el río Sinú. 13
7.1.1.6 Identificación de los Suscriptores por uso del servicio de acueducto en la Cuenca del Río Sinú. ... 14
7.1.1.7 Definiciones y Características Generales del Agua Potable 17
7.1.1.8 Demanda del recurso Hídrico para Uso Doméstico 18
7.1.1.9 Evaluación de los Sistemas de Acueducto con respecto a la Oferta, Demanda, Continuidad y Calidad del agua Entregada. 23
7.1.1.10 Características de los Acueductos en la Cuenca del Río Sinú 25
7.1.1.11 Evaluación y Análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Alto Sinú. 26
Sistema de Acueducto del Municipio de Tierralta 27
Sistema de Acueducto del Municipio de Valencia 29
7.1.1.12 Evaluación y análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Sinú Medio 31
Acueducto Regional ERAS S.A. 31
Municipio de San Pelayo. 34
Municipio de Montería 36
7.1.1.13 Evaluación y Análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Bajo Sinú 39
Acueducto Regional ERCAS S.A. 39
Municipio de Cotorra 40
Municipio de Lorica 41
Municipio de San Antero 42
Municipio de San Bernardo del Viento 43
7.1.1.14 Consideraciones sobre la Situación Actual de los Acueductos de la cuenca del Río Sinú 44
7.1.1.15 Conclusiones sobre la Situación Actual de los Acueductos 45
7.1.1.16 Consideraciones sobre las Proyecciones de la Demanda 47
7.1.1.17 Demanda de Agua 49
7.1.1.18 Recomendaciones 51
7.1.2 Inventario de los Usuarios del Recurso Hídrico para Uso Agrícola 52
7.1.2.1 Distrito de Riego Mocarí 53
7.1.2.2 Canales de Drenaje 53
7.1.2.3 Distrito de La Doctrina 54
7.1.2.4 Consideraciones sobre la situación de los distritos de riego. 57
7.1.3 Inventario de Usuarios del Recurso Agua para Uso Industrial 57
7.1.3.1 Características Técnicas Urrá I. 59
7.1.4 Inventario de Usuarios del recurso hídrico Subterráneo 60
7.1.5 Inventario de Usuarios del Recurso Agua Para Navegación 64
7.1.5.1 Descripción de los Sistemas de Transporte Fluvial Existentes en la Cuenca Hidrográfica del río Sinú 65
7.1.5.2 Legalidad de la Prestación del Servicio 68
7.1.5.3 Usuarios del Recurso Hídrico para Navegación 68
7.1.5.4 Conclusiones 69
7.2 INVENTARIO DE LOS USOS Y USUARIOS DE LOS RECURSOS FLORA Y FAUNA 70
7.2.1 Introducción 70
7.2.2 USOS Y USUARIOS DEL RECURSO FLORA 71
7.2.2.1 Fitoplancton 72
7.2.2.2 Flora Terrestre 72
7.2.3 Usos y usuarios del recurso fauna 109

7.2.3.1 Zooplancton 109
7.2.3.2 Invertebrados Acuáticos....110
7.2.3.3 Invertebrados Terrestres....110
7.2.3.4 Peces....111
7.2.3.5 Anfibios....113
7.2.3.6 Reptiles....113
7.2.3.7 Aves 115
7.2.3.8 Mamíferos....123
7.2.4 Otros recursos naturales....127
7.3 INVENTARIO DE USUARIOS DEL RECURSO PESQUERO EN LA CUENCA DEL SINÚ 128
7.3.1 Censo de pescadores de la cuenca.....128
7.4 INVENTARIO DE USUARIOS DEL RECURSO SUELO Y DISCRIMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ECONOMICA QUE HACE USO DEL RECURSO. 133
7.4.1 INTRODUCCIÓN 133
7.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES 134
7.4.3 METODOLOGIA....134
7.4.3.1 Inventario de usuario del recurso del suelo. 135
7.4.3.2 Descripcion de la actividad economica que hace uso del recurso suelo 138
Actividad Agrícola 138
Actividad Pecuaria. 142
Pisicultura....143
ZOOCRIA....143
BOSQUE PLANTADO....144
7.4.4 CONCLUSIONES....146
7.5 DOCUMENTOS REFERENCIADOS 148

ANEXOS....149

INDICE DE TABLAS

TABLA NO. 1 IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO DOMESTICO 10
TABLA NO.2 HABITANTES URBANOS ABASTECIDOS POR EL RÍO SINÚ CON BASE EN LA COBERTURA DE REDES 13
TABLA NO. 3 ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA 14
TABLA NO. 4 SUSCRIPTORES DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO 16
TABLA NO. 5 DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO PARA USO DOMESTICO 22
TABLA NO. 6 COBERTURAS MÍNIMAS 23
TABLA NO. 7 EVALUACIÓN DE LAS COBERTURAS URBANAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO 23
TABLA NO. 8 CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO POR CATEGORÍA DE CIUDADES PROMEDIO HORAS DE SERVICIO DIARIO / 24 HORAS 24
TABLA NO. 9 COBERTURA DE MICROMEDICIÓN EN ACUEDUCTOS 24
TABLA NO. 10 COBERTURA EN REDES EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 26
TABLA NO. 11 DÉFICIT DE OFERTA CON RESPECTO A LA DEMANDA EN LA CUENCA EL RÍO SINÚ 48
TABLA NO. 12 INVENTARIO DE ALJIBES EN LA ZONA DE MONTERÍA 62
TABLA NO. 13 INVENTARIO DE POZOS EN LA ZONA DE MONTERÍA 63
TABLA NO. 14. USOS DE LA FLORA EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ. 73
TABLA NO. 15. USOS DE ESPECIES NO IDENTIFICADAS REPORTADAS POR LOS ESTUDIOS 95
TABLA NO. 16 USOS DE ESPECIES NO IDENTIFICADAS MENCIONADAS POR LA COMUNIDAD 97
TABLA NO. 17 PRODUCTOS Y VALORES DE ALGUNAS ESPECIES DE FLORA 100
TABLA NO. 18. PRECIOS DE COMPRA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE MANGLE. CAÑO LOBO (SAN ANTERO) EN 2001. 102
TABLA NO. 19 ESTIMATIVO DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE MANGLE, CON BASE EN REGISTROS DE 14 Y 12 DÍAS . CAÑO LOBO (SAN ANTERO) EN 2001. 102
TABLA NO. 20 APROVECHAMIENTO FORESTAL PERMISIONADO EN LAS SUBSEDES UBICADAS DENTRO DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ (TOMADO DE INFORME ESTADÍSTICO 2002 - CVS) 103
TABLA NO. 21 NÚMERO DE USUARIOS POR ESPECIE PARA APROVECHAMIENTOS REGISTRADOS DE CLASE DOMÉSTICO Y ÁRBOLES AISLADOS EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ (FUENTE: INFORME ESTADÍSTICO 2003 - CVS) 108
TABLA NO. 22 NÚMERO DE USUARIOS DE INVERTEBRADOS MARINOS EN LA ZONA DELTAICO-ESTUARINA DEL RÍO SINÚ 110
TABLA NO. 23 ALGUNAS ESPECIES DE INSECTOS USADOS COMO CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS 111
TABLA NO. 24 ESPECIES DE PECES REPORTADAS EN LAS CAPTURAS EN LOS SITIOS DE DESEMBARCO EN LA ZDERS (ADAPTADO DE INVEMAR, 2001; NO SE INCLUYEN ESPECIES COSTERAS). 112
TABLA NO. 25 USOS, PRODUCTOS Y VALORES (ALGUNOS LUGARES) PARA LOS REPTILES EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 113
TABLA NO. 26 USUARIOS DEL RECURSO REPTILES EN ALGUNOS LUGARES DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 114
TABLA NO. 27 REPTILES DECOMISADOS EN EL AÑO 2002 (FUENTE INFORME ESTADÍSTICO 2002 - CVS) 115

TABLA NO. 28 USOS, PRODUCTOS Y VALORES (ALGUNOS LUGARES) PARA LAS AVES EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 116
TABLA NO. 29 USUARIOS DEL RECURSO AVES EN ALGUNOS LUGARES DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 122
TABLA NO. 30 AVES DECOMISADAS EN EL AÑO 2002 (FUENTE INFORME ESTADÍSTICO 2002 - CVS) 122
TABLA NO. 31 USOS, PRODUCTOS Y VALORES (ALGUNOS LUGARES) PARA LOS MAMÍFEROS EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 123
TABLA NO. 32 USUARIOS 126
TABLA NO. 33 MAMÍFEROS DECOMISADOS EN EL AÑO 2002 (FUENTE INFORME ESTADÍSTICO 2002 - CVS) 126
TABLA NO. 34 MUNICIPIOS PERTENECIENTES A CADA SUBREGIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SINÚ. 135
TABLA NO.35 INVENTARIO DE USUARIOS DEL RECURSO SUELO, SECTOR RURAL. EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ, AÑO 2003 136
TABLA NO. 36 INVENTARIO DE USUARIOS DEL RECURSO SUELO, SECTOR URBANO. EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ, AÑO 2003 137
TABLA NO. 37 NÚMERO DE USUARIOS DEL RECURSO SUELO, NUMERO DE PROPIETARIOS Y SUPERFICIES, URBANAS Y RURALES. 138
TABLA NO. 38 AREAS PLANTADAS EN LA CUENCA CON LOS DIFERENTES CULTIVOS TRANSITORIOS. 139
TABLA NO. 39 CULTIVOS SEMIPERMANENTES Y PERMANENTES EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ. 141
TABLA NO. 40 ÁREA TOTAL EN HAS. PLANTADAS CON LOS DIFERENTES CULTIVOS TRANSITORIOS, SEMIPERMANENTES Y PERMANENTES, EN LA CUENCA 142
TABLA NO. 41 ÁREAS DEDICADAS A LAS ACTIVIDADES PECUARIAS, PISCÍCOLAS DE ZOOCRIA Y PLANTACIONES FORESTALES UBICADAS EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ. .. 145

INDICE DE FIGURAS

FIGURA NO. 1 RÍO SINÚ 12
FIGURA NO. 2 BARCAZA FLOTANTE 28
FIGURA NO. 3 PLANTA ACUEDUCTO REGIONAL ERAS 33
FIGURA NO. 4 CAPTACIÓN – BARCAZA FLOTANTE SAN PELAYO 34
FIGURA NO. 5 PLANTA SIERRA CHIQUITA NUEVA 37
FIGURA NO. 6 PORCENTAJES DE DEMANDA POR USO CON RESPECTO AL SECTOR 50
FIGURA NO. 7 DEMANDA DE CAUDAL AGUAS ABAJO DE LA PRESA URRÁ 50
FIGURA NO. 8 EMBALS E URRÁ 59
FIGURA NO. 9 REPRESENTACIÓN PORCENTUAL DE LOS USOS DADOS A LA FLORA EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ. 95
FIGURA NO. 10 REPRESENTACIÓN PORCENTUAL DE LOS USOS DADOS A LA FLORA NO IDENTIFICADA EN LAS ENCUESTAS. 100
FIGURA NO. 11 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS PRODUCTOS Y USOS DE LOS REPTILES EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 114
FIGURA NO. 12 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS USOS Y PRODUCTOS PARA LAS AVES EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 120
FIGURA NO. 13 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS USOS Y PRODUCTOS PARA LOS MAMÍFEROS EN LA CUENCA DEL RÍO SINÚ 125

7 INVENTARIO DE USUARIOS Y USOS ACTUALES DE LOS RECURSOS NATURALES

El presente capítulo permite un acercamiento a la identificación de los usuarios y usos actuales de los recursos naturales existentes en la cuenca hidrográfica del río Sinú, el informe se estructuró de acuerdo con el recurso natural en análisis. Es importante mencionar que dado el tamaño de la cuenca el nivel de detalle es bastante general y gran parte de la información es tomada de otros estudios y en distintas entidades.

Por ejemplo, dentro del inventario de los usuarios y usos del recurso hídrico se parte de la información de las empresas de servicios públicos existentes en los municipios de la cuenca del río Sinú. A partir de alli y complementado con un trabajo de campo riguroso se hace una descripción detallada de estos usuarios y de los sistemas de acueducto existentes en dichos municipios.

El análisis de los usuarios y los usos permite dar claridad del estado de la demanda ambiental existente en la cuenca hidrográfica del río Sinú, a continuación se presentan los resultados encontrados:

7.1 INVENTARIO DE LOS USUARIOS Y USOS DEL RECURSO HÍDRICO

7.1.1 Inventario de los Usuarios del Recurso Hídrico para Consumo Doméstico.

Las condiciones atmosféricas, geológicas y morfológicas del territorio nacional que explican la abundancia hídrica hace que Colombia sea uno de los países privilegiados en el contexto mundial por su oferta ambiental, que lo ubica entre los tres (3) más ricos en biodiversidad, en términos de ecosistemas, especies y genes con cerca del 12% del total mundial, así mismo está entre los cuatro (4) países más ricos en oferta hídrica con 57.000 metro3/hab-año.(Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC- 2002).

Sin embargo la capacidad de aprovechamiento de esta relativa abundancia hídrica está determinada por la creciente demanda del recurso, la contaminación y las limitaciones temporales y espaciales que presentan los diferentes regímenes hídricos del país. Por lo tanto esta cifra estaría en condición de disminución

acelerada sin el conocimiento y la información sobre las causas que deterioran la disponibilidad del recurso hídrico en cada una de sus cuencas. A lo anterior podemos mencionar la falta de información con respecto a la identificación de los usuarios, características, necesidades y demanda del mismo.

En el diagnóstico de los usuarios del recurso hídrico para consumo doméstico, inicialmente se describe en forma generalizada la población actual beneficiada [año 2003 según proyección del Dane], la estratificación en cada municipio, la proyección de la demanda al año 2012 con el fin de coincidir con el PGAR de la C.V.S., seguidamente se evalúa la estructura de los sistemas de acueductos con respecto a la oferta, demanda, continuidad y calidad del agua entregada.

Marco Legal.

Si bien el término Usuario es ampliamente utilizado, se mencionan algunos de los artículos de la legislación ambiental vigente, en los cuales se define el sujeto que con sus actuaciones está obligado al cumplimiento de las normatividad.

Del Congreso de la República.- Ley 09 de 1979. ART. 7° -Todo usuario de las aguas deberá cumplir, además de las disposiciones que establece la autoridad encargada de administrar los recursos naturales, las especiales que establece el Ministerio de Salud

De la Presidencia de la República.- Decreto 1594 de 1984. ART. 7º -Es usuario toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso hídrico o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso hídrico.

ART. 29.—Para los efectos del presente decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua, sin que su enunciado indique orden de prioridad:
a) Consumo humano y doméstico; b) Preservación de flora y fauna;
c) Agrícola; d) Pecuario;
e) Recreativo; f) Industrial;
g) Transporte;
ART. 30.—Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades como:
a) Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
b) Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.

c) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
d) Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

ART. 52.—Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su renovación, así como las relacionadas con el uso agrícola de aguas servidas, requieren autorización previa del Ministerio de Salud o de la entidad en quien éste delegue, sin perjuicio de la competencia que le confiere el artículo 4º de la Ley 9ª de 1979. También se requiere dicha autorización cuando los usos a que se refiere el inciso anterior formen parte de uno múltiple. PAR.—Las concesiones de agua para consumo humano y doméstico o su renovación, con caudal inferior a 0.1 litro por segundo no requieren autorización del Ministerio de Salud.

La Constitución de 1991, introdujó principios básicos en relación con la naturaleza de los servicios públicos, el papel de los sectores públicos y privado, los deberes y derechos de los usuarios y los costos y los subsidios, el inciso segundo del artículo 365 de la C.P. afirma:"Los Servicios públicos ... podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o particulares. En todo caso "el estado mantendrá la regulación, el control y vigilancia de dichos servicios".

De igual manera, el artículo 367 establece: "Los Servicios Públicos Domiciliarios se presentarán directamente por cada municipio, cuando las condiciones técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación.

En el marco de la C.P. el congreso expidió la ley 142 de 1994 mediante la cual se estableció un régimen tarifario para los servicios públicos domiciliarios, basados en principios de eficiencia económica, suficiencia financiera y redistribución de ingresos. Además se paso a las empresas de servicios públicos al régimen de derecho privado y se incentivo a que se conviertan en entidades por acciones, con el fin de procurar mayor autonomía administrativa, financiera, para hacerlas más ágiles y eficientes.

7.1.1.1 Identificación de los Usuarios del Recurso Hídrico para Consumo Doméstico

Teniendo en cuenta las definiciones establecidas en el marco legal se concluye que para la cuenca del río Sinú, los usuarios del recurso hídrico para consumo

doméstico lo componen en su totalidad las empresas prestadoras del servicio de acueducto y/o asociaciones comunitarias.

7.1.1.2 Identificación de los Municipios que se abastecen del recurso hídrico en la cuenca del río Sinú:

Los municipios son

Tierralta	San Carlos	Sahagún	Chimá
Valencia	Ciénaga de Oro	Lorica	Cotorra
Montería	San Pelayo	Purísima	San Antero
Cereté	San Andrés de Sotavento	Momíl	San Bdo del Viento

Incluyen todos los acueductos de los municipios cuyas cabeceras urbanas están ubicadas a orillas del río Sinú, y otros que se encuentran alejados del río y aquellos que pertenecen a los acueductos regionales ERAS S.A.E.S.P., y ERCAS S.A.E.S.P. Algunos corregimientos se encuentran distantes de la rivera y captan agua superficial directamente del río.

Algunos corregimientos como Palmira en Tierralta, se abastecen de otra fuente superficial distinta al río, en este caso particular se capta agua superficial directamente de la quebrada Las Cuevas que luego desemboca en la quebrada Juy, afluente del Río Sinú.

Otros corregimientos como Mata maíz en Valencia capta agua superficial por medio de embalses.

En la zona rural los corregimientos y/o veredas como los Morales en Tierralta, La Ye en Sahagún, que cuentan con acueducto y no son abastecidos por sus cabeceras urbanas y los acueductos en los municipios de Sahagún y San Andrés de Sotavento adicionalmente a la dotación de agua superficial, captan agua subterránea por medio de pozos profundos.

SUREGION		MUNICIPIO	USUARIOS DEL RECURSO HIDRICO										
			NOMBRE	DE CARACTER	ACUEDUCTO ABASTECE POBLACION		CAPTA AGUA CRUDA EN			CAPTACION UBICACIÓN GEOGRAFICA		
							FUENTE	NOMBRE	TIPO DE CAPTACIÓN	SITIO	LOCALIZACION	
					URBANA	RURAL					N	E
ALTO SINU		TIERRALTA	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	PUBLICO	X		SUPERFICIAL	RIO SINU	Barcaza Flotante	MADRE VIEJA	8° 9´48,1´´	76° 04´23,7´´
		VALENCIA	EMPOVALCO	PUBLICO	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Barcaza Flotante	A ORILLA DEL RIO - PUERTO NUEVO	8° 15´10,9´´	76°04´0,4´´
SINU MEDIO		MONTERIA	PROACTIVA S.A.	PRIVADO	X		SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO - SIERRA CHIQUITA		
									Barcaza Flotante	A ORILLA DEL RIO - MOCARI	8° 48´26,95´´	75° 51´ 40,34´´
									Barcaza Flotante	A ORILLA DEL RIO - MARGEN IZQUIERDA		
									Barcaza Flotante	A ORILLA DEL RIO - LAS IGUANAS		
		CERETE	REGIONAL ERAS S.A.	MIXTA	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO - CAÑO LARA	8° 52´45,5´´	75° 49´56,0´´
		SAN CARLOS			X	X	ABASTECIDO POR EL REGIONAL ERAS S.A. - UBICADO EN CERETE					
		CIENAGA DE ORO			X	X	ABASTECIDO POR EL REGIONAL ERAS S.A. - UBICADO EN CERETE					
		SAN PELAYO	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	PUBLICO	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Barcaza Flotante	ORILLA DEL RIO	8° 58´13,5´´	75° 50´25,1´´
BAJO SINU	ZONA SINU SABANAS	SAN ANDRES DE SOTAVENTO	REGIONAL ERCA S.A.	MIXTA	X		SUBTERRANEA	POZO N°		CORREGIMIENTO PALMITAL (CHINU)		
								POZO N°				
								POZO N°				
					X		SE ABASTECE DE ERCAS S.A. CON CAPTACION Y PLANTA UBICADAS EN LORICA					
		SAHAGUN	REGIONAL ERAS S.A.	MIXTA	X	X	SUBTERRANEA	POZO N°				
								POZO N°				
								POZO N°				
								POZO N°				
								POZO N°				
							SE ABASTECE DE ERAS S.A. CON CAPTACION Y PLANTA UBICADAS EN CERETE					
	SINU CIENAGAS	LORICA	ASLO S.A.	MIXTA	X		SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO	9° 14´6,4´´	75° 48´42,7´´
		PURISIMA	REGIONAL ERCA S.A.	MIXTA	X	X	ABASTECIDO POR EL REGIONAL ERCAS S.A. - UBICADO EN LORICA					
		MONMIL			X	X	ABASTECIDO POR EL REGIONAL ERCAS S.A. - UBICADO EN LORICA					
		CHIMA			X	X	ABASTECIDO POR EL REGIONAL ERCAS S.A. - UBICADO EN LORICA					
		COTORRA	J.A.S.P. CORPOSINU	PUBLICA	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO - CORREGIMIENTO LOS MORALES (LORICA)	9°04´27,9´´	75°49´57,4´´
	SINU COSTANERO	SAN ANTERO	ACUESAN	PUBLICA	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO (EN LORICA)	9° 13´ 26,32´´	75° 40´ 09,36´´
		SAN BERNARDO DEL VIENTO	ACUALSAN	PUBLICA	X	X	SUPERFICIAL	RIO SINU	Estación de bombeo	A ORILLA DEL RIO	9° 20´33,32´´	75° 57´08,22´´

Tabla No. 1 Identificación de los Usuarios del Recurso Hídrico para Consumo Domestico

7.1.1.3 Identificación de las Empresas prestadoras del servicio de acueducto en la cuenca del río Sinú:

El servicio de acueducto que abastece a las zonas urbanas de los municipios mencionados y algunos de sus corregimientos, es prestado por 10 empresas y del total de esas empresas:

- Son de Carácter,

Público	6 empresas
Mixta	3 empresas
Privada	1 (Proactiva S.A.)

- Captan Agua,

Superficial del río Sinú	*8 empresas*
Subterránea adicional a la del río Sinú	2 empresas (Sahagún y San Andrés de sotavento)
Con bombeo	Todas las empresas
De Embalse o Represa	Ninguna

- Utilizan para las Captaciones,

Barcaza Flotantes	3 empresas (Tierralta, Valencia y San Pelayo)
Estaciones de Bombeo	6 empresas
Combinan Barcazas y Estaciones	1 (Proactiva S.A.)
Estructuras a Gravedad	Ninguna

- Ubican las Captaciones directamente en

La orilla del Río	9 empresas
Sitios distintos a la Orilla - Madre vieja	1 (Tierralta)

- Abastecen

A la zona Urbana exclusivamente	2 empresas (Tierralta y Montería)
A la zona Urbana y parte de la zona Rural	7 empresas
A su Jurisdicción y otro Municipio	1 (Corposinú que abastece al municipio de Cotorra)

- Son Acueductos Regionales

ERAS S.A. Lo conforman los municipios de Cereté, San Carlos, Ciénaga de Oro y Sahagún

ERCAS S.A. Lo conforman los municipios de Purísima, Momil, Chimá y San Andrés de Sotavento
CORPOSINU. Lo conforman varios Corregimientos del sur del municipio de Lórica

Figura No. 1 Río Sinú



Fuente: POT - Tierralta

7.1.1.4 Número de Habitantes Urbanos Abastecidos por el río Sinú.

Los habitantes Urbanos abastecidos con el recurso hídrico para consumo doméstico corresponden a los habitantes de las cabeceras de cada municipio que conforman la cuenca, teniendo en cuenta la cobertura en redes del acueducto que presta el servicio en dicho sector urbano.

A continuación en la Tabla No. 2, se muestra la descripción completa de los habitantes abastecidos por el río Sinú para consumo doméstico municipio por municipio y la cobertura en redes del acueducto.

Tabla No.2 Habitantes Urbanos abastecidos por el río Sinú con base en la Cobertura de

Subregión Cuenca	Municipio	Población año 2003			Acueducto Urbano cobertura en redes (%)
		Sector Urbano	sector Rural	habitantes urbanos abastecidos por rio Sinú	
Alto Sinú	TIERRALTA	45.070	67.606	40.563	90
	VALENCIA	10.402	16.691	9.882	95
Sinú Medio	MONTERIA	326.184	75.907	228.329	70
	CERETE	53.086	34.211	50.432	95
	SAN CARLOS	3.364	13.900	3.196	95
	CIENAGA DE ORO	17.731	21.649	16.844	95
	SAN PELAYO	5.518	30.652	4.966	90
Sinú Sanabas	SAN ANDRES DE SOTAVENTO	6.320	40.993	5.688	90
	SAHAGUN	55.983	75.764	53.184	95
Sinú Ciénagas	LORICA	38.929	85.562	36.983	95
	COTORRA	4.602	13.163	4.280	93
	PURISIMA	6.766	8.611	5.548	82
	MOMIL	6.497	4.093	6.107	94
	CHIMA	2.720	8.821	2.584	95
Sinú Costanero	SAN ANTERO	11.396	7.779	10.256	90
	SAN BERNARDO DEL VIENTO	8.638	20.353	8.206	95

Redes

Fuente: para población, Dane [Proyección Censo 1993] – POT de Tierralta y Montería

7.1.1.5 Número de habitantes Rurales abastecidos por el río Sinú.

Para el sector rural de los municipios mencionados, no fue posible consolidar la información debido a que en las empresas correspondientes no se cuenta con la información certera sobre número de habitantes, número de suscriptores reales, potenciales, abastecidos, catastro y cobertura física de las redes, etc.

Adicionalmente en muchos casos se encontró desprendimiento de la empresa con el sector rural debido a la falta del servicio originando la suspensión de la

facturación, el mal estado o la falta de mantenimiento y operación de las redes y conducciones que abastecen al sector. También se encontró que en algunos corregimientos o veredas existe algún tipo de asociación comunitaria que se encargan de operar y administrar el incompleto sistema que consiste en una estación de bombeo de agua cruda e impulsar sin tratamiento hasta las viviendas directamente o a piletas públicas, lo que no constituye bajo la reglamentación vigente sistema de acueducto.

7.1.1.6 Identificación de los Suscriptores por uso del servicio de acueducto en la Cuenca del Río Sinú.

El suscriptor es la persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio, a este último se denomina también consumidor (Decreto 475/98).
En la cuenca del río Sinú podemos generalizar que las empresas de acueducto categorizan a los suscriptores por el uso a que se destine el agua potable.

- Uso Residencial- representa las viviendas
- Uso Oficial o Público- representa los edificios del estado, parques etc.
- Uso Institucional- representa los Hospitales, Cárceles etc.
- Uso Comercial- representa los Establecimientos Comerciales
- Uso Industrial- representa industrias como Mataderos, Embotelladoras, fabricas de Hielo etc.

También se puede generalizar que las empresas de acueducto para la facturación, establecen que las tarifas del servicio están basadas y acorde con la estratificación socioeconómica de la población que se muestra a continuación.

Tabla No. 3 Estratificación Socioeconómica

Estrato	Nivel Socioeconómico
Estrato 1	Bajo – Bajo
Estrato 2	Bajo
Estrato 3	Bajo – Medio
Estrato 4	Medio
Estrato 5	Medio – Alto
Estrato 6	Alto

Fuente: Ministerio de Hacienda

Según la información recopilada en cada una de las empresas; en la cuenca del río Sinú los suscriptores urbanos se distribuyen así:

- Los suscriptores del Estrato 2, representan el 39.16% del total.
- Los suscriptores del Estrato 1, representan el 32.36% del total
- Los suscriptores del Estrato 3, representan el 16.96% del total
- Los suscriptores Comerciales, representan el 5.09% del total
- Los suscriptores del Estrato 4, representan el 3.37% del total
- Los suscriptores del Estrato 5, representan el 1.62% del total
- Los suscriptores del Estrato 6, representan el 0.77% del total
- Los suscriptores Institucionales, representan el 0.62% del total
- Los suscriptores Industriales, representan el 0.05% del total
- El total de suscriptores de acueducto en la cuenca del río Sinú es de 93.608

En forma generalizada en la cuenca del río Sinú el mayor número de suscriptores urbanos se encuentran registrados en los estratos 1 y 2 que representan el 71.5.% del total.

Tabla No. 4 Suscriptores del Servicio de Acueducto

Municipio	Empresa	Suscriptores Urbanos AÑO 2003									
		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Estrato comercial	Estrato Ofcial	Estrato Industrial	Total suscriptores
TIERRALTA	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	871	2.994	1.464	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	31	No Hay	5.360
VALENCIA	EMPOVALCO	172	1.073	1.305	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	60	No Hay	2.610
MONTERIA	PROACTIVA S.A.	16.812	15.905	6.980	1.801	1.512	724	3.973	291	35	48.033
CERETE	ACUEDUCTO REGIONAL ERAS S.A.	605	4.036	1.805	596	8	No Hay	438	75	No Hay	7.563
SAN CARLOS		358	642								1.000
CIENAGA DE ORO		1.264	1.488	244	37	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	3.033
SAHAGUN		1.812	3.471	1.405	491	No Hay	No Hay	62	42	1	7.284
SAN PELAYO	EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	1.639	876	183		No Hay	No Hay	31	16	No Hay	2.745
LORICA	ASLO S.A.	2.374	2.558	1.763	137	No Hay	No Hay	251	59	14	7.156
SAN ANDRES DE SOTAVENTO	ACUEDUCTO REGIONAL ERCA S.A.		842	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	842
PURISIMA		452	815	363							1.630
MONMIL		435	715								1.150
CHIMA		380	80	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	460
COTORRA	J.A.S.P. CORPOSINU	605		No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	605
SAN ANTERO	ACUESAN	1.646	468	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	2.114
SAN BERNARDO DEL VIENTO	ACUALSAN	865	695	363	89	No Hay	No Hay	7	4	No Hay	2.023
TOTALES		30.290	36.658	15.875	3.151	1.520	724	4.762	578	50	93.608
PORCENTAJES		32,36%	39,16%	16,96%	3,37%	1,62%	0,77%	5,09%	0,62%	0,05%	100,00%

7.1.1.7 Definiciones y Características Generales del Agua Potable

Con base en el decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud, por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable a continuación se describen algunas de las definiciones y características con respecto a la calidad que debe tener el agua que entregan las empresas de acueducto a sus suscriptores

- AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.

- AGUA POTABLE: Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.(Decreto 475/98)

- AGUA SUMINISTRADA: El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.

- Dentro de los requerimientos de agua para satisfacer las necesidades del ser humano se encuentran entre otras; agua para: Preparación de Alimentos, Aseo Personal, Baño, Lavado de ropa, agua para Uso de instalaciones sanitarias. Etc.

- El valor admisible del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución de agua potable, deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/litro.

- Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, ejercerán la vigilancia sobre la Calidad del Agua Potable como parte de las acciones del Plan de Atención Básica PAB en su jurisdicción, y tomarán las medidas preventivas y correctivas necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones del presente decreto.

- El Ministerio de Salud definirá los instrumentos y procedimientos para realizar la vigilancia en salud pública de la calidad del agua.

Los criterios organolépticos y físicos de la calidad del agua potable son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	≤15
Olor y Sabor		Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT)	≤5
Sólidos Totales	Mg/L	≤500
Conductividad	Micromhos/cm	500 – 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

De acuerdo con la Constitución de 1991, El Estado debe garantizar a la comunidad la prestación de los servicios públicos domiciliarios. Por lo tanto de acuerdo con lo anterior, en el uso del recurso agua se deben establecer enfoques, métodos y procedimientos para abordar una problemática específica en la búsqueda de las soluciones que faciliten de derecho constitucional. Algunas estadísticas de orden nacional[1] indican que la cobertura del servicio de acueducto en la zona urbana del país alcanzó el 94% en el año 1997 y el 76% de la población recibe agua tratada (Plan Nacional de desarrollo 1998-2002).

7.1.1.8 Demanda del recurso Hídrico para Uso Doméstico

Para el cálculo de la demanda del recurso hídrico para consumo doméstico, se plantea proyectar la población al año 2012 para coincidir con el PGAR de la corporación C.V.S., seguidamente se acogió la metodología establecida en los Títulos B y D del RAS 2000, así:

- Población acorde con los Censos: En cada municipio se adoptan los valores validados por el DANE a excepción de Tierralta y Montería en los cuales se adoptó los valores validados por sus respectivos P.O.T.

- Proyección de la Población: Se adopta proyectar la población hasta el año 2012.

- Tasa de Crecimiento: Se adoptó la tasa de crecimiento utilizada por el DANE entre 1993 al 2003

[1] Plan Nacional de desarrollo 1998 – 2002: bases del cambio para construir la paz

- Método de Cálculo: Se adopta para el cálculo de la proyección la ecuación geométrica, $P_f = P_i (1+r)^n$

- Nivel de Complejidad: Se adopta por el criterio de Población – la tabla A.3.1 del RAS 2000

Nivel de Complejidad	Población en la zona Urbana	Capacidad Económica de los Usuarios
Bajo	< 2.500	
Medio	De 2501 a 12.500	
Medio – Alto	De 12.501 a 60.000	
Alto	> 60.000	

- Dotación Neta para uso residencial: Por ser el número de suscriptores residenciales mayor del 90% RAS B:2.6, se adopta la tabla B.2.2 del RAS 2000

Nivel de Complejidad	Dotación Neta Mínima Litros / Hab- Día	Dotación Neta Máxima Litros / Hab- Día
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio – Alto	130	-
Alto	150	-

Adicionalmente teniendo en cuenta el clima para la variación de la Dotación Neta se adopta la tabla B:2.3 del RAS 2000

Nivel de Complejidad	Clima Cálido (>28° C)	Clima templado (entre 20° a 28°C)	Clima Frío (menos de 20° C)
Bajo	+15%	+10%	NO hay corrección
Medio	+15%	+15%	
Medio – Alto	+20%	+15%	
Alto	+20%	+15%	

- Dotación Bruta: Se adopta las pérdidas establecidas en la tabla B.2.4 del RAS 2000

Nivel de Complejidad	% de Pérdidas
Bajo	40%
Medio	30%
Medio – Alto	25%
Alto	20%

y se calcula la dotación bruta utilizando la ecuación EC. B.2.1 del RAS 2000. Así:

$$\text{Dotación Bruta} = \frac{\textit{dotac.}\ \text{Neta}}{1 - \%\ \text{pérd.}} \quad \text{EC. B.2.1}$$

- Cálculo de la Demanda: Se adopta lo estipulado en el capitulo B.2.7 del RAS,

$$Qmd = \frac{Ps * \textit{dotac.}\ \text{Bruta}}{86.400}$$

Qmd – Caudal Medio Diario (l/s)
Ps – Número de habitantes al año 2012
dotac. Bruta – Dotación Bruta en (l/ hab – día)
Factor de corrección (seg/día)

Con la metodología descrita, se muestran en la Tabla No. 5, los valores de la demanda del recurso hídrico para consumo doméstico en la zona urbana de cada uno de los municipios que conforman la cuenca del río Sinú, y captan directamente de Río.

En resumen la Demanda de caudal del Recurso Hídrico, para uso doméstico con una población proyectada al año 2012 de 841.984 habitantes como caudal medio diario es de (2.157 lt / seg.) o 2.2 m3/seg.

Si comparamos la demanda de 2.2 m3/seg con la oferta de 75.0 m3/seg., que corresponde al caudal ecológico mínimo que debe garantizar la empresa URRA S.A. por operación de la presa, contamos con una oferta de caudal superior a la demanda. Sin embargo el caudal de oferta no es exclusivamente el único criterio a tener en cuenta también se deben analizar los criterios de Calidad del recurso para el Uso al cual se destine.

Con los datos recopilados podemos cuantificar que en la Cuenca del río Sinú en:

- La Subregión del Alto Sinú, al año 2003 tiene 7.970 suscriptores de acueducto y al año 2012 una demanda Media Diaria de 247 l/s.
- La Subregión del Sinú Medio, al año 2003 tiene 62.374 suscriptores de acueducto y al año 2012 una demanda Media Diaria proyectada de 1477 l/s.
- La Subregión del Sinú Sabanas, al año 2003 tiene 8.126 suscriptores de acueducto y al año 2012 una demanda Media Diaria proyectada de 209 l/s.

- La Subregión del Sinú Ciénagas, al año 2003 tiene 11.001 suscriptores de acueducto y al año 2012 una demanda Media Diaria proyectada de 169 l/s.
- La Subregión del Sinú Costanero, al año 2003 tiene 4.137 suscriptores de acueducto y al año 2012 una demanda Media Diaria proyectada de 54 l/s.

Subregión Cuenca	Municipio	Población Urbana en el		tasa de Crecimiento	Población Urbana Proyectada al	Nivel de Complejidad	Dotación Neta Mínima	Dotación Neta con Variación por clima cálido	Más pérdidas del Sistemas	Dotación Bruta	Demanda media diaria Actual Qmd	Demanda media diaria proyectada Qmd
		1995	2003	%	2012		lt / hab-día	lt / hab-día	%	lt / hab-día		l/s
Alto Sinú	TIERRALTA	25.722	45.070	7,26%	84.707	Alto	150	180	20%	225	117	221
	VALENCIA	9.319	10.402	1,38%	11.772	Medio	120	138	30%	197	24	27
	Subtotal											
Sinú Medio	MONTERIA	232.510	326.184	4,32%	477.377	Alto	150	180	20%	225	849	1243
	CERETE	44.317	53.086	2,28%	65.042	Alto	150	180	20%	225	138	169
	SAN CARLOS	2.981	3.364	1,52%	3.854	Medio	120	138	30%	197	8	9
	CIENAGA DE ORO	17.880	17.731	-0,10%	17.565	Medio - Alto	130	156	25%	208	43	42
	SAN PELAYO	5.200	5.518	0,74%	5.899	Medio	120	138	30%	197	13	13
Sinú Sanabas	SAN ANDRES DE SOTAVENTO	4.990	6.320	3,00%	8.244	Medio	120	138	30%	197	14	19
	SAHAGUN	44.177	55.983	3,00%	73.076	Alto	150	180	20%	225	146	190
Sinú Ciénagas	LORICA	32.997	38.929	2,09%	46.886	Medio - Alto	130	156	25%	208	94	113
	COTORRA	3.230	4.602	4,52%	6.853	Medio	120	138	30%	197	11	16
	PURISIMA	5.670	6.766	2,23%	8.254	Medio	120	138	30%	197	15	19
	MOMIL	6.632	6.497	-0,26%	6.348	Medio	120	138	30%	197	15	14
	CHIMA	2.429	2.720	1,42%	3.089	Medio	120	138	30%	197	6	7
Sinú Costanero	SAN ANTERO	10.430	11.396	1,11%	12.590	Medio - Alto	130	156	25%	208	27	30
	SAN BERNARDO DEL VIENTO	7.307	8.638	2,11%	10.427	Medio	120	138	30%	197	20	24
TOTALES		455.791	603.206	3,56%	**841.984**							**2.157**

Tabla No. 5 Demanda del Recurso Hídrico para Uso Domestico

7.1.1.9 Evaluación de los Sistemas de Acueducto con respecto a la Oferta, Demanda, Continuidad y Calidad del agua Entregada.

Teniendo en cuenta los criterios básicos, con respecto a las coberturas, que deben cumplir los sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Recolección de Sólidos, podemos generalizar que en la cuenca del río Sinú los Servicios Públicos Domiciliarios de Saneamiento Básico y Agua Potable, se encuentran por debajo de los porcentajes que se exigen.

Tabla No. 6 Coberturas Mínimas

Nivel de Complejidad	Cobertura Mínima Acueducto %	Cobertura Mínima Micromedición %	Cobertura Mínima Macromedición %	Rezago del Alcantarillado al Acueducto %	Cobertura Mínima Recolección Desechos Sólidos %
Bajo	95	100	100	10	95
Medio	90	100	100	10	85
Medio – Alto	90	100	100	15	85
Alto	85	100	100	15	85

Fuente: RAS 2000

Entre 1990 y 1997, la cobertura nacional del servicio de acueducto se ha incrementado en 6.9 puntos porcentuales, al pasar de un 85.5% al 93.5% de las conexiones potenciales. De las coberturas de los servicios en la zona rural no se tiene información reciente, pero se considera que han tenido retroceso. (DGAPSB - Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico - Retos y Resultados pag 38)

Grupo	1990		1997		1999		2000	
	Acu	Alc	Acu	Alc	Acu	Alc	Acu	Alc
4 Grandes Ciudades	94,1%	86,9%	95,5%	89,1%	97,2%	92,4%	98,2%	93,4%
Ciudades Mayores de 100 mil hab.	80,0%	74,8%	94,2%	77,7%	96,1%	84,2%	96,4%	85,5%
Resto de Municipios	83,2%	51,4%	91,0%	71,3%	90,0%	67,9%	91,3%	71,1%
Ponderado Zona Urbana	86,5%	72,1%	93,5%	80,3%	94,6%	91,8%	95,4%	83,5%

Tabla No. 7 Evaluación de las Coberturas Urbanas de Acueducto y Alcantarillado

Fuente: Planes Nacionales de Desarrollo - DNP

La calidad de prestación del servicio, tomando como indicador la continuidad del suministro de agua, también presenta una sustancial mejora, de acuerdo con la

información de la Superintendencia de servicios Públicos Domiciliarios, contrastada con los resultados del estudio del DNP3.

Para las ciudades intermedias, la continuidad del servicio pasó de 19 horas diarias, en 1990, a más de 23.6 horas diarias, en 1996. En las grandes ciudades, según la SSPD, la continuidad es, por regla general del 100%. Los municipios medianos y menores del país no registraron mejoras significativas.

Tabla No. 8 Continuidad del Servicio de Acueducto por Categoría de Ciudades Promedio

Grupo	1990	1998
4 Grandes Ciudades	100,0%	100,0%
Ciudades Mayores de 70,000 mil ha	79,1%	94,0%
Municipios Medianos > 12,500 hab	72,0%	72,0%
Municipios pequeños < 12,500 hab	71,0%	72,0%

Horas de Servicio Diario / 24 Horas

Fuente: (DNP 1992), (SSPD1998)

Durante el período que va recorrido desde la expedición de la ley 142 de 1994, se han logrado importantes avances en la cobertura de micromedición, los cuales son menos notorios en los municipios medianos y pequeños, que son los que registran menores niveles de eficiencias en el control de agua no contabilizada, al igual que en otros indicadores. En contraste las ciudades principales e intermedias, han logrado niveles muy elevados.

Tabla No. 9 Cobertura de Micromedición en Acueductos

Grupo	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2201
4 Grandes Ciudades	91,0%	94,8%	94,6%	93,5%	96,1%	97,3%	98,5%	99,7%
Ciudades Mayores de 70,000 mil ha	77,2%	70,0%	75,2%	77,4%	83,5%	86,7%	95,8%	97,7%
Municipios Medianos > 12,500 hab	28,0%	41,1%	48,8%	51,8%	51,2%	50,7%	49,8%	49,5%
Municipios pequeños < 12,500 hab	18,0%	19,4%	19,5%	20,0%	20,5%	20,6%	20,2%	19,8%

Fuente: PGR DE 1998, los datos posteriores son proyecciones de las empresas

[3] AVENDAÑO R.D., PIRAQUIVEG, VASQUEZ B. "Evaluación del desempeño en las entidades del sector agua potable y Saneamiento básico en Colombia". Planeación & Desarrollo, volumen XXV, N°1, enero abril 1994, pag 205 , cuadro 2

7.1.1.10 Características de los Acueductos en la Cuenca del Río Sinú

Teniendo en cuenta que la topografía del terreno es plana y la ubicación de las mayor parte de las cabeceras municipales en las riberas del río; la solución técnica acogida para los sistemas de acueducto en forma generalizada se caracterizan en tener: Captación, de agua cruda, por medio de bombeo ya sea en una Barcaza Flotante o desde una Estación de Bombeo y se impulsa a la Planta de Tratamiento que pueden ser de tipo Convencional o Compacta, y luego del proceso de potabilización el agua termina en la Estación de bombeo de aguas claras para ser impulsada al Tanque elevado de Almacenamiento y/o a las redes de distribución.

Para el caso de los Acueductos con abastecimiento de agua subterránea, se cuenta con Pozo Perforado o artesanal, y bombeo hasta el tanque elevado o redes de distribución.

Subregión Cuenca	Municipio	Población año 2003			Cobertura Acueducto urbano (%)
		Sector Urbano	sector Rural	habitantes urbanos abastecidos por rio	
Alto Sinú	TIERRALTA	45.070	67.606	40.563	90
	VALENCIA	10.402	16.691	9.882	95
Sinú Medio	MONTERIA	326.184	75.907	228.329	70
	CERETE	53.086	34.211	50.432	95
	SAN CARLOS	3.364	13.900	3.196	95
	CIENAGA DE ORO	17.731	21.649	16.844	95
	SAN PELAYO	5.518	30.652	4.966	90
Sinú Sanabas	SAN ANDRES DE SOTAVENTO	6.320	40.993	5.688	90
	SAHAGUN	55.983	75.764	53.184	95
Sinú Ciénagas	LORICA	38.929	85.562	36.983	95
	COTORRA	4.602	13.163	4.280	93
	PURISIMA	6.766	8.611	5.548	82
	MOMIL	6.497	4.093	6.107	94
	CHIMA	2.720	8.821	2.584	95
Sinú Costanero	SAN ANTERO	11.396	7.779	10.256	90
	SAN BERNARDO DEL VIENTO	8.638	20.353	8.206	95

Tabla No. 10 Cobertura en Redes en los Municipios de la Cuenca del río Sinú

7.1.1.11 Evaluación y Análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Alto Sinú.

De la información recopilada en las visitas a los municipios, y de los P.O.T's, se describe a continuación los sistemas de acueducto encontrados y su estado actual:

Sistema de Acueducto del Municipio de Tierralta

Descripción del Sistema

La captación está conformada por una barcaza metálica flotante y equipos de bombeo conformados por dos (2) bombas con motores eléctricos de 75 HP y 70 HP en paralelo que van a una línea de aducción, una tercera bomba con motor eléctrico de 50 HP que funciona aislada, todas las bombas son de ceba manual; la altura o cabeza hidráulica es de 45 m.c.a. además existe un transformador trifásico de 225 KVA instalado en un poste de concreto.

La aducción consta de dos (2) tuberías de P.V.C. de 8". La más antigua de las líneas presenta una longitud de 1.480 m y la otra, posee una longitud de 1.650 metros. Esta presenta un tramo común a la salida de la barcaza en manguera flexible de 8" y válvula de retención y manguera flexible de 8" individual que va a la tubería nueva, cada línea tiene sus propias válvulas de operación.

La planta de tratamiento es del tipo convencional (Unidad de aforo y mezcla rápida, floculador de flujo horizontal, sedimentadores de alta tasa, filtro auto - lavante, equipos de dosificación de coagulantes). El caudal afluente es de 68 Lps y el caudal de salida es de 60 Lps en promedio.

El bombeo de agua tratada, formado por tres bombas con capacidad de 50 H.P cada una, Además existe un transformador trifásico de 125 KVA y otro de 75 KVA ambos de 60 Hz, el cual se le nota la falta de mantenimiento preventivo. El estado de los Motores Eléctricos y de las Bombas en general es regular, fueron compradas en 1997 y se les hace mantenimiento periódico cada 2 meses.

Las redes de distribución tienen una extensión aproximada de 61.476 metros. Las edades oscilan entre 3 y 30 años. El 98.3% corresponde a tuberías de P.V.C., y el 1.7% a tuberías de H.G.



Figura No. 2 Barcaza Flotante

Fuente: P.O.T. Tierralta

Descripción del Servicio

Cobertura en redes: Es una cuantificación de los Km de tubería / Km de malla vial sin embargo, la longitud total de la red instalada en 1996 (proyecto de optimización) con respecto al total de la red requerida, deja una faltante de: 2262 m (7 Ha), El valor total Real de cobertura en redes es del 90.3 %, inclusive las áreas cubiertas corresponden a este porcentaje de las áreas urbanizadas, por tanto se puede considerar que la cobertura de acueducto es buena (B), más aún si la comparamos con el promedio de cobertura urbano en el departamento (80%) y frente al 71.6% regional.

Continuidad: La prestación del servicio oficialmente se cumple una vez por día desde las 4:00 A.M hasta las 2:00 P.M en la Zona Norte sector centro. Los Sectores De Los Barrios Del Norte y el Sector Oriental de la Zona Norte reciben agua día por medio en el mismo horario. Y en la Zona Sur se distribuye el agua desde las 2:00 P.M hasta las 12.:00 de la noche, de tal forma que el promedio del oferta del servicio tomando todos los sectores es tan sólo del 34.2% es decir 8.2/24 horas por lo que se considera la continuidad del servicio malo acorde con la ley 142 artículo 2° numeral 2.4

Calidad: A este respecto no existe un seguimiento rutinario de análisis en el control de la calidad por parte de las Empresas Publicas Municipales y mucho menos aun por entidades encargadas del control, tal es el caso de Dasalud quienes se limitan a efectuar escasos muestreos individuales.

Oferta y Demanda: La captación actual de Agua Cruda es de 68 l/s, de los cuales se pierden 8 l/s aproximadamente por efecto de perdidas en la planta de tratamiento y otros, que permiten establecer que la máxima oferta de agua para el año 2003 sea de 60 l/s, comparados con la demanda actual de 117 l/s tenemos un déficit del 51%.

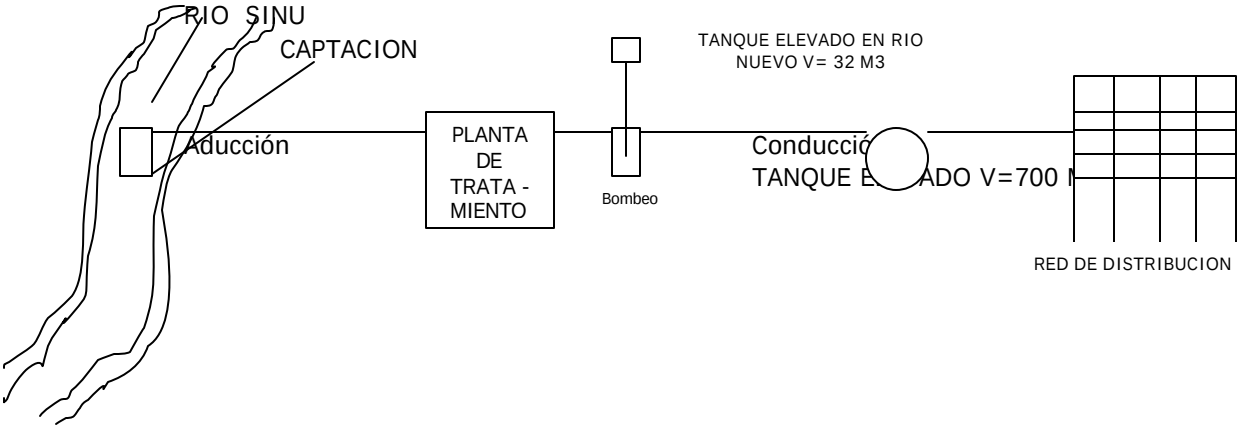
Sistema de Acueducto del Municipio de Valencia

Descripción del Sistema

La población de Valencia se abastece de agua del río Sinú, la captación se hace aguas arriba del Corregimiento de Río Nuevo para lo cual se utiliza una barcaza flotante en la que se encuentran la caseta y dos (2) equipos de bombeo de los cuales sólo uno tiene motor eléctrico y funciona con las siguientes características: Modelo Tipo Nova 8020 BN 04102 - SIHI HALBERG caudal de bombeo 25 lps, que impulsan el agua hasta la planta de tratamiento, localizada también en Río Nuevo.

Después de ser tratada el agua pasa a un tanque de almacenamiento semienterrado y luego se bombea hasta el tanque elevado de 700 M3 localizado en el área urbana de Valencia y desde el cual se envía a la red de distribución. En el esquema siguiente se presentan cada uno de los componentes del sistema de acueducto:

ESQUEMA
SISTEMA DE ACUEDUCTO DE VALENCIA



Descripción del Servicio

Cobertura: La cobertura de las redes es buena ya que alcanza a cubrir un 95% del área habitada dentro del actual perímetro urbano. Sin embargo se debe sectorizar colocando las válvulas faltantes para mejor operatividad y continuidad del servicio.

Continuidad: El servicio de acueducto es de mala calidad; primero porque el agua tratada solamente se le hace el proceso de clarificación faltando la desinfección, segundo porque a más del 50% de la población el agua llega con muy baja presión y con una continuidad del 25%. El aumento de presión y continuidad se consigue sectorizando la red de distribución y racionalizando el tiempo de servicio en cada uno de los sectores.

Calidad: En la planta de tratamiento se requiere el suministro e instalación de los equipos dosificadores y también el suministro de químicos para completar el tratamiento al agua cruda; además dotar al laboratorio con los implementos necesarios y personal preparado para realizar los ensayos exigidos por el Ministerio de Salud.

Oferta y Demanda: El agua que produce el sistema de acueducto es de 22 l/s y la demanda es aproximadamente de 26 l/s, existiendo por tanto un déficit de 4 l/s.

Este déficit se presenta porque la capacidad de bombeo en la captación es del 50% de la capacidad de la planta, por tanto se requiere terminar de instalar y poner a funcionar el otro equipo de bombeo. En el equipo de bombeo de aguas claras debe instalarse otra bomba que alterne su funcionamiento con la que opera actualmente.

Es necesario instalar en la red macromedidores y micromedidores a los usuarios para poder saber en forma más aproximada cuanto es el agua producida, cual es el agua consumida por la población y determinar las pérdidas. La entidad administradora debe realizar un programa de desarrollo institucional.

7.1.1.12 Evaluación y análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Sinú Medio

Acueducto Regional ERAS S.A.

Descripción del Sistema

El Acueducto Regional ERAS S.A. abastece a las zonas urbanas y algunos de sus corregimientos de los municipios de Cereté, San Carlos, Ciénaga de Oro y Sahagún. Para tal fin, la infraestructura esta compuesta por:

La captación de agua crudas se hace por medio de estación de bombeo con 4 unidades con capacidad de 125 l/s ubicada en el sitio puerto Wilches a 4 km de la zona urbana.

Dos (2) líneas de impulsión desde la captación hasta la planta de tratamiento, con una longitud aproximada de 4 km cada una, para un total de 8.0 km.

La planta de tratamiento consta de cuatro (4) unidades de floculación hidráulicos de tabique y flujo vertical con capacidad de 125 l/s c/u

Cuatro (4) unidades de sedimentación de baja tasa y flujo horizontal.

Sin unidades de filtración lo que hace que el tratamiento sea incompleto

Estación de impulsión de aguas claras con cuatro (4) sistemas de bombeo a saber; Bombeo directamente a las redes en Cereté y algunos corregimientos, con motobombas conectadas en paralelo.

Bombeo a la Conducción vieja que abastece a Ciénaga de Oro, San Carlos y algunos de sus corregimientos, con motobombas conectadas en serie.

Bombeo a la Conducción Nueva que abastece algunos barrios de Cereté, Ciénaga de Oro y estación de rebombeo en Ciénaga de Oro, con motobombas conectadas en serie.

Bombeo a la Conducción Metálica, directamente a la estación de rebombeo en Ciénaga de Oro, con motobombas conectadas en paralelo

Impulsión de agua tratada Compuesta por tres (3) líneas de tuberías así:

Línea o Conducción Vieja: Corresponde a la tubería en A.C. desde Cereté hasta Ciénaga de Oro, con longitud aproximada de 20 km y de ella se desprende el ramal desde Berastegui a San Carlos, con longitud aproximada de 10km

Línea o Conducción Nueva: Corresponde a la tubería en A.C. desde Cereté hasta estación de rebombeo en Ciénaga de Oro, con longitud aproximada de 20 km

Línea o Conducción Métalica: Corresponde a la tubería en ACER0 SCH 40 desde Cereté hasta estación de rebombeo en Ciénaga de Oro, con longitud aproximada de 20 km

Línea o Conducción Sahagún: Corresponde a la tubería en A.C. desde la estación de rebombeo en Ciénaga de Oro hasta Sahagún, con longitud aproximada de 20 Km

Almacenamiento: El acueducto regional ERAS no cuenta con tanques de almacenamiento, se tiene un tanque superficial en Ciénaga de Oro con capacidad de 200 m^3 que operativamente sólo asume la demanda urbana durante 1.3 horas.

Tanque de Almacenamiento – Ciénaga de Oro, ubicada en el cerro del barrio el Carmen con una capacidad de 1.142 m3 y recibe de la conducción Vieja

Estación de rebombeo Ciénaga de Oro – Sahagún, Junto al tanque de almacenamiento consta de dos (2) motobombas conectadas en paralelo con el fin de rebombear, el caudal que llega por las conducciones Nueva y Metálica desde Cereté.



Figura No. 3 Planta Acueducto Regional ERAS

Fuente: POMCA - CVS

Descripción del Servicio

Cobertura: En conjunto los municipios y los corregimientos que conforman el acueducto regional ERAS S.A., tiene en promedio cobertura en redes del 93%.

Continuidad: La calidad del servicio es regular y no existe continuidad, los suscriptores reciben un promedio de 12 horas por día en el sector urbano y en el sector rural dos o tres días por semana con una continuidad de 3 a 6 horas por día., también la falta de continuidad en algunos casos obedece al corte del servicio de energía por la falta de pago, también a la falta de mantenimiento en los equipos de bombeo y conducciones teniendo en cuenta el desequilibrio económico de la empresa, así mismo la inexistencia de tanques de almacenamiento que podrían mantener o mejorar la continuidad.

Calidad: La planta de tratamiento carece del sistema de filtración, por lo que el agua entregada sólo tiene proceso de clarificación, la falta de equipos de laboratorio y la no realización de los ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada hace que nos se asegure un buen tratamiento y además se evidencia el incumplimiento de las normas que rigen el agua potable.

Oferta y Demanda: La oferta actual en el acueducto regional es de 370 l/s, Sin embargo hay que describir que la captación tiene diseño para captar 500 l/s, pero

las conducciones solo tiene capacidad de transporte para 370 l/s es decir se debe hacer reposición de las misma con un diámetro mayor. Un floculador se encuentra fuera de servicio por fallas estructurales en el concreto, los restantes tienen capacidad de 375 l/s.

La demanda actual en las cabeceras urbanas es de 335 l/s, significa que no presenta déficit, sin embargo se debe tener presente la población rural que es abastecida por el regional y determinar con mayor exactitud la demanda; Para el año 2012 la demanda urbana es del orden de los 410 l/s significa que tendríamos déficit sin las reposiciones y reparaciones descritas.

Municipio de San Pelayo.

Descripción del Sistema

El sistema lo conforma la captación, con dos bombas centrífugas de eje horizontal acoplado a motores de 40 HP utilizando barcaza flotante que impulsa a la planta de tratamiento de tipo convencional diseñada para tratar 19 l/s, con desarenador, zona de mezcla rápida, floculadores, sedimentadores, filtros y estación de bombeo de aguas claras.

Figura No. 4 Captación – Barcaza Flotante San Pelayo



Fuente: POMCA – C.V.S.

La administración está a cargo de las Empresas Públicas Municipales de San Pelayo, en la actualidad la empresa cuenta con 11 operarios, tres personas en la parte administrativa y tres personas en la parte directiva de la empresa, tiene en la

actualidad en el casco urbano un total de 961 suscriptores y su cobertura total es de 1.866 usuarios en toda su longitud.

CORREGIMIENTO	%	No. VIVIENDAS
Pelayito:	80.5	276
Carrillo:	76.9	540
La Madera:	72	154
Puerto Nuevo:	68.9	365
San Isidro:	61.1	286
El Chiquí:	50.0	116
Valparaíso:	47.2	226
Las Guamas:	15.8	83
El Obligado:	14.5	53
Sabananueva:	3.0	20
Total		2119

Fuente: Sistema de Información Básico. ECOGESTAR LTDA,1999

En cuanto a los acueductos rurales, independientes del acueducto Municipal tienen este servicio los corregimientos de La Madera y Sábana Nueva, que se abastecen del río Sinú.

Descripción del Servicio

Cobertura: Con tubería de A.C. variando sus diámetros entre 3" y 6". Tiene una longitud aproximada de 10.000 metros. La cobertura actual del servicio es del 90% del área geográfica con redes del Acueducto regional (margen derecha).

Continuidad: El servicio es discontinuo, debido a razones como carencia de válvulas para sectorización, reposición y mantenimiento de redes hace incrementar las pérdidas o ANC, la falta de uso del tanque de compensación o almacenamiento, lo anterior hace que el servicio se presta en promedio 10 horas/24 para un porcentaje del 41%. Muy lejos del 100%.

Calidad: La carencia de laboratorio, de equipos para realizar los ensayos y filtros inoperantes hace que se entregue a la red agua sin el cumplimiento de los parámetros mínimos exigidos en le decreto 475/98.

Oferta y Demanda: Para la oferta el tratamiento esta diseñado para 19 l/s, la demanda actual es de 13 l/s y proyectado 13,5 l/s. Es decir actualmente la planta puede atender la demanda urbana, pero se debe tener en cuenta que el sistema abastece una gran parte del sector rural, lo que significa que la demanda es mayor.

Municipio de Montería.

Descripción del Sistema

El sistema de acueducto está conformado por la infraestructura para el abastecimiento, tratamiento y redes matrices y menores de distribución para los diferentes sectores de la ciudad.

El sistema de captación y el tratamiento lo conforman cuatro plantas, las cuales en conjunto tienen capacidad actual de 1.0 m³/s. Esta capacidad se distribuye así:

Captaciones

Planta	Captación tipo	Ubicación	Motobombas Unidades	Caudal de diseño L/s
Sierra Chiquita Vieja	Estación de Bombeo	Sierra Chiquita	4	550
Sierra Chiquita Nueva	Estación de Bombeo	Sierra Chiquita	3	300
Planta Las Iguanas	Barcaza Flotante	San Francisco	2	50
Planta los Campanos	Barcaza Flotante	Debajo del puente metálico	2	50
Planta Mocarí	Barcaza Flotante	Mocarí	2	50

El almacenamiento lo conforman varios tanques en concreto con capacidad de almacenamiento total de 20.000 m3.

Tanques

Sitio – Ubicación	Tanque en concreto	Capacidad M3	Construcción Año	Altura mts
Elevación Sierra Chiquita	Superficial Superficial Superficial	10.000 6.000 3.000	1995 1987 1960	
Planta los Campanos	Elevado	500	1990	30
Planta Mocarí	Elevado	500	1999	30

Las redes de distribución matriz tienen una extensión de 70.567 metros en tuberías con ∅ desde 6" a 24". La red menor tiene una longitud de 241.081 metros en tuberías con ∅ desde 1½" hasta 4", para una longitud total en redes de total de 311.7 kms distribuidas así:

Redes

Diámetro (pul)	Tubería en P.V.C. (m)	Tubería en A.C. (m)	Tubería en H.F. (m)	Tubería en H.G. (m)	Tubería en Polietileno (m)	Longitud total (m)	(%) Total
1½	2.105					2.105	0.7
2	3.846	1.320		646		5.812	1.9
2½	498					498	0.2
3	94.371	65.885	2.435	16.367		179.058	57.5
4	29.874	14.436	2.014	7.284		53.608	17.2
6	15.623	7.041	5.492	511		28.667	9.2
8	12.166	2.197	1.730			16.093	5.2
10	1.067	830	2930			4.8271	1.5
12	2.788	5.004				7.792	2.5
16		1.410				1.410	0.5
24		11.778				11.778	3.8
Totales	162.338	109.901	14.601	24.808	60.4	311.648	100

Fuente: Plan de Manejo Ambiental Proactiva S.A.



Figura No. 5 Planta Sierra Chiquita Nueva

Fuente: Proactiva S.A.

Descripción del Servicio

Cobertura: Respecto a la distribución de agua en la zona urbana del municipio de Montería presenta una cobertura en redes aproximada del 75%.

Metas de Cobertura para la Concesión - PROACTIVA

Año	Población Actual	Cobertura a alcanzar %	Población Servida
2002	314.492	70	220.144
2005	350.000	80	280.000
2011	411.709	85	349.953

Fuente: P.O.T -Motería

Continuidad: Actualmente la continuidad del servicio de acueducto es de 100%, a excepción de los sectores Sur y Sur Oriental en donde se presta alrededor de 16/24 horas, lo que significa un 66%. Lo anterior representa en promedio para toda la ciudad del 83%. En continuidad.

El problema de la distribución del agua empeora por efectos de las pérdidas a lo largo de las redes y conducciones. El índice de agua no contabilizada IANC actualmente supera el porcentaje del 55%.

Calidad: Sujetos a las determinaciones del decreto 475 /98, la empresa Proactiva realiza los ensayos y análisis pertinentes con el fin de asegurar la potabilidad del agua entregada a los usuarios. Es decir es la única empresa que cumple con los valores mínimos exigidos en la cálida del agua potable.

Oferta y Demanda: Con base en la capacidad de tratamiento de las plantas la oferta actual es de 1.0 m^3/s y acorde con la población actual de 326.492 habitantes la demanda es de 849 l/s, es decir la capacidad de tratamiento asume la demanda, para la proyección del año 2012 con 477.377 habitantes tenemos demanda de 1.243 l/s con lo que el sistema actual tendría que aumentar su capacidad.

Para tener en cuenta el siguiente cuadro resume algunos de los consumos básicos que se registran en le acueducto de Montería

Consumos

TIPO DE CONSUMO	% POBLACION SERVIDA	CONSUMO RESIDENCIAL M³/SUSCR. MES	CONSUMO INDUSTRIAL E INSTITUCIONAL M³/SUSCR. MES	CONSUMO TOTAL M³/SUSCR. MES	CONSUMO L/HAB-DIA
BAJO	60	23	2.3	25.3	150.6
MEDIO	36	30	3.0	33.0	196.4
ALTO	4	45	4.5	49.5	294.64
TOTAL PONDERADO				29.04	173

TOTAL SUSCRIPTORES	COBERTURA	Nº VIVIENDAS CON SUBSIDIO
35.500	7O%	25.972

FUENTE: Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado - 2000

7.1.1.13 Evaluación y Análisis de los Sistemas de Acueductos en la Subregión del Bajo Sinú

Acueducto Regional ERCAS S.A.

Descripción del Sistema

El Acueducto Regional ERCAS S.A. abastece a las zonas urbanas y algunos de sus corregimientos de los municipios de Chimá, San Andrés de Sotavento, Momíl y Purísima.

La labor de ERCA S.A., es hacer la captación de agua en el río Sinú, tratarla e impulsar hasta los municipios relacionados. Para lo anterior ERCA S.A., cuenta con la conducción o línea Lorica - San Andrés.

La infraestructura del acueducto regional esta compuesta por:

Captación: Estación de bombeo ubicada en Lorica, Lugar en donde se encuentran instaladas independientemente las motobombas y conducciones del regional ERCAS y el acueducto de Lorica ASLO. Es decir comparte únicamente la caseta.

Conducción de agua cruda: Corresponde a la línea desde la caseta en la orilla del río hasta la planta de tratamiento también ubicada en Lorica, de donde pasa al tanque de aguas claras para ser impulsada hasta los diferentes municipios.

Impulsión de agua tratada: Consta de 3 motobombas de 100 hp cada una de las cuales operan dos.

Línea Lorica – San Andrés: Corresponde a la línea en A.C y compuesta por varios tramos, Lorica – Momíl que abastece a Purísima y Momíl y rebombeo desde Momíl – San Andrés y Chimá.

Descripción del Servicio

Cobertura: En conjunto los municipios y los corregimientos que conforman el acueducto regional ERCAS S.A., tienen cobertura en redes un promedió del 86%.

Continuidad: El bombeo de agua tratada por razones técnicas y de funcionalidad, no todos los días hay bombeo; las condiciones materiales con que se trabaja en la

planta de ERCA S.A., son muy limitadas, el desorden en la apertura y cierre de las válvulas controladoras, no son garantía de continuidad del servicio de agua, lo que implica la imposibilidad de que se preste un buen servicio a sus suscriptores. Todo lo anterior se puede generalizar en una continuidad de 4/24 horas, continuidad muy alejada de lo exigido, y de las cifras nacionales.

Calidad: La inexistencia de laboratorio y la falta de realización de todo tipo de ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada. Mencionan una mala calidad de agua al no cumplir con el decreto 475/98.

Oferta y Demanda: Como oferta el sistema capta 54.5 l/s, pero tiene una capacidad de captación cercana a los 150 l/s. Los factores por los cuales la captación real equivale a una tercera parte de la capacidad de captación están relacionados con la infraestructura instalada en captación requiere de reformas y eventualmente de traslado. La demanda actual se estima en 50 l/s y proyectada al año 2012 de 59 l/s. Significa que el sistema tiene la infraestructura para atender la demanda, se debe más a operación y mantenimiento de los componentes para aumentar la continuidad.

Municipio de Cotorra

Descripción del Sistema

Básicamente el acueducto regional CORPOSINU tiene como objeto abastecer varios corregimientos del municipio de Lorica como son Moralito, Los Morales, Tierralta, Zarandélo entre otros, zona urbana del municipio de Cotorra y algunos de sus corregimientos. La captación y la planta de tratamiento se encuentran ubicadas en Los Morales corregimiento de Lorica.

Descripción del Servicio

Cobertura: La zona urbana del municipio de Cotorra tienen cobertura en redes un 95%.

Continuidad: puede generalizar en una continuidad de 10/24 horas.

Calidad: la carencia de laboratorio y la falta de realización de todo tipo de ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada, hace que se entregue agua con mala calidad, al no cumplir con el decreto 475/98.

Oferta y Demanda: La capacidad del regional es de 19 l/s y para la zona urbana del municipio de cotorra la demanda actual es de 11.0 L/s y proyectada al año 2012 es de 16 l/s, se debe tener en cuenta que el regional abastece a otras poblaciones.

Municipio de Lorica

Descripción del Sistema

Los habitantes del área Urbana del municipio de Lorica, se abastecen por intermedio de la empresa ASLO S.A., en el siguiente cuadro se resume la infraestructura del sistema de acueducto.

Infraestructura Física Del Sistema De Acueducto Del Casco Urbano De Lorica –Aslo E.S.P. 1999-

FUENTE DE ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL	Río Sinú
CAPTACION DE AGUA CRUDA	
Caudal medio real	130 L/s
Tipo de conducción	Bombeo
Longitud por bombeo	1.45 Km.
Equipos de bombeo	1
Caudal bombeado	130 L/s
Tiempo promedio diario de funcionamiento de bombeo	19 h/día
POTABILIZACION DE AGUA	
No. De plantas de tratamiento que tiene el acueducto.	1
Capacidad real de la planta de tratamiento	130 L/s
Existe un (1) macromedidor volumétrico a la salida de la planta de tratamiento	
ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	
Número de tanques de almacenamiento de agua potable:Ubicados en los barrios San Pedro y Nueva Colombia	2
Capacidad de almacenamiento de los dos tanques	1.200 m3
CONDUCCION DE AGUA TRATADA	
Número de conducciones	1
Longitud total de la conducción	2.3 Kts.
Caudal de diseño de la conducción	130 L/s
Caudal medio de la conducción	125 L/s
Número de equipos de bombeo que se utilizan en la conducción	7
Caudal bombeado	130 L/s
Volumen de agua distribuida por bombeo	125 L/s
Longitud de la red de distribución	69.57 km
Porcentaje de actualización del inventario técnico de redes	96%

Fuente. POT - Lorica

Descripción del Servicio

Cobertura: La zona urbana del municipio de Lorica tiene cobertura en redes del 96%.

Continuidad: Debido a que desde las 5:00 p.m. en adelante el voltaje es bajo esto imposibilita el funcionamiento de las bombas en captación por lo tanto afecta la continuidad que se establece alrededor de 16/24 horas para un porcentaje del 66.6%

Calidad: La empresa ASLO, realiza los ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada. Por lo tanto el agua entregada a la población tiene una aceptable calidad de agua potable que cumple con el decreto 475/98.

Oferta y Demanda: La capacidad del acueducto es de 130 l/s y la demanda actual de 94 l/s y la proyectada de 113 l/s, significa lo anterior que la capacidad del sistema es suficiente. Se debe hacer revisión de las razones que afectan la continuidad para mejorar el servicio.

Municipio de San Antero

Descripción del Sistema

El municipio de San Antero para abastecer a la zona urbana y algunos de sus corregimientos capta agua del río Sinú mediante una estación de bombeo ubicada en Lorica, de donde se bombea agua cruda, por una conducción de 8.5 km hasta la planta de tratamiento ubicada en el corregimiento de Tijeretas; y finalmente el agua tratada se impulsa a través de otra línea de 9 km de longitud desde tijeretas hasta la estación de rebombeo en la zona urbana que desde allí se eleva a los tanques superficiales que entregan a la red.

Descripción del Servicio

Cobertura: La zona urbana del municipio de San Antero tiene cobertura en redes del 95 % en la zona urbana y con el mismo sistema abastece a los corregimientos de tijeretas, Nuevo agrado y las veredas de Leticia, el tributo, las nubes y el progreso.

Continuidad: Al igual que las estaciones de agua cruda de Lórica, desde las 5:00 p.m. en adelante el voltaje es bajo esto imposibilita el funcionamiento de las bombas en captación.

Los corregimientos que se surten de la conducción antes de que el caudal llegue a la zona urbana tiene una continuidad de 16/24 horas, en forma generalizada la continuidad en la zona urbana es de 4 horas en 24 horas debido a la sectorización que se hace en la red y a la espera de que en las localidades el consumo sea menor para que llegue mayor caudal a la cabecera municipal.

Calidad: La empresa realiza algunos de los ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada, sin embargo se cuenta con los elementos y equipos necesarios para un buen tratamiento.

Oferta y Demanda: La capacidad del equipo de bombeo en la captación es de 100 l/s, sin embargo sólo se captan 87 l/s al igual que en la planta de tratamiento.

La capacidad del acueducto es de 100 l/s y la demanda actual de 94 l/s y la proyectada de 113 l/s, significa lo anterior que la capacidad del sistema es suficiente para atender la demanda de la cabecera municipal. Se debe hacer revisión de las razones que afectan la continuidad para mejorar el servicio.

Municipio de San Bernardo del Viento

Descripción del Sistema

Corresponde a los componentes de Captación conformada por estación de bombeo de agua cruda, planta de tratamiento diseñada para 20 l/s.

Consta de: Desarenador, floculador hidráulico de flujo horizontal, sedimentador de alta tasa, filtros, estación de bombeo y tanque elevado metálico.

Descripción del Servicio

Cobertura: La cobertura física urbana del servicio de acueducto es de 85% con un servicio racionado permanente, con agua de regular calidad; el servicio de acueducto también abastece a los corregimientos de José Manuel de Altamira, Pajonal, El Chiquí y a las poblaciones de Quejimbre y Calle Ralita

Continuidad: Por último el municipio de San Bernardo del viento el servicio de agua potable se brinda tres días por semana y con una duración de seis (6) horas, para que las familias recojan y almacenen agua en albercas, tanques y cuanto recipiente les permita almacenar la mayor cantidad de agua posible para esperar dos y hasta cinco días, algunas veces, para volver a contar con el preciado líquido. Lo anterior se puede representar como un 10.7%

Calidad: La empresa no realiza ninguno de los ensayos básicos en el control de la calidad del agua tratada, como tampoco se cuenta con ningún equipo necesario para un buen tratamiento.

Oferta y Demanda: La oferta actual del sistema es de 19 l/s, sin embargo la oferta ala año 2003 es de 20l/s. Significa un déficit de aproximadamente del 5%. En la realización del presente trabajo se iniciaban los tramites para la ejecución del proyecto de ampliación de la planta de tratamiento y según información de la empresa de servicios ofertaría 50 l/s.

7.1.1.14 Consideraciones sobre la Situación Actual de los Acueductos de la cuenca del Río Sinú

Algunas estadísticas de orden nacional indican que la cobertura del servicio de acueducto en la zona urbana del país alcanzó el 94% en el año 1997 y el 76% de la población recibe agua tratada. Estos resultados han beneficiado parcialmente a la población más pobre, ya que son las áreas subnormales de las ciudades y las regiones más atrasadas las que presentan mayores deficiencias en los servicios: Costa Atlántica, Orinoquía y amazonía. De otra parte la cobertura del acueducto es nominal, el servicio se presta con una continuidad del 75%, y la calidad del agua mantiene a 60% de la población en un nivel de riesgo sobre la salud entre mediano y alto, por la posibilidad de recibir agua contaminada.

La evolución reciente de la estrategia en agua potable, evidencia un proceso de ajuste en donde se ha dado énfasis a algunos de los aspectos, que determinan el desempeño de las entidades y del sector- financiamiento, asistencia técnica, regulación o desarrollo institucional- sin llegar a formularse una política integral.

Los aportes de la nación sustituyeron los recursos que los municipios deben destinar al sector por su participación en los ingresos corrientes de la nación, ya que el 63% destina menos del valor definido en la ley 60 de 1993.

En general, el desarrollo del sector de agua potable ha sido limitado por dos factores esenciales: El cumplimiento parcial de las funciones de regulación, control y asistencia técnica nacionales y el lento proceso de modernización y compromiso efectivo de tarifas y recursos locales.

La oferta de infraestructura física y de servicios públicos e institucionales en la década actual muestra pocos avances en Córdoba, teniendo en cuenta la existencia de factores desequilibrantes como escasez de recursos financieros requeridos para la ejecución de los proyectos, sobreendeudamiento, falta de planificación integral y controles en la inversión, entre otros, derivados del proceso de descentralización y autonomía relativa de los entes territoriales. En lo relacionado con el sector de agua potable, las coberturas nominales en los sistemas de acueductos en el área urbana promedian el 80%. . En el sector rural la cobertura del 34.7% (Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-Mindesarrollo)

7.1.1.15 Conclusiones sobre la Situación Actual de los Acueductos

La variable cobertura y calidad de los servicios de acueducto prestado por las distintas 10 empresas ubicadas en la cuenca del río Sinú, como únicos usuarios del recurso agua para consumo doméstico se incorporan metodológicamente a este diagnóstico por ser algunos de los criterios que definen el nivel de consolidación del desarrollo urbano y mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de la cuenca.

El sistema de acueducto incluye las actividades de captación, tratamiento, almacenamiento, conducción, calidad y continuidad del servicio de agua potable que finalmente entrega a los usuarios. En general podemos relacionar lo siguiente:

- El recurso hídrico cuenta con una oferta actual mínima de 75 m^3/s, como caudal ecológico que debe garantizarse por parte de URRA S.A., muy superior a la demanda para consumo doméstico proyectada al año 2012 de 2,2 m^3/s como caudal medio diario. Lo que infiere capacidad para atender la demanda en cualquier época. Situación ambiental contraria a la vivencia de los pobladores en donde ningún municipio de la cuenca del río Sinú tiene resuelto el servicio de agua potable para contribuir en la disminución del porcentaje de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas).

- La totalidad de las Cabeceras Urbanas y muchos corregimientos, utilizan el agua del río Sinú, recurso superficial, para consumo doméstico.

- Sólo las zonas urbanas de San Andrés de Sotavento y Sahagún completan sus demandas de agua potable con el recurso subterráneo.

- Muchos corregimientos a lo largo de la cuenca se abastecen del recurso subterráneo, en especial los que se encuentran lejanos de la rivera del río.

- Los únicos usuarios del recurso hídrico para consumo doméstico, lo conforman las empresas prestadoras del servicio de acueducto.

- Actualmente se encuentran ubicadas en la rivera del río diez (10) empresas de acueductos que prestan el servicio a las cabeceras municipales y/o corregimientos.

- Las diez (10) empresas de acueducto registran un total de 93.608 Suscriptores en la zona urbana.

- El promedio de cobertura en redes en las zonas urbanas es del 91.1 % con respecto al área habitada, aunque la capital del departamento sólo se encuentra en un 83%, porcentaje por debajo del promedio nacional.

- Mala calidad de la prestación del servicio con respecto a la continuidad que en promedio al 38.4%, por debajo del promedio nacional entre el 95 y 100 %.

- Mala calidad del agua entregada la los suscriptores, a excepción de las empresas Proactiva en Montería y Aslo en Lorica entregan agua con calidad de características potables a sus suscriptores. Es decir en el resto de las empresas el tratamiento del agua es incompleto debido a la falta de unidades de infraestructuras y/o la falta de recursos económicos para el suministro de los equipos y químicos respectivos.

- Básicamente sólo existe micromedición en su orden Montería, Lorica, Sahagún y Cereté, en resto de municipios la micromedición no representa actividad importante o simplemente ausencia total de micro medidores.

- Todas las empresas violan las normas sobre vertimientos de planta de tratamiento provenientes del lavado de sedimentadores, floculadores y filtros, ocasionando el deterioro de la calidad del recurso. A excepción del municipio de San Antero que la planta de tratamiento tiene sistema de disposición de lodos.

- Sin excepción, las empresas presentan balances financieros negativos, debido a múltiples razones, administraciones centralizadas en los alcaldes, tarifas subsidiadas, burocracia, falta de apoyo económico de los entes del orden nacional etc.

- Desarticulación entre las entidades del sector Nacional y regional con las empresas prestadoras del servicio, por lo que no hay planes estructurados en el fortalecimiento institucional, asistencia técnica y desarrollo económico.

- Limitada capacidad de gestión de las empresas de acueductos, e incapacidad de planeación integral.

- Porcentaje de Rezagos muy altos entre el acueducto, alcantarillado y aseo.

- Las empresas no cuentan con la consolidación de la información, por lo que la misma se encuentra muy dispersa, desactualizada y no sistematizada

- Escasa aplicación del desarrollo científico y tecnológico para el mejoramiento de las condiciones de tratamiento y operación.

7.1.1.16 Consideraciones sobre las Proyecciones de la Demanda

Un estudio sobre balances hídricos y relaciones Oferta-Demanda de aguas, (estudio Nacional del Agua ENA-1998) realizado por el IDEAM, indica que aunque globalmente existe una situación favorable de oferta y disponibilidad hídrica, ya se presentan indicativos de escasez e incluso de alarmas en algunos municipios y áreas urbanas del país.

En condiciones normales, el 11% de los municipios en los cuales se asientan aproximadamente el 23% de la población tienen índices de escasez y de vulnerabilidad de aguas que superan valores recomendados por Naciones Unidades como aceptables.

En condiciones críticas durante las épocas secas el 61% de la población nacional puede superar estos índices.

Las proyecciones realizadas por el IDEAM para el año 2016 indican que en la medida en que se aumenta la demanda de agua, y bajo el supuesto de la ausencia de medidas de recuperación de cuencas y tratamiento de aguas residuales, el 19% de los municipios y el 38% de la población se encontraría en una situación deficitaria para el abastecimiento de agua.

NOMBRE DEL ACUEDUCTO	CAPACIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS RESPECTO A LA DEMANDA				
	OFERTA ACTUAL ACUEDUCTO	DEMANDA ACTUAL	DEFICIT	DEMANADA PROYECTADA año 2012	DEFICIT
	L/S	L/S	%	L/S	%
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	60	117	48,72	221	72,85
EMPOVALCO	22	24	8,33	27	18,52
PROACTIVA S.A.	1000	849	-17,79	1243	19,55
REGIONAL ERAS S.A.	375	335	-11,94	410	19,55
EMPRESAS PUBLICAS MUNICIPALES	19	13	-46,15	14	-35,71
REGIONAL ERCA S.A.	54	50	-8,00	59	19,55
ASLO S.A.	130	94	-38,30	113	-15,04
J.A.S.P. CORPOSINU					
ACUESAN	87	27	-222,22	30	-190,00
ACUALSAN	19	20	5,00	24	20,83

Tabla No. 11 Déficit de Oferta con Respecto a la Demanda en la Cuenca el río Sinú

Del cuadro se concluye que:

- El acueducto de Tierralta, presenta el mayor porcentaje de déficit, con el 48.72%, se identificó la poca capacidad hidráulica de la conducción de agua cruda para el transporte de 110 l/s caudal de diseño de la planta de tratamiento. Pero aún así el sistema presentaría déficit respecto a la demanda actual de 117 l/s.
- El acueducto de Valencia, presenta un déficit del 8.33%, se identificó la incapacidad en los equipo electromecánico de captación, en los cuales el caudal de bombeo es muy inferior al requerido.
- El acueducto de San Bernardo del viento, el déficit en menor porcentaje con el 5.0%, debido a la incapacidad total del sistema, captación, planta de tratamiento y estaciones de bombeo con caudal de diseño de 19 l/s sin olvidar

que también de allí se abastecen algunos corregimientos lo que aumentaría más aún el déficit. Se proyectan obras de optimización para 70 l/s.

Los acueductos que presenta mayor oferta respecto a la demanda actual:

- El acueducto de Montería con un 17.7% por encima de la demanda actual es decir cuanta con capacidad para atender la demanda.
- El acueducto de Lorica con un 38.3% por encima de la demanda actual, aunque el sistema tiene capacidad, presenta problemas de continuidad por el bajo voltaje después de las 5:00 p.m. en captación, pérdidas altas por encima del 60% en la planta y redes lo que representa menor caudal ofertado.

Los acueductos que sin tener en cuenta la población rural que abastecen, presenta mayor oferta respecto a la demanda actual son:

- El acueducto regional ERAS con un oferta del 11.9% por encima de la demanda actual, porcentaje que disminuiría si tenemos en cuenta que de allí se abastecen un gran parte de los suscriptores rurales lo que aumentaría la demanda. se identificó la incapacidad hidráulica de la conducción de agua cruda para el transporte de 500 l/s caudal de diseño de la planta de tratamiento, que a su vez por la falta de Filtración la calidad no alcanza los parámetros mínimos exigidos. La continuidad se considera mala y es directamente afectada por los cortes del servicio de energía.
- El acueducto regional ERCAS con un 8% por encima de la demanda actual también porcentaje que disminuiría si tenemos en cuenta que de allí se abastecen un gran parte de los suscriptores rurales lo que aumentaría la demanda.
- El acueducto de San Pelayo con un 46.1% por encima de la demanda actual porcentaje que disminuiría si tenemos en cuenta que de allí se abastecen un gran parte de los suscriptores rurales lo que aumentaría la demanda.
- El acueducto de San Antero con un 222% por encima de la demanda actual porcentaje que disminuiría si tenemos en cuenta que de allí se abastecen un gran parte de los suscriptores rurales lo que aumentaría la demanda.

7.1.1.17 Demanda de Agua

De acuerdo con la información del año 1996 a nivel municipal y urbano, descontando la demanda de los cultivos secanos, en los cuales el suministro de agua se hace principalmente por lluvia, la demanda de agua es en el sector

agropecuario del 57% del total, el sector doméstico con le 36% y la industria el 7% en promedio.

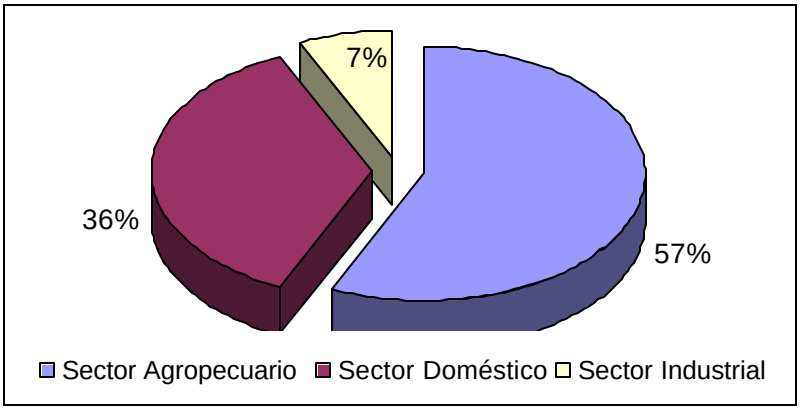
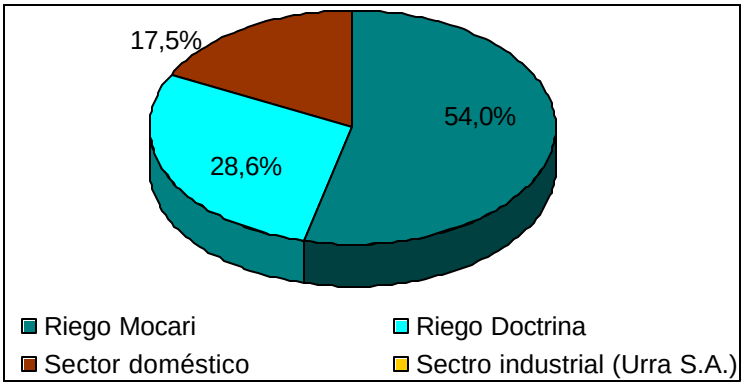


Figura No. 6 Porcentajes de Demanda por Uso con Respecto al Sector

Fuente: IDEAM – Estudio Nacional del Agua 1998

De la información obtenida en la cuenca del río Sinú la demanda de agua tiene básicamente el mismo comportamiento que el mostrado a nivel nacional, pero con la característica de que la demanda de riego y doméstico se encuentra aguas abajo de la presa, lo que claramente permite concluir que la demanda para uso industrial no interviene en la oferta, debido a que esta es establecida por el caudal ecológico que garantiza la empresa Urra S.A.E.S.P., de acuerdo con la licencia ambiental otorgada.

Figura No. 7 Demanda de Caudal Aguas Abajo de la Presa Urrá



7.1.1.18 Recomendaciones

Todas las recomendaciones que se puedan generar dentro de los programas de Ordenamiento y Manejo del Recurso Hídrico, estarán enmarcadas para dar cumplimiento a la ley 373 de 1997 "Reglamentación de los programas de USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. y el Decreto 3102 de 1997

Art.- 1 "Se entiende por Programas para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua el conjunto de Proyectos y Acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado, Riego y Drenaje, producción Hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico"

Para realizar una eficiente gestión de administración del recurso hídrico. La Corporación requiere como factor fundamental conocer el comportamiento o balance hídrico [Oferta- Demanda], para que con base en éste se adopten las medidas que garanticen los usos prioritarios y la sostenibilidad del recurso a la población actual y las generaciones futuras.

A continuación se describe la metodología planteada por los antiguos Ministerio de Desarrollo Económico y del Medio Ambiente, a cerca de los planes regionales de Uso Eficiente y Ahorro del Agua que deben incorporar las Corporaciones Ambientales dentro de los planes de Ordenamiento de las cuencas.

- Levantar el inventario de usuarios del recurso hídrico, acorde con el uso al que destine el recurso.
- Registrar el comportamiento histórico de la oferta y la demanda.
- Investigar la vulnerabilidad en la oferta para satisfacer la demanda sin poner en riesgo la vida acuática y el caudal ecológico.
- Establecer una priorización de Usuarios en función de la vulnerabilidad.
- Clasificar la totalidad de Usuarios en función del sector al cual pertenece, Sector Doméstico, Agrícola, Industrial etc.
- Identificar la problemática de cada uno de los sectores en el uso del agua.
- Establecer el énfasis que se debe exigir a los Usuarios dentro del programa de uso eficiente y ahorro del agua.
- Ejecución del programa de Monitoreo sobre la calidad del recurso para detectar las alteraciones y decidir sobre las acciones para su corrección.
- Exigir los Planes, Acciones y Medidas de control de vertimiento en cuanto al cumplimiento de límites permisibles acorde con la legislación vigente, para el logro de metas de reducción de carga contaminantes.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones y/o particularidades, con el fin de plantearlas a las empresas de acueducto de la cuenca del río Sinú acerca del USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA.

- Disminución de las Pérdidas en los Sistemas [ANC] Agua No Contabilizada por fugas, deterioro y falta de mantenimiento en las estaciones de Bombeo, Conducciones, Instalaciones, Almacenamientos y Equipos etc.
- Disminución de las Pérdidas en los Consumos, por uso irracional y desperdicios, que deben corregirse con la instalación de válvulas de sectorización y/o aumento de la cobertura de micro medidores.
- Educación y Sensibilización Social, para promover y estimular el Uso eficiente y Ahorro del Agua.

7.1.2 Inventario de los Usuarios del Recurso Hídrico para Uso Agrícola.

En el sector agrícola los usuarios del recurso hídrico identificados en la cuenca del río Sinú corresponden a los Distritos de Riego Mocarí a cargo del INCODER y el distrito la DOCTRINA a cargo de ASODOCTRINA, que con sus instalaciones e infraestructura técnica permiten irrigar terrenos, aumentando significativamente la producción de la oferta ambiental y el uso del suelo y poner a disposición del agricultor aguas en calidad y cantidad que garanticen el suministro de este vital insumo en las épocas de déficit de agua para las plantas por presentarse una sequía prolongada de más de cinco meses.

Algunos terrenos del distrito de riego son ocupados por pastos para ganadería extensiva, contradiciendo el objetivo para lo cual fue construido, como lo es la siembra de cereales, hortalizas y frutales.

En líneas generales los dos distritos de riego que se encuentran en la cuenca del río Sinú, están constituidos por la infraestructura de la estación de bombeo ubicada a orilla del río la cual capta agua que bombeada a través de canales [principales, secundarios y terciarios] con compuertas de control llega los predios beneficiados y los canales de drenaje para recibir los excesos.

7.1.2.1 Distrito de Riego Mocarí

Localizado al norte de Montería, en el barrio Mocarí, con las siguientes características:

- Captación: con capacidad de 6.8 m^3/seg y operacionalmente 1.7 m^3/seg.
- Canal de riego Norte – Mayor: con 13 Km de longitud.
- Canal de riego Este – Medio: con 8 Km de longitud
- Canal de riego Sur – menor: con 2 Km de longitud.

El distrito de riego – Mocarí tiene la infraestructura y capacidad para riego de 5.000 hectáreas, en el semestre de enero a junio del 2003 se encuentran 700 ha cultivadas en arroz, lo que representa que se ocupan el 14 % de las tierras aptas para uso agrícola. Para lo cual establece una tarifa de \$10/m^3 por usuario.

El Incoder reporta 4.639 usuarios totales incluidos los predios con riego y drenaje.

El horario de servicio o bombeo a través de los canales de riego se hace de 4 a.m. hasta las 4 p.m. a excepción de los domingos o en días de lluvias con precipitaciones mayores a 20 mm.

7.1.2.2 Canales de Drenaje

Compuesto por dos canales (Principal Inat y Colector), cuya función inicial fue drenar la superficie desde la margen derecha de Montería hasta las estribaciones del Cerrito y Cerro Colosiná en San Carlos, pero actualmente además de su función inicial, se vierten las aguas residuales del alcantarillado del Montería.

Tiene la infraestructura y capacidad para drenar 40.000 Ha con los canales:

- Canal Principal INAT, este canal drena la margen derecha del río y el sector oriental de Montería con longitud aproximada de 45 Km desde su inicio en la cárcel municipal hasta entregar a la ciénaga grande a la altura del municipio de Cotorra. Actualmente y durante los últimos 30 años recibe el efluente de la Laguna Nororiental del Alcantarillado de Montería que alcanza un caudal promedio anual de 500 l/s, Situación anómala si se refiere a que la carga contaminante de dicho efluente llega a la Ciénaga Grande del Bajo Sinú alterando la calidad natural y capacidad del cuerpo lagunar afectando las condiciones de vida para la fauna y flora acuática. Sin embargo, este diagnóstico cualitativo no ha sido plenamente cuantificado debido a la inexistencia de estudios específicos entre ellos falta de monitoreos y estudios de limnología etc.

- Canal Colector, este canal drena entre el sector oriental de Montería y las estribaciones del Cerrito y el Cerro Colosiná en el municipio de San Carlos. Tiene una longitud aproximada de 32 Km. Inicia en el puente purgatorio Km 6 en la vía a Planetarica y entrega en la Ciénaga de Charco Grande en el municipio de San Carlos, de allí en adelante se convierte en el caño de Aguas Prietas que atraviesa el municipio de Ciénaga de Oro y entrega en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú a la altura del corregimiento de Punta de Yánez. Este canal se empalma en su inicio (puente purgatorio) con el canal final que recoge las aguas lluvias del sector sur de Montería, debido a que en éste sector no existe alcantarillado las aguas residuales se vierten a los canales de aguas lluvias por lo tanto se presenta la misma situación de transporte de carga contaminante desde Montería hasta la Ciénaga Grande.

Imagen NC7-5
Captación del Distrito de Riego Mocarí

Fuente: POMCA - CVS

7.1.2.3 Distrito de La Doctrina

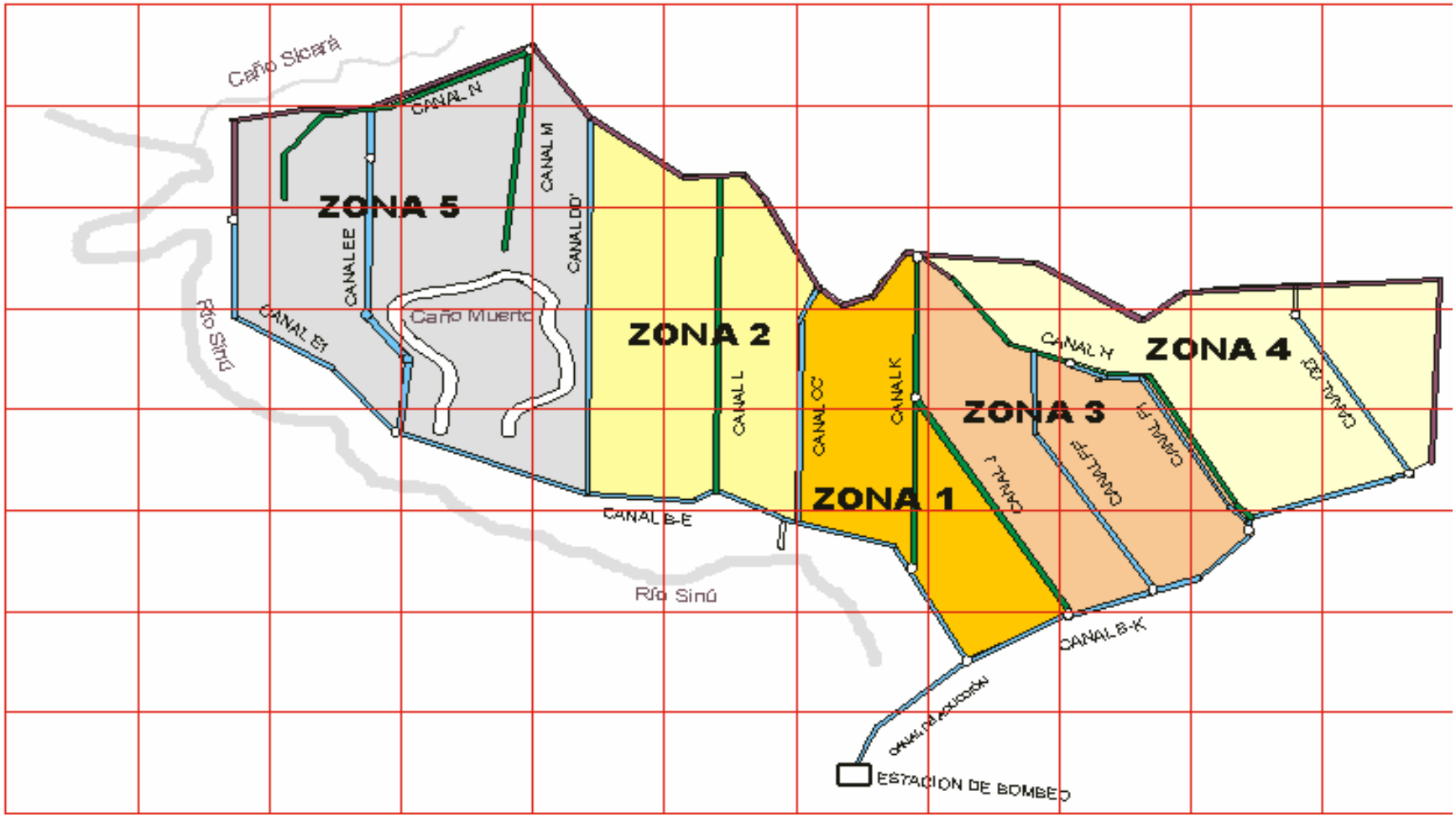
Localizado en le corregimiento de la Doctrina - Lorica, con las siguientes características:

- Captación: con capacidad de 3.6 m^3/seg y operacionalmente 1.2 m^3/seg.
- Canal de riego Principal: con 8.643 metros de longitud.
- Canal de riego Secundario: con 23.150 metros de longitud
- Canal de drenaje Principal: con 24.000 metros de longitud.

- Canal de drenaje Secundario: con 54.000 metros de longitud.
- Canal de drenaje Terciario: con 67.000 metros de longitud.
- Vías: con 92.000 metros de longitud

El distrito de riego – La Doctrina tiene la infraestructura y capacidad para riego de 2.200 hectáreas, actualmente se encuentran sin operar por falta de servicio de energía.

ZONIFICACIÓN DEL DISTRITO



Asodoctrina reporta 216 asociados - usuarios totales.

Cuando hay servicio de energía el horario de bombeo a través de los canales de riego se hace de 6 a.m. hasta las 12.m. a excepción de los domingos

7.1.2.4 Consideraciones sobre la situación de los distritos de riego.

Las tierras de la cuenca están limitadas en su capacidad de utilización, productividad y conservación, principalmente por factores, de tipo climático, edáfico, geomorfológico y por acción antrópica.

Las condiciones climáticas predominantes en el departamento generan un déficit de precipitaciones pluviales, que determinan en algunas zonas estaciones prolongadas de sequía afectando grandes extensiones de tierras con vocación agrícola, especialmente hacia el norte del departamento (bajo Sinú y zona Nor-oriental).

Actualmente las infraestructuras de los distritos de riego se encuentran **subutilizados**, debido a la baja utilización del mismo por parte de los usuarios, lo que se traduce en altos costo de operación como los costos de energía y mantenimiento de equipos. Adicionalmente los entes estatales encargados de su funcionamiento cuentan con presupuestos reducidos que dificultan su gestión de forma rentable.

7.1.3 Inventario de Usuarios del Recurso Agua para Uso Industrial

En términos generales, se considera que el mayor obstáculo para el desarrollo industrial es la insuficiente infraestructura de los centros poblados cercanos a las áreas de producción de materias primas, problema que afecta principalmente a Montería y otras localidades.

De acuerdo con la información recopilada, solamente se cuenta dentro del inventario de grandes usuarios del recurso agua para uso industrial a URRA S.A.E.S.P., en la actividad de generación de energía. Con suficiente información en los temas relacionados con la generación y preservación del ambiente. Adicional a éste no se han localizados usuarios en la cuenca del río Sinú que utilicen el recurso agua para uso industrial, en magnitud considerable o actividad predominante del sector industrial.

El proyecto hidroeléctrico de Urra I, el cual esta localizado sobre el río Sinú, 30 kilómetros al sur de la cabecera municipal de Tierralta y a 110 kilómetros de Montería.

La presa se encuentra ubicada en el extremo inferior de la Angostura de Urrá. La cuenca tributaria es de 4.600 Km^2 y el caudal promedio del río es de 360 m^3/seg en el sitio del proyecto.

La cota máxima de inundación es de 132 m.s.n.m., para un área inundada de 7.400 has con un volumen total de 1.740 m^3 y un embalse útil de 1.200 m^3. El embalse tiene forma alargada con una longitud inundada de río de 36,2 Km.

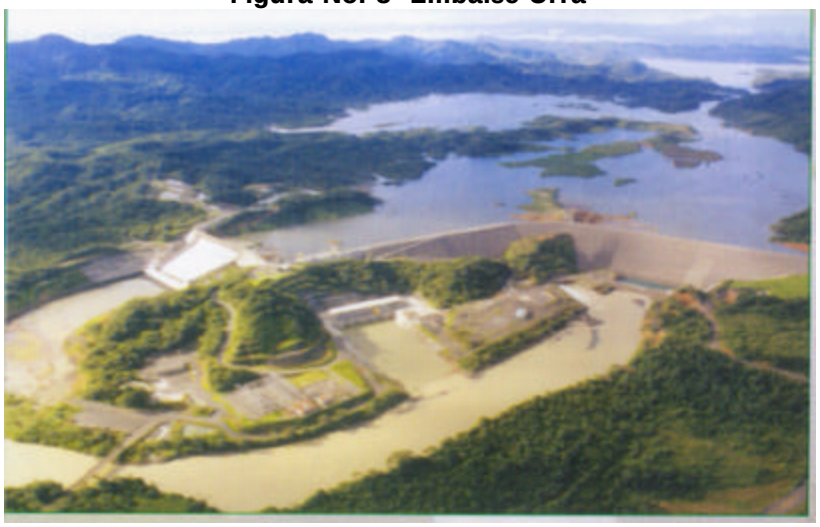
La zona de influencia directa del proyecto comprende la zona rural del municipio y afecta total o parcialmente 18 veredas: Ceibal, Villa Providencia, El Paraíso, Santana, Llanos de Urrá, Chibogadó, Angostura, Tucurá, Frasquillo, Punta de Piedra, Buenos Aires, Puerto Nuevo, Naín, Gallo, Gaitá, Las Claras, Río Verde y Caimanera.

Para la construcción del proyecto y posteriormente para su administración y mantenimiento, se constituyó desde el 2 de octubre de 1992, URRA S.A., una empresa generadora autónoma, una sociedad de economía mixta de carácter comercial e industrial.

Su estructura se diseñó con base en los principios de modernización del Estado. Su meta es constituir y operar una central Hidroeléctrica que por su eficiencia y rentabilidad sea considerada como ejemplo para proyectos similares, y desde luego, estar entregándole a la Región y a la Nación la totalidad de los beneficios esperados.

7.1.3.1 Características Técnicas Urrá I.

Figura No. 8 Embalse Urrá



Fuente: URRA S.A.

A continuación se muestran algunos datos técnicos generales del proyecto URRA multipropósito.

Datos generales	
Embalse	7.400 Hectáreas
Volúmen útil	1.200 Mm3
Volúmen total al nivel de cresta del rebosadero	1.740 Mm3
Energía media anual	1.421 GWH
Capacidad instalada	340 MW
Interconexión Red Nacional Subestación Cerromatoso	Por línea a 230 KV
Area de la hoya hidrográfica	4.600 Kms
Datos generales	
Caudal de diseño de turbinas	700 M3/Seg
Precipitación media sitio de la presa	1.850 mm
Caudal medio del río sitio de la presa (1960-1993)	349 M3/Seg
Desviación para la construcción	
Sistema	Ataguía y túneles
Número de túneles	2
Descarga por ambos túneles	1.088m3/Seg
Presa y dique	
Tipo	Núcleo impermeable de gravas arcillosas y espaldones de gravas limpias
Longitud de la cresta de la presa y dique	1.300 m
Volúmen	6.4 Mm3/Seg
Rebosadero	

Tipo	Canal abierto con flujo libre
Criterio de diseño	Creciente máxima probable
Capacidad máxima	9.500 m3/Seg
Caudal pico creciente máxima probable	14.910
Casa de máquina	
Tipo	Superficial
Altura máxima	44 m
Longitud	136 m
Ancho	22m
Número de puentes-grúas	2
Cota del eje de turbinas	68 m.s.n.m.

7.1.4 Inventario de Usuarios del recurso hídrico Subterráneo.

La potencialidad del uso del recurso hídrico subterráneo, se centra básicamente en la zona rural en donde muchos corregimientos mediante la perforación de un pozo y redes de distribución o la construcción de un pozo artesano y pileta pública se abastecen para consumo doméstico.

Solamente los municipios de San Andrés de Sotavento y Sahagún utilizan pozos perforados para completar el suministro de aguas para consumo doméstico, pero estos pozos se encuentran ubicados en la zona del la cuenca del río San Jorge.

En la gran mayoría de las cabeceras urbanas se identificaron como usuarios del recurso subterráneo los lavaderos de carros que por economía, disponibilidad o falta de continuidad no utilizan el servicio de acueducto.

Otros usuarios los constituyen las fincas que por lejanía con los centros poblados y/o fuente superficial usan el recurso subterráneo como fuente de abastecimiento para todas las actividades del predio rural. Lo anterior constituye una dificultad en la obtención de la información necesaria para la identificación de los usuarios.

Para el estudio del recurso subterráneo se realiza el análisis hidrogeológico que implica determinar las zonas de interés hidrogeológico, áreas de recarga de acuíferos, identificar las reservas de acuíferos, realizar un inventario de puntos de agua (pozos, aljibes o manantiales), definir las áreas hidrogeológicas y determinar la calidad del agua en cuanto a la vulnerabilidad de acuíferos, focos y riesgos de contaminación.

De la información recopilada del INGEOMINAS se presenta un inventario de Aljibes y Pozos ubicados en la zona de influencia del municipio de Montería teniendo en cuenta no hay información pozos o aljibes en otros municipios de la cuenca del río Sinú.

PUNTO	PAG_COD_PA	nombre sitio	nombre propietario	municipio punto	vereda, sector	nombre predio	geologia mapa	hidro quimica	geologia BDH	PROFUN
82,1	61-I-C-033	Finca La Estrel	Luis Cano	Monteria	El Vidrial	La Estrella	Qal S		Qal	6,00
90,1	61-I-C-037	Hacienda Santa	Gilberto Uribe	Monteria	Los Cedros		Qal S		Qal	12,00
91,1	61-I-C-031	Hacienda Villa	Teresa Berrocal	Monteria	El Vidrial	Villa Rebeca	Qal S	*	Qal	7,00
92,1	61-I-D-049	Saig¾n	Carlos Arturo L	Monteria	Ceibal	Saig¾n	Qal S		Qal	12,00
92,2	61-I-D-003	Nuestra Emisora	Alberto Salcedo	Monteria	Los Garzones		Qal S		Qal	10,00
92,3	61-I-D-039	Campamento Ca	Alvaro Uribe Ve	Monteria	El Tapado	California	Qal S		Qal	15,00
92,4	61-I-C-001	Las Alicias	Hugo Londo±o	Monteria	Casteblanco		Qal S		Qal	6,00
93,1	61-I-D-045	Linares (El Far	Ramiro Sanchez	Monteria	El Faro	Linares	Qal S		Qal	12,00
100,1	61-I-C-030	La Pista	Regina Buelvas	Monteria	El Rosario		Qal S		Qal	8,00
101,1	61-III-A-040	Villa Fatima	Nicolas Sanchez	Monteria	25 de agosto	Villa Fatima	Qal S		Qal	10,00
101,2	61-III-B-007	El Establo	MarÝa Clara Ran	Monteria	Los Pericos		Qal S	*	Qal	8,00
101,3	61-III-B-008	Parcelas los Ca	Lorenzo Gonzale	Monteria		Los Pericos	Qal S		Qal	7,00
102,1	61-III-B-010	La Antorcha	Curas de la Sal	Monteria	Las Lamas	La Antorcha	Qal S		Qal	8,00
102,2	61-III-B-011	Palma de vino	Leonardo Vargas	Monteria	Las Lamas		Qal S	*	Qal	11,00
102,3	61-I-D-043	Finca Gualanday	Jorge Gane	Monteria	Sabanal		Qal S		Qal	6,00
110,1	61-III-A-050	El Prado	Alberto Uribe	Monteria	El Charco	El Prado	Qal S		Qal	3,80
110,2	61-III-A-051	Santa Paula	Miguel Mariano	Monteria	El Charco	Santa Paula	Qal S	*	Qal	7,00
111,1	61-III-B-018	Claro de luna	Pepe Lorduiz	Monteria	Kilometro 6		Qal S		Qal	4,00
120,1	61-III-A-052	Casanare	Adolfo Hernande	Monteria	Carreto	Casanare	Qal S	*	Qal	7,00
122,1	61-III-D-014	Dos Montes	Raul Mejia	Monteria	Calle larga		Qal S		Qal	3,00
122,2	61-III-B-015	La Gloria	Alvaro Vergara	San Carlos	Calle larga		Qal S/Qtg		Qal	11,00

Tabla No. 12 Inventario de Aljibes en la Zona de Montería

Fuente: C.V.S

PUNTO	identificacion	nombre punto	propietario	municipio punto	vereda, sector	nombre del predio	Geologia mapa	Muestreo Hidroquímica	geologia BDH	PROFUN
82,2	61-I-C-034	Finca Palmira	JosÚ Antonio Ma	MONTERIA	Palotal	Palmira	Qal S	*	Qal	20,00
90,1	61-I-C-038	Villa Elena	Samuel Mejia Ve	MONTERIA			Qal S	*	Qal	60,00
91,1	61-I-C-036	El Floral	Nicanor Madrid	MONTERIA	El Vidrial	El Floral	Qal S		Qal	20,00
91,2	61-I-C-032	Ana MarÝa	Jaime Hermanos	MONTERIA	El Vidrial		Qal S	*	Qal	25,00
92,1	61-I-C-002	Finca Picacho	Miguel Espitia	MONTERIA	Sevilla	Picacho	Qal S	*	Qal	12,00
93,1	61-I-D-046	Santa Catalina	Narciso Bertell	MONTERIA	El Faro	Santa Catalina	Qal S	*	Qal	18,00
94,1	61-I-D-047	Finca MarÝa Au	Carlota Velez	MONTERIA	Canta Rana		Qal S	*	Qal	18,00
94,2	61-I-D-048	El Delirio	Iris Lora	MONTERIA	Guayabal		Qal S	*	Qal	70,00
99,1	61-I-C-028	Las Amelias	Alberto Calume	MONTERIA	BerlÝn		Qal S	*	Qal	12,00
100,1	61-I-C-027	Santa Catalina	Gilberto Vallejo	MONTERIA	Rancho Grande		Qal S	*	Qal	25,00
100,2	61-III-A-006	Servicentro Cost	Frank de Reis	MONTERIA	Zona urbana Costa de Oro		Qal S		Qal	20,00
101,1	61-I-D-041	Finca Horizonte	JosÚ Joaquin Ya	MONTERIA	Los Sabalos	Finca Horizonte	Qal S	*	Qal	12,00
101,2	61-III-B-009	Los Alpes	Matilde Duran	MONTERIA	Los PÙricos		Qal S		Qal	12,00
102,1	61-I-D-044	La Mejor Esquina	Adela Yanes	MONTERIA	El Sabanal	La Mejor esquina	Qal S	*	Qal	15,00
109,1	61-III-A-029	La Uva	Fredy Berrocal	MONTERIA			Qal S	*	Qal	20,00
111,1	61-III-B-019	Purgatorio	Edmundo L¾pez	MONTERIA	Kilometro 6		Qal S	*	Qal	18,00
112,1	61-III-B-017	La Maravilla	Lilia de Trujillo	MONTERIA	El Cedro	La Maravilla	Qal S	*	Qal	12,00
112,2	61-III-B-012	La Isla	Pedro Hayer	MONTERIA	El Cerrito	La Isla	Qal S	*	Qal	15,00
122,1	61-III-B-016	Carrizal - San Ca	Junta comunal C	SAN CARLOS	Corregimiento Carrizal		Qal S		Qal	103,00

Tabla No. 13 Inventario de Pozos en la Zona de Montería

Fuente: C.V.S

7.1.5 Inventario de Usuarios del Recurso Agua Para Navegación

A mediados del siglo XIX existía un comercio que utilizaba la red hídrica de la cuenca entre Cartagena y los pueblos ribereños del Sinú; uno de los principales puertos estaba ubicado en Lorica, en esta localidad para ese entonces se recogían todos los productos agrícolas que se producían en toda la cuenca del Río Sinú. La Ciénaga Grande del Bajo Sinú servia como vía de comunicación entre este puerto importante y los municipios y corregimientos vecinos a ella.

En ese entonces las canoas que eran el medio de transporte, viajaban por la ciénaga cargadas con productos agrícolas como el maíz, arroz, cueros, queso, entre otros; con el propósito de comercializarlos o cambiarlos por azúcar, café, y otros enseres en Lorica.

La Ciénaga de Betancí también prestaba un uso para navegación tanto para las actividades pesqueras como para el transporte de mercancías entre los caseríos de Maracayo y Ensenada de Hamaca y otros sitios localizados en las riberas del Río Sinú.

En la actualidad tal comunicación ha sido interrumpida por la construcción de una obra civil que regula los niveles de la ciénaga e impide el intercambio de aguas del Río hacia la ciénaga.

La navegación en ese momento se daba a través de embarcaciones llamadas “Barquetonas”, las cuales en su viaje por el mar utilizaban la fuerza del viento a través de las velas para su desplazamiento; y al momento de iniciar su travesía por el Río, su movimiento lo tomaban por medio de hombres (llamados Bogas) empujando la embarcación con varas hasta llegar al sitio definitivo. Es por esta razón que los viajes en ese entonces se demoraban hasta un mes y más de Cartagena a Montería.

Entre los años 1915 y 1920 se inicio en Montería la navegación mediante embarcaciones con motor a gasolina, esta fue promovida por el señor Norteamericano Frank Scharberg. Esta nueva forma de mover las embarcaciones resulto muy atractiva para los pasajeros, debido a que mientras duraban en un viaje normal de Montería a Cartagena un mes y unos días, con la mueva forma de transporte la lancha iba a Cartagena y regresaba a Montería en una semana.

En cuanto a los tramos navegables del Río Sinú estos dan inicio a partir de la confluencia con la quebraba Tay utilizando embarcaciones de bajo calado.

Durante el invierno era navegable hasta Montería por lanchas de regular calado; de Montería a Tierralta por embarcaciones menores y de Tierralta a Tucurá solo se podía remontar en canoas y eso salvando numerosos obstáculos.

En la actualidad el uso del recurso hídrico para la navegación se ha reemplazado y desplazado por la construcción de carreteras, debido a la disminución en tiempo de viaje entre los distintos trayectos.

Hoy en día se aprecia que los medios de transporte empleados en la navegación en el río Sinú son entre otros: motocanoas que en su mayoría trabajan para la extracción de áridos, planchones que son utilizados como medio de transporte para el cruce de pasajeros, carga, vehículos y material de arrastre a la otra margen del Río, lanchas particulares y algunos canoas de pescadores que buscan sustento para su familia, fenómeno este, que se extiende a las ciénagas de Betancí y Grande del Bajo Sinú.

7.1.5.1 Descripción de los Sistemas de Transporte Fluvial Existentes en la Cuenca Hidrográfica del río Sinú

Con el objeto de hacer una descripción del uso del recurso hídrico para la navegación en la cuenca hidrográfica del Río Sinú, se solicitó información a la Inspección Fluvial de Montería entidad encargada de llevar el inventario de embarcaciones, la estadística de los usuarios del servicio y de vigilar la legalidad de la prestación del servicio.

Inventario

En la actualidad la Cuenca del Río Sinú cuenta con un total de 149 embarcaciones atendidas por 441 tripulantes. Estas embarcaciones se encuentran discriminadas de la siguiente manera:

- 69 Moto canoas, 33 se movilizan en el embalse Urrá y el resto (36 Moto canoas) tienen su base de operación en la ciudad de Montería.
- 28 Chalupas, 6 prestan servicio de transporte de pasajeros en el embalse Urrá y las 22 restantes sirven para la recreación eco turística de sus propietarios en Montería, igual que los 3 Jet Sky.
- 49 Planchones, estos aparecen relacionados en orden geográfico, abarcando los municipios de Tierralta, Montería, Cereté, San Pelayo,

Cotorra, Lorica y San Bernardo del Viento. La ciudad de Montería cuenta con 29 Planchones dedicados a la movilización de pasajeros y los otros 20 cubren el resto de los municipios desarrollando el transporte mixto.

Descripción de Planchones

Las características de los planchones se describen conforme viene definido en el Articulo 2 de la resolución 0000668 del 13 de Abril de 1999, que lo define como trasbordadores.

Los planchones son embarcaciones cautivas que se mueven transversalmente a la dirección de la corriente del Río Sinú. En sus orillas hay postes o estructuras, no menores de cinco metros, que asemejan columnas a través de las cuales una guaya, en general de media pulgada, pasa y es agarrada por pernos a mojones enterrados en el suelo. En promedio la luz entre postes es de 180 metros. Por la guaya se desplaza una carrucha que se comunica por medio de una Manila a la plataforma del planchón. Estructuralmente están conformados por dos canoas (Pasajeros) o tres (Mixtos) de madera con longitudes entre 7 y 10 metros. Sobre las canoas una plataforma de madera que sirve para el soporte de la carga y/o pasajeros, entre 4 y 10 metros. Y también cuenta con rampa de ascenso y descenso.

Sobre la plataforma se encuentran las sillas, elementos de seguridad, e higiene. Alrededor de esta plataforma está un cerramiento cuya configuración queda determinada por el uso a dar a la embarcación. Igual determinación a de tomarse con el techo puesto que para el transporte mixto no es práctico el entechaje total mas si es indispensable para el transporte de personas.

Los puestos son acondicionados dependiendo el tipo de carga a transportar, pero en ambos casos es imprescindible el uso de iluminación nocturna, y fácil acceso.

Las embarcaciones, dependiendo de si transportan más de 25 toneladas de capacidad de carga se dividen en mayores y menores. A excepción de los trasbordadores en Río Nuevo, todas son embarcaciones menores que laboran desde las primeras horas del día hasta antes de comenzar el nuevo; eventualmente algunos planchones se encuentran en disponibilidad permanente en corregimientos distintos de Montería. Son operados por tripulantes debidamente acreditados por la expedición del permiso correspondiente que hace la autoridad fluvial.

Los planchones cuentan con elementos de seguridad, sanidad e higiene. Cada planchón que transporte pasajeros debe estar acondicionado de 20 de veinte (20) chalecos salvavidas, ancla, botiquín y dotado de elementos de primeros auxilios. Una Manila de 20 metros y una vara larga mínimo de 3 metros. La embarcación a de estar aseada, portar la bandera Colombiana y llevar su nombre a los lados de la proa.

Descripción de las motocanoas

Las de uso público en el embalse Urrá están construidas en madera, con una eslora ponderada de 15 metros, manga de 1 metro y puntal de 50 centímetros. Su capacidad de carga oscila en 3 toneladas. Cumplen con las normas de seguridad individual por pasajero (20 pasajeros igual número de chalecos), botiquín. Para verificar su estado se hacen inspecciones técnicas rutinarias para comprobar su aptitud para navegar lo cual es confirmado mediante la expedición o renovación de la patente de navegación, documento expedido por la autoridad fluvial que certifica que la embarcación está en condiciones de navegar, mas no de prestar servicio público.

De la misma manera los tripulantes o motoristas deben portar vigente su permiso de navegación.

En cuanto a las moto canoas elaboradas en madera destinadas al uso privado de extracción de áridos, presenta una eslora de 20 metros, entre 1 y 1.2 metros de manga y unos 80 centímetros de puntal; con capacidad para transportar entre 16 y 24 toneladas o el equivalente a 8 y 13 metros cúbicos de áridos. Las embarcaciones y los tripulantes igualmente han de portar los elementos de seguridad y sanidad para que les puedan ser expedidos los documentos que acrediten poder navegar.

Las chalupas particulares de fibra de vidrio y los Jet Sky también se acogen a las normas de navegación, y tanto tripulantes como embarcaciones son sometidos a las inspecciones rutinarias para la entrega de la documentación respectiva.

Fuera de los planchones, casi todas las demás embarcaciones cuentan con motores fuera de borda; en su mayoría marca Yamaha, pata corta de 40 H.P en aceptable estado que significativamente no causa ningún tipo de contaminación. De los 85 motores registrados, sus propietarios han tramitado la documentación que lo acredite como tal ante la Inspección Fluvial del Ministerio de Transporte.

7.1.5.2 Legalidad de la Prestación del Servicio

Dado que los empresarios transportadores no han cumplido con los requerimientos para que el Ministerio de Transporte les reconozca la legalidad de la prestación del servicio como público, mediante la habilitación, las tarifas que se manejan en el mercado no son avaladas y autorizadas por la autoridad fluvial.

Asimismo el valor del transporte depende de factores como tipo de embarcación utilizado (planchón, moto canoa, chalupa), la distancia recorrida y la demanda.

En la represa de Urrá el cobro por el transporte de pasajero en moto canoa y chalupa es de quinientos y seiscientos ($500 - $600) / Kilómetro en promedio.

En el resto del Río Sinú el transporte de pasajeros es especialmente sui generis comparado con el resto del país. La navegación es transversal, de ahí el uso del trasbordador, y no longitudinal como el resto del Territorio Nacional que se presta para largas distancias, básicamente en chalupas.

El cobro por el trasbordo de pasajeros es de trescientos pesos ($300) desde Enero de 2004. Por el cruce de una moto, quinientos ($500) y dos mil pesos ($2000) un vehículo liviano, buses y camionetas 300 entre Cinco y Seis mil pesos ($5000 - $6000) dependiendo si va cargado o no.

7.1.5.3 Usuarios del Recurso Hídrico para Navegación

Los usuarios que utilizan el servicio público de transporte fluvial son colonos e indígenas de la zona de influencia del embalse Urrá. Como también estudiantes, obreros, trabajadores informales y vecinos locales en los planchones que prestan el servicio de transporte de pasajeros. Asimismo estudiantes, moradores locales, moto taxistas, finqueros y transportadores en los planchones que prestan el servicio público mixto en las otras localidades de la Cuenca.

El estudio estadístico realizado en la represa de Urrá y en la ciudad de Montería muestra que el promedio anual es de Dos Millones Cuatrocientos Mil (2´400.000) pasajeros anuales en Cuatrocientos Ochenta Mil (480.000) viajes. El anuario estadístico que publica el Ministerio de Transporte indica que es el mayor movimiento de una inspección fluvial en el país equivalente al 60% del total.

De tenerse los datos del resto de planchones, los 21 mixtos, el promedio podría alcanzar los Cuatro Millones (4´000.000) de pasajeros, lo que muestra la

dependencia, de la región ribereña del modo de transporte fluvial y la directa incidencia del río y la navegación fluvial en el movimiento de pasajeros, sin dejar de observar que el transporte vehicular (vehículos livianos tipo campero y moto especialmente), el ganado y la producción agrícola, también es una cifra significativa dentro del contexto general del transporte fluvial y la viabilidad del desarrollo de la región.

7.1.5.4 Conclusiones

- El río Sinú presenta un gran número de usuarios que lo utilizan para navegación, la gran mayoría en sentido transversal, en estructuras denominadas planchones. No obstante, la navegación en el río está restringida a embarcaciones menores, debido a la poca profundidad de la lamina de agua en épocas de verano.

- Dentro del área del embalse de Urrá y los humedales existentes en la cuenca, la navegación constituye el principal medio de transporte para los pobladores de las zonas. Dado que, es la inspección fluvial la entidad encargada de la regulación de la navegación en la cuenca del río Sinú se requiere del fortalecimiento interinsitucional para aunar esfuerzos en la preservación del recurso hídrico. Acciones encaminadas a desarrollar procesos de educación ambiental con los usuarios entre ellos los planchoneros permitirian la conservación y protección del recurso agua y de la zona de ronda de los mismos.

7.2 INVENTARIO DE LOS USOS Y USUARIOS DE LOS RECURSOS FLORA Y FAUNA

7.2.1 Introducción

El ser humano, como parte integral de la naturaleza, tiene la posibilidad de hacer uso de los recursos naturales para su supervivencia, es decir, depende de ella. Existen sociedades que integran todos los tipos de uso (ver tabla 5.2.1) en su desarrollo, son las llamadas *sociedades ecosistémicas* (Andrade, 1997) que valoran la naturaleza en cuanto a su uso para suplir necesidades físicas, pero que también la usan en aspectos sociales y espirituales.

Pero estas sociedades son minorías que muchas veces son absorbidas por la sociedad de consumo (y acumulación) dominante. En la cuenca del río Sinú aún es posible encontrar, en mayor o menor grado, este tipo de sociedades, son los indígenas Embera-Katíos en el Alto Sinú y los integrantes del resguardo indígena Zenú en San Andrés de Sotavento y áreas adyacentes.

Y es está sociedad dominante, acumuladora de riqueza, la que a través de un uso irracional de los recursos, ha causado la disminución y desaparición de los recursos naturales. Esta situación ha existido desde hace tiempo, pero sólo hasta la década de los 60s, ante el evidente efecto adverso de este comportamiento, los estados comenzaron a preocuparse por controlar, de alguna manera, la irremediable pérdida de recursos naturales en el mundo.

A raíz de esta situación se ha generado un sinnúmero de normas que pretenden que sea el estado quién controle el uso de esos recursos; sin embargo, una cosa "es la instancia jurídica y otra la práctica, pues aunque muchos de los recursos biológicos están bajo el régimen formal de control por parte del estado, el acceso libre a ellos sigue acarreando problemas para su conservación y manejo racional" (Andrade, 1997).

El primer paso para plantear un ordenamiento y manejo de los recursos naturales es conocer quienes son los usuarios y cuales son los usos que se les está dando, pues esos usos deberán ser materia adecuación o prohibición, de acuerdo al grado y tipo de afectación, si se quiere contar con ellos para las generaciones venideras e incluso para un futuro inmediato.

En este sentido es conveniente mencionar dos conceptos expresados por Andrade (1997) en cuanto al uso que se podría dar a los recursos naturales: el *uso*

sostenible que se refiere a la extracción consciente, pero sin mayor responsabilidad, de individuos de poblaciones biológicas y *la conservación a través del uso*, por la cual los usuarios directos adquieren mayores derechos y mayores responsabilidades en cuanto a la administración de los recursos.

También existen usuarios de servicios ambientales como las hidroeléctricas, empresas de turismo y la navegación. Otros sectores como la ganadería y la agricultura, aún cuando pueden ser beneficiarios indirectos de la biodiversidad (conservación del agua, controladores biológicos de plagas, enriquecimiento de suelos, alimento, etc.), han implicado en su desarrollo la destrucción y/o modificación parcial o total de los ecosistemas.

Si se desea mantener la oferta ambiental existente y recuperar la perdida, con el objeto de favorecer la existencia de recursos que puedan ser utilizados de forma equitativa por un mayor número de personas, de manera que suplan sus necesidades básicas de alimento, vivienda y salud, es necesario que haya un acatamiento de las normas que en materia ambiental existen, así como también es necesaria la aplicación más rigurosa de las limitaciones que imponen dichas normas.

La escasez o ausencia de recursos que sustentaban la economía de algunas comunidades, lleva a una problemática social que será mucho más costosa de atender que si se previene esa disminución o desaparición de los recursos.

A continuación se hace la relación de los usos y usuarios de la biodiversidad en la cuenca del río Sinú, anotando que se debe profundizar mucho más en relación con la cuantificación de los usuarios, lo cual permitirá realizar proyectos específicos con determinados grupos y sobre especies claves.

7.2.2 USOS Y USUARIOS DEL RECURSO FLORA

Las plantas constituyen la base del flujo energético en el planeta, pues es sólo gracias a ellas que los demás seres vivos podemos acceder a la energía procedente del sol a través de la fotosíntesis, la cual genera elementos alimenticios y el oxígeno necesario para la respiración.

No obstante, los seres humanos no apreciamos en su verdadera dimensión el valor de la sola existencia de las plantas y nos hemos entregado al saqueo (explotación) del recurso con la sola visión de la obtención de riqueza inmediata, parte de lo cual

se refleja en el desconocimiento sobre los recursos existentes, su distribución, su abundancia y su disponibilidad potencial relacionada con su permanencia.

Todos los grupos de flora tienen utilidad en algún aspecto para el ser humano, ya sea como alimento para el mismo o para la fauna de la que también se beneficia, fuente de oxígeno, fuente de sustancias para medicina e industria, fuente de elementos para vivienda y muchos otros usos.

Sin embargo, parece que el ser humano encuentra que el mayor valor de las plantas radica en el uso maderable, como se evidencia más adelante en los resultados obtenidos a través de encuestas. El uso como alimento se hace de forma permanente pero inconciente, por lo cual se le menciona poco.

A continuación se mencionan los usos actuales y potenciales de los diferentes grupos de flora que son encontrados dentro de la cuenca, notándose que para los grupos menores es escasa la información, por lo que urge adelantar las acciones pertinentes para el conocimiento y manejo de estos recursos.

7.2.2.1 Fitoplancton

Como se mencionó en el numeral 5.5.2.1 el fitoplancton es usado para determinar el estado de los ecosistemas acuáticos y en este sentido los usuarios son las Universidades (hasta el presente Universidad de Córdoba, Universidad de Antioquia y Universidad Pontificia Bolivariana) y firmas de consultorías ambientales.

Otro uso directo del fitoplancton se da en la acuicultura, actividad en la que se usa como alimento de organismos (zooplancton) que a la vez serán utilizados como alimento de los primeros estadios de algunas especies de peces. El principal usuario dentro de la cuenca actualmente es el Centro de Investigación Piscícola - CINPIC – de la Universidad de Córdoba.

7.2.2.2 Flora Terrestre

En la tabla 14 se relacionan los usos actuales y potenciales de la flora en la cuenca del río Sinú. El origen principal de los datos fue la información secundaria proveniente de las fuentes registradas en el inventario de flora (anexo 5.5.1.3.1); se complementó con usos potenciales para algunas especies relacionados en el proyecto SIG-PAFC por Trujillo (1997).

A esta información se le agrego aquella obtenida de las encuestas cuando se tuvo seguridad acerca de la correspondencia entre el nombre dado por la comunidad y