ÍNDICE							
Categoría	**Número de Documento**	**Fecha**	**Descripción**	**Observacion**	**Tomo**	**N° de Folio Inicio**	**N° de Folio Final**
Consultoría carpetas Ambiental			CONTINUACIÓN 1. Cap. 6. Recurso Hidrico		17	3201	3316
Consultoría carpetas Ambiental			1. Lista de permisos unidad forestal		17	3317	3317
Consultoría carpetas Ambiental			Requisitos para el permiso de ocupación de cauce		17	3318	3318
Consultoría carpetas Ambiental			Requisitos para el permiso de emisiones atmosféricas		17	3319	3319
Consultoría carpetas Ambiental			Requisitos concesión de aguas superficial		17	3320	3320
Consultoría carpetas Ambiental			1. Concesiones de Aguas Subterraneas		17	3321	3321
Consultoría carpetas Ambiental			Concesiones de Aguas Superficiales		17	3322	3323
Consultoría carpetas Ambiental			Inventario de Vertimientos		17	3324	3325
Consultoría carpetas Ambiental			Informe final- calidad de agua - departamento de Córdoba		17	3326	3400

CONTINUACIÓN 1. Cap. 6. Recurso Hidrico

6.4.1.5 Análisis de Duración de Caudales Estación Angostura de Urrá

Esta estación, instalada en Agosto de 1959, está ubicada en la actual área de inundación del Embalse de Urrá, en el municipio de Tierralta a una elevación de 77 m.s.n.m. Posee registros históricos de casi 40 años hasta su suspensión en Diciembre de 1998, meses antes de comenzar el llenado del embalse. A partir de esta fecha la Empresa Urrá S.A. E.S.P., ha venido registrando los caudales aguas abajo del embalse con base en tres diferentes procedencias: 1) caudal total turbinado de las 4 unidades de generación existentes, 2) caudal de la descarga de fondo y 3) caudal rebosado. Por medio de estos datos se genera una serie de caudales diarios, denominada serie de caudales "aguas abajo". Con los datos históricos "antes de Urrá" y con la serie "aguas abajo" se realizó un análisis de duración de caudales diarios con el fin de comparar el comportamiento histórico del río en cuanto a caudales medios se refiere antes de la entrada en operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá en Febrero de 2000 y después de esta fecha.

En primer lugar se elaboró el histograma de frecuencias de caudal diario con la serie "antes de Urrá" y después de Urrá con la serie "aguas abajo" para todo el rango de caudal (ver Figura No. 4).

La distribución de caudales medios diarios varía antes y después de Urrá. Antes de Urrá la media es de 343 m^3/s con desviación estándar de 203 y un coeficiente de asimetría de 1.01 indicando desplazamiento notable hacia la derecha, es decir hacia caudales altos. Después de Urrá la media desciende a 328 m^3/s con desviación estándar de 186 y un coeficiente de asimetría tan solo de 0.4, indicando desplazamiento también hacia caudales altos pero en mucho menor grado.

Lo que se aprecia es que antes de Urrá los caudales estaban distribuidos en un rango mucho mas amplio (hasta 1800 m^3/s) con un fuerte peso hacia la cola de caudales extremos altos. Esto significa que los eventos extremos producidos por el río tendían a ser más eventos de caudal máximo y no mínimo. Por el contrario después de Urrá los caudales están más concentrados hacia la parte de la curva de caudales medios y sin ser tan marcada la cola de caudales altos.

Esto se ve reflejado en la curva de duración de caudal diario (ver Figura No. 5) en donde la curva antes de Urrá esta muy por encima de la después de Urrá en el rango de 0 a 10% (caudales altos) lo que implica que antes el río no estaba regulado dentro de este rango. Para el rango entre 10% y 40% (Q entre 400 m^3/s y 600 m^3/s) es la curva antes y después se comporta igual resultando indiferente

el análisis. Dentro del rango de 40% y 80% (Q entre 100 m^3/s y 400 m^3/s) la curva de antes de Urrá esta un tanto por encima de la de después. Esto significa que para un caudal dado, este se mantenía durante más porcentaje de tiempo antes de Urrá que después.

Figura No. 4 Histograma de frecuencia Q diario estación Angostura de Urrá

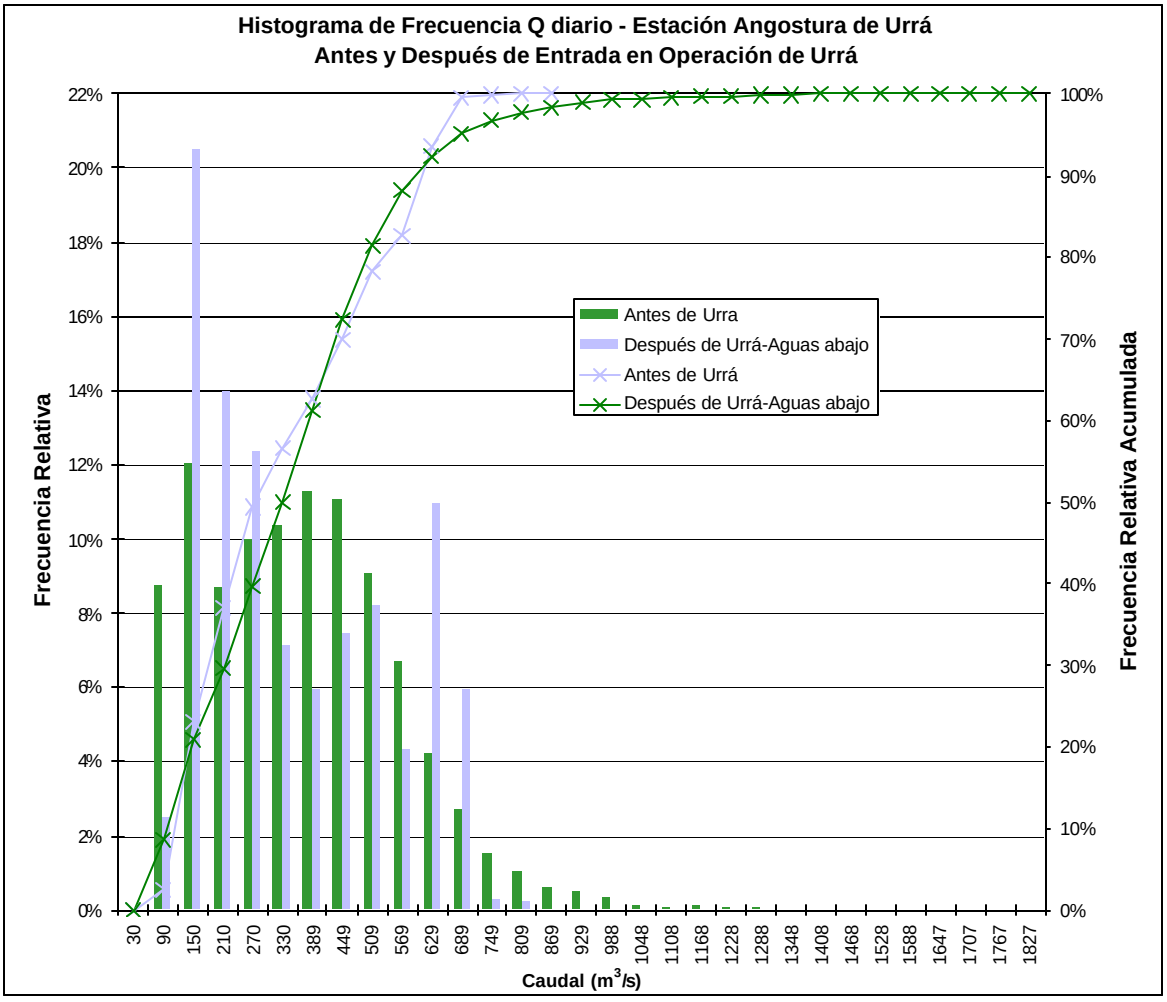
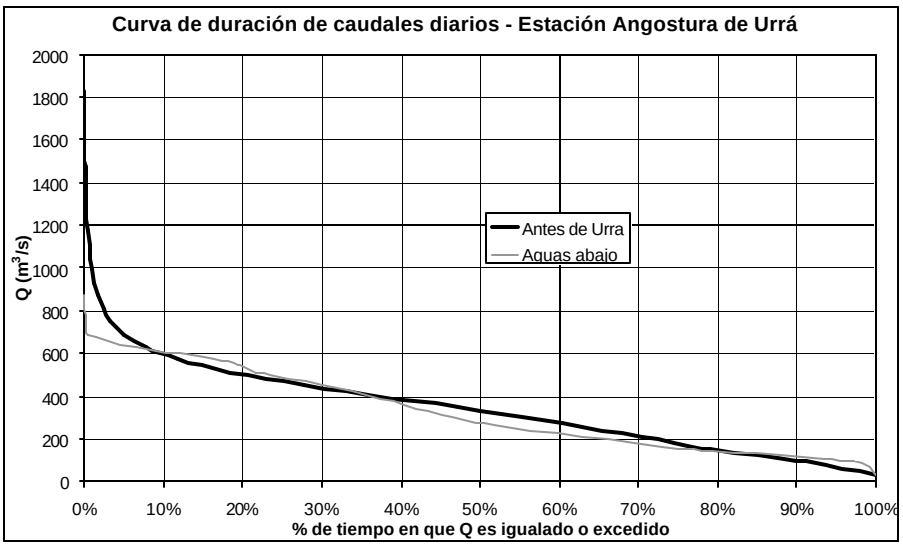


Figura No. 5 Curva de duración de caudales diarios estación Angostura de Urrá



Con el fin de ser mas concluyente se dividió el rango de caudal en Q_{bajo} y Q_{alto} teniendo como criterio la media de la serie, si el caudal es menor que la media se clasifica como Q_{bajo}, de lo contrario se clasifica como Q_{alto}. Posteriormente se elaboró el histograma de frecuencias de caudal diario para rango de caudal bajo con la serie "antes de Urrá" y después de Urrá con la serie "aguas abajo" (ver Figura No.6).

La distribución de caudales medios diarios (rango Q_{bajo}) varía antes y después de Urrá. Antes de Urrá la media es de 191m^3/s con desviación estándar de 88 y un coeficiente de asimetría de 0.09 indicando desplazamiento leve hacia la derecha, es decir hacia caudales medios. Después de Urrá la media desciende a 181 m^3/s con desviación estándar de 68 y un coeficiente de asimetría de 0.33, indicando desplazamiento también hacia caudales medios mas notable.

Lo que se observa es que antes de Urrá los caudales estaban distribuidos más uniformemente en el rango de 78 m^3/s a 355 m^3/s con una tendencia muy leve hacia caudales medios. Por el contrario después de Urrá los caudales se encuentran mas concentrados entre 99 m^3/s y 249 m^3/s de igual forma con una tendencia a caudal medio.

Esto se ve reflejado en la curva de duración de caudal diario (ver Figura No.7) en donde la curva de antes de Urrá esta muy por encima de la después de Urrá en el

rango de 0 a 60% (Q entre 150 m^3/s y 350 m^3/s) y se encuentra por debajo entre 70% y 100% (Q entre 80 m^3/s y 130 m^3/s). Esto implica que hay en general una regulación de caudales bajos después de Urrá.

Figura No. 6 Histograma de frecuencia Q diario estación Angostura de Urrá

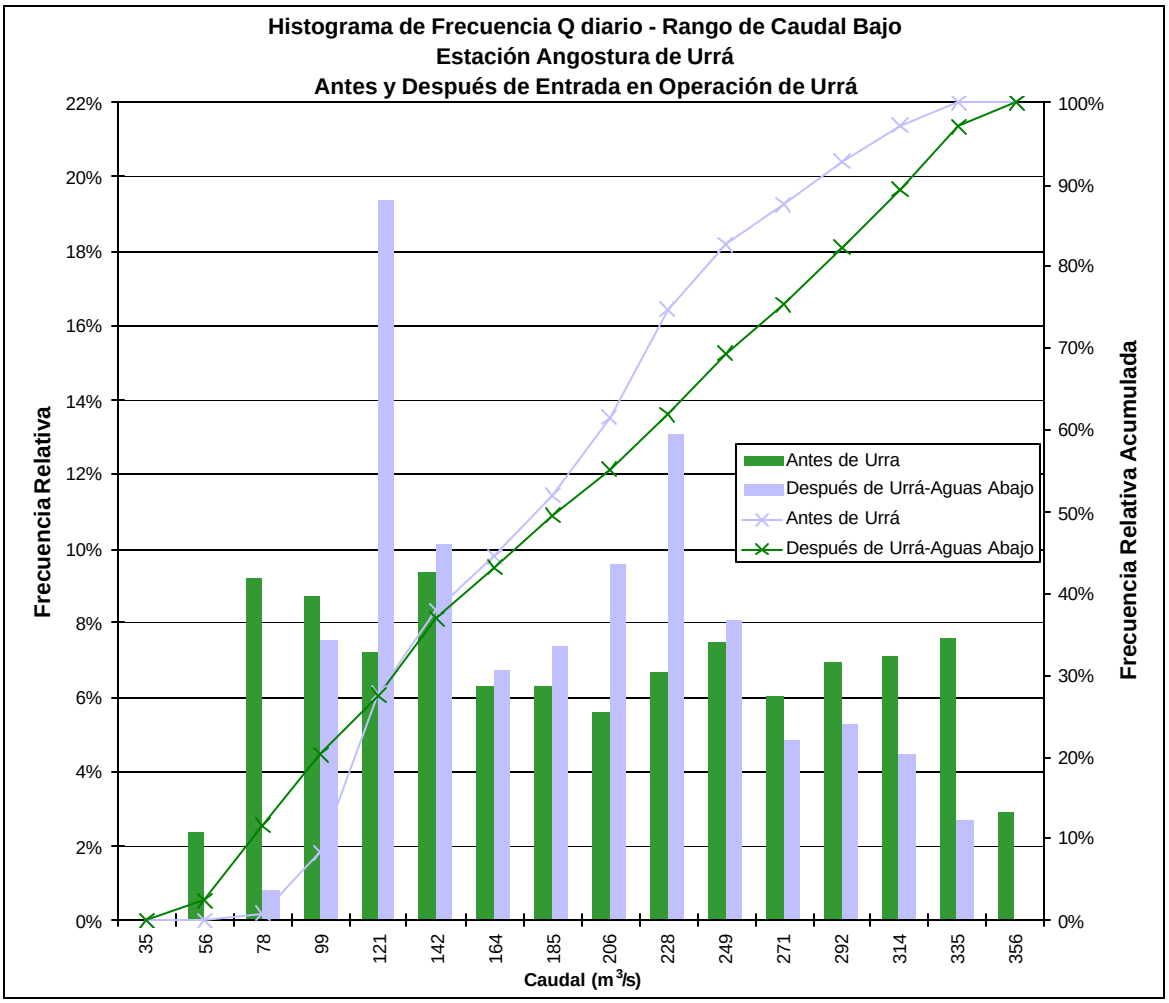
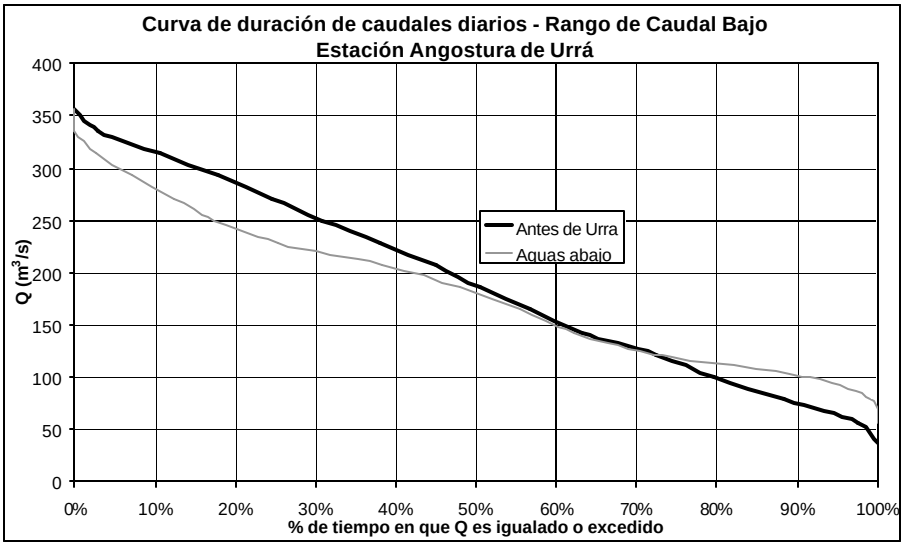


Figura No. 7 Curva de duración de caudales diarios estación Angostura de Urrá



El histograma de frecuencias de caudal diario para rango de caudal alto con la serie “antes de Urrá” y después de Urrá con la serie “aguas abajo” se puede ver en la Figura No. 8.

La distribución de caudales medios diarios (rango Q_{alto}) varía antes y después de Urrá, aunque sorprendentemente la media tiene el mismo valor para ambas series, 512 m^3/s. Lo que si varía marcadamente es la desviación estándar, antes de Urrá era de 155 con un coeficiente de asimetría de 2.27 indicando un desplazamiento muy evidente hacia la derecha, es decir hacia caudales extremadamente altos. Después de Urrá, una desviación estándar de 102 y un coeficiente de asimetría de -0.08, indican un desplazamiento muy ligero hacia caudales medios.

Lo que se aprecia es que antes de Urrá los caudales estaban mal distribuidos en un rango muy amplio entre 400 y 1900 m^3/s, como es de esperarse en el comportamiento natural de un río. Posterior a la operación de Urrá lo que se tiene es que la media se conserva pero concentrando los caudales en un rango mas limitado entre 400 y 800 m^3/s con tendencia hacia caudales medios mostrando el efecto regulador que ha tenido el embalse.

Esto se ve reflejado en la curva de duración de caudal diario (ver Figura No. 9) en la cual la curva después de Urrá claramente tiende a ser mas horizontal que antes

de Urrá. Esto implica que hay en general una regulación de caudales altos después de Urrá ya que para un rango de tiempo relativamente alto (entre 0% 80%) el caudal se mantiene en un rango mas estrecho entre 400 m^3/s y 700 m^3/s, cosa que no sucedía antes.

Figura No. 8 Histograma de frecuencia Q diario estación Angostura de Urrá.

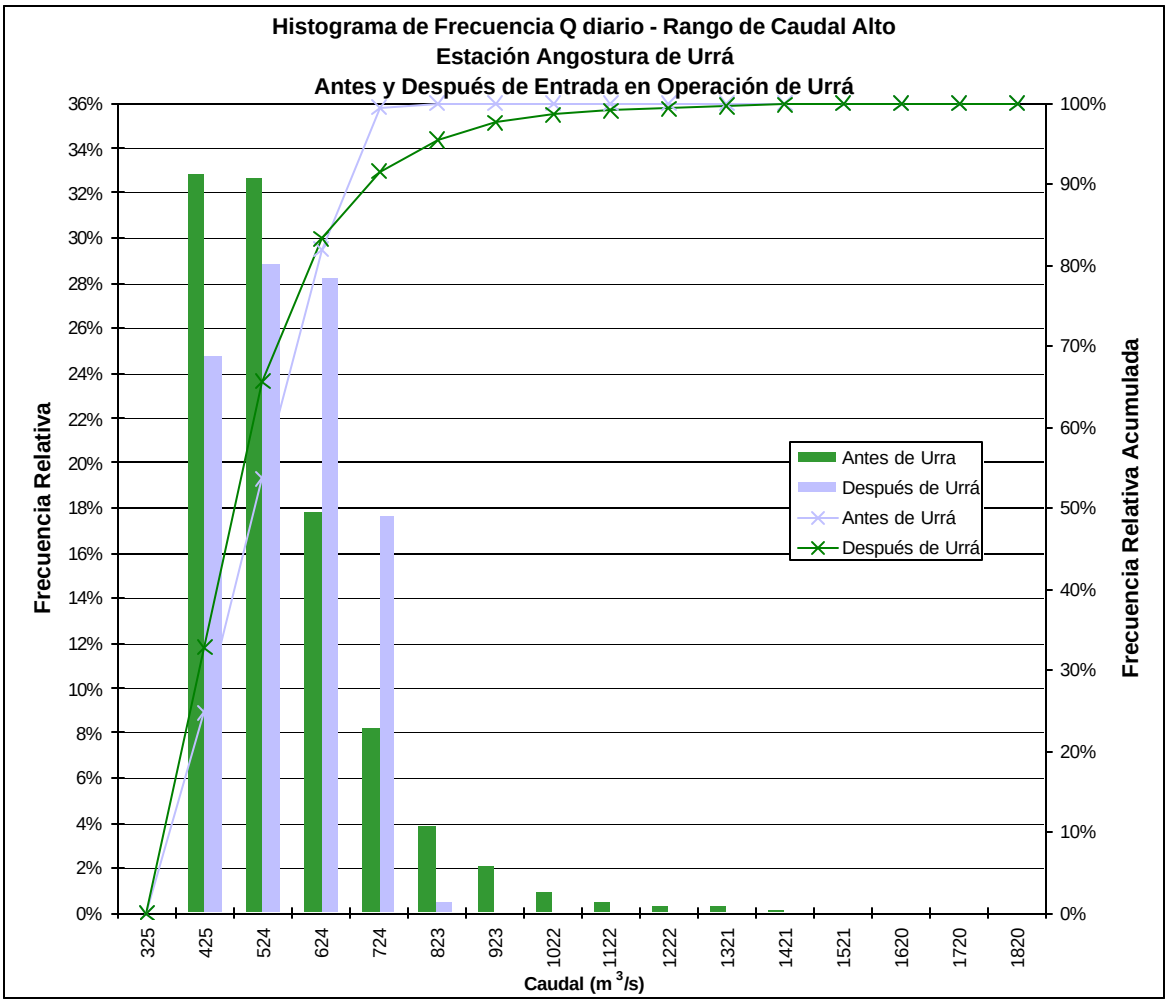
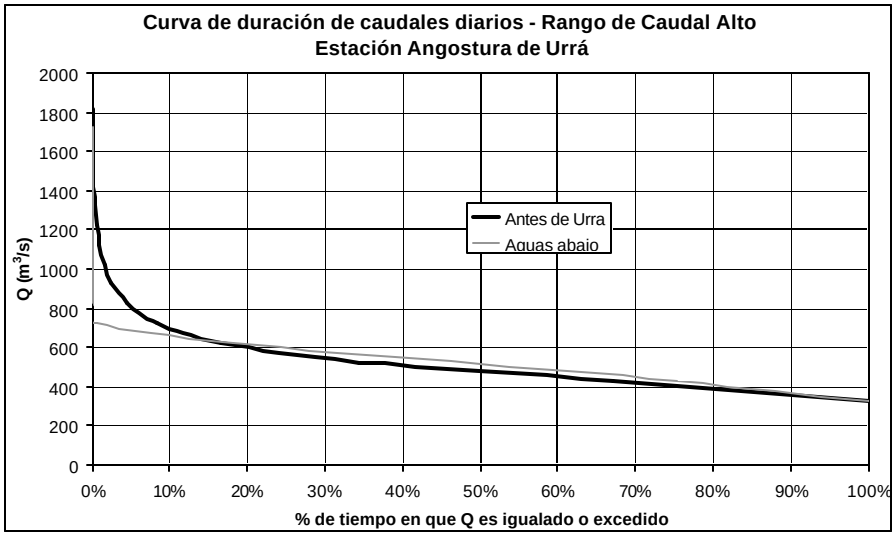


Figura No. 9 Curva de duración de caudales diarios estación Angostura de Urrá



6.4.2 Análisis Estadístico

6.4.2.1 Análisis de Frecuencia

Los sistemas hidrológicos son afectados generalmente por eventos extremos tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de un evento extremo esta inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia. Es decir, eventos muy severos ocurren con menos frecuencia que eventos mas moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Se supone que la información hidrológica analizada es independiente y esta idénticamente distribuida, y el sistema que la produce (por ejemplo un sistema de tormenta) se considera estocástico, independiente del espacio y el tiempo.

Periodo de Retorno

Por definición, un evento extremo ocurre si su magnitud supera o excede un cierto valor determinado (i.e. el valor de la precipitación para una determinada área es mayor a 20 mm en menos de 24 h o el caudal de un río supera los 500 m^3/s). El

intervalo de recurrencia τ de dicho evento es el tiempo entre ocurrencias del evento en cuestión (Chow et al., 1994).

El *periodo de retorno* T de un evento es el promedio de los valores de τ sobre un número de ocurrencias lo suficientemente grande.

De esta forma puede definirse el periodo de retorno de un evento hidrológico como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

Puede relacionarse directamente el periodo de retorno con la probabilidad de ocurrencia del evento hidrológico. La probabilidad p de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno.

Así,

$$p = \frac{1}{T}$$

Esto es,

La probabilidad de que el evento se produzca en cualquier año es el inverso del periodo de retorno asociado a dicho evento (i.e. si el evento hidrológico es que en un río se superen los 500 m^3/s y este evento tiene un periodo de retorno de 10 años, la probabilidad de que en cualquier año 500 m^3/s sean superados o excedidos es de 1/10 = 0.1).

Análisis de Frecuencia utilizando Posiciones de Graficación

Para este análisis es necesario definir primero en que consisten las series de información hidrológica:

Serie de duración completa: esta compuesta por toda la información disponible a nivel mensual.

Serie de duración parcial: hace parte de la *serie de duración completa* pero de esta última se extraen los valores que sobrepasan un valor base predefinido. Generalmente este valor base se toma como el mínimo de la serie anual.

Serie anual: esta formada por los valores máximos anuales.

Serie de excedencias: se forma al tomar los n primeros valores de la serie de duración parcial ordenada de mayor a menor, donde n es el numero de años en consideración (Chow et al., 1994).

Una vez se tiene la serie de excedencias, se procede a determinar los periodos de retorno.

A cada uno de los valores de la serie de excedencias le corresponde un periodo de retorno T asociado dependiendo de la posición m que dicho valor ocupe dentro de la serie de n datos.

De esta forma existen varias expresiones para determinar T. Las más conocidas son la de California y Weibull:

$$California \begin{cases} p = \dfrac{m}{n} \\ T = \dfrac{n}{m} \end{cases}$$

$$Weibull \begin{cases} p = \dfrac{m}{n+1} \\ T = \dfrac{n+1}{m} \end{cases}$$

Análisis de Frecuencia utilizando Factores de Frecuencia

Este método esta basado en el hecho de que la magnitud de un evento hidrológico puede expresarse como la media de la serie de observaciones realizadas más un cierto valor el cual esta en función de la desviación estándar de la serie, es decir:

$$x_T = m + K_T s$$

donde

x_T = magnitud del evento hidrológico
μ = media de la serie hidrológica
σ = desviación estándar de la serie hidrológica

K_T = factor de frecuencia

De esta forma se puede determinar fácilmente la magnitud x_T de un evento hidrológico extremo y su periodo de retorno asociado T.

El factor de frecuencia K_T depende del periodo de retorno T y de la distribución que sigue la serie hidrológica. A continuación se describe como se debe calcular dicho parámetro.

Distribución Normal

El valor de K_T correspondiente a una probabilidad de excedencia de p ($p = \frac{1}{T}$) puede calcularse encontrando el valor de una variable intermedia w:

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (0 < p \leq 0.5)$$

y luego calculando K_T utilizando la aproximación

$$K_T = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

Cuando p>0.5, 1-p es utilizado en lugar de p y al valor de K_T se le asigna un signo negativo.

Distribución LogNormal

Para la distribución LogNormal, se aplica el mismo procedimiento excepto que este se aplica a los logaritmos de la serie hidrológica.

$$y_T = m_y + K_T s_y$$

donde

y_T = log x_T
μ_y = media de la serie hidrológica de logaritmos
σ_y = desviación estándar de la serie hidrológica de logaritmos
K_T = factor de frecuencia

El factor de frecuencia se calcula de la misma manera que para la distribución normal.

Una vez se conozca el valor de y_T, este se transforma en x_T nuevamente aplicando la función antilogaritmo:

$$x_T = 10^{y_T}$$

Distribución Log-Pearson Tipo III

En esta distribución también se trabaja con los logaritmos de la serie original.

$$K_T = z + \left(z^2 - 1\right)k + \frac{1}{3}\left(z^3 - 6z\right)k^2 - \left(z^2 - 1\right)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

con

$$k = \frac{C_s}{6}$$

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}} \qquad \left(0 < p \le 0.5\right)$$

$$p = \frac{1}{T}$$

Donde

C_s = coeficiente de asimetría de la serie hidrológica de logaritmos
T = Periodo de retorno en consideración (años)

Una vez se conozca el valor de y_T, este se transforma en x_T nuevamente aplicando la función antilogaritmo:

$$x_T = 10^{y_T}$$

Distribución de Valor Extremo o Gumbel

Para este tipo de distribución se tiene lo siguiente:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{p}\left\{0.5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

donde

T = Periodo de retorno en consideración (años)

Ver (Chow et al., 1994)

Análisis de Frecuencia de Precipitación Máxima en 24 h.

En este caso la variable denominada como evento hidrológico extremo es la precipitación máxima en 24 horas ($P_{\text{max 24 h}}$). 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 $P_{\text{max 24 h}}$ 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 $P_{\max 24h} = f(T)$. Ver Anexo 3.

Esta ecuación también puede ser utilizada para estimar el periodo de retorno de un determinado valor de $P_{\text{max 24 h}}$ 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 $P_{\text{max 24 h}}$ para las estaciones de la cuenca del río Sinú. (Ver Tabla No. 10) para conocer las estaciones trabajadas (las que tienen como Fuente al IDEAM).

Tabla No. 10 Estaciones climatológicas y pluviométricas empleadas para la elaboración de las curvas isoyetas

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Fuente
San Marcos	2502504	Aeropuerto la Florida	CP	30	1932-	878670	1453705	1637	Ingeominas
Monteria	1308504	Aeropuerto los garzones	SS	20	1974-	805341	1466892	1268	Ingeominas
San Andres de Sotavento	1307045	Aguas mohosas	PM	75	1988-2003	844047	1514669	1394,6	Ideam
Ayapel	2502515	Ayapel	CO	22	1967-	884059	1411285	2257	Ingeominas
Monteria	1306002	Buenos aires	PM	55	1965-2003	814341	1428123	1495,4	Ideam
Caucasia	2625504	Cacaoteras	CP	55	1968-	885800	1374409	2772	Ingeominas
San Carlos	1307012	Callemar	PM	95	1963-	825449	1450205	1585	Ingeominas
Canalete	1204002	Canalete	PM	40	1959-	764968	1465259	1343	Ingeominas
Tierralta	1306003	Caramelo	PM	60	1965-	799550	1406059	1526	Ingeominas
San Carlos	1307011	Carrizal	PM	40	1963-2003	816281	1452088	1470,6	Ideam
Planeta Rica	2501501	Centro Alegre	CO	170	1973-	825225	1394885	1438	Ideam
Cerete	1307005	Cerete	PM	20	1963-2003	810886	1476087	1272,3	Ideam
Lorica	1307024	Cerro Bahia	PM	50	1974-2002	805600,9	1520374,8	1487,8	Sig Pafc
Chima	1307501	Chima	CO	20	1973-2003	831176	1503658	1244,1	Ideam
Cienaga de Oro	1307006	Cienaga de oro	PM	25	1958-2003	829218	1474162	1503,7	Ideam
Sahagun	2502517	Colomboy	CO	125	1973-2003	843833	1459352	1460,6	Ideam
San Pelayo	1307020	Corocito	PM	20	1979-2002	810912,5	1481619,8	1355,6	Sig Pafc
Cerete	1307014	coroza N 1	PG	1439	1974-	816355	1468685,7	1439,7	Sig Pafc
San Carlos	1307019	coroza N 2	PM	1385	1974-2002	814512,9	1466849	1385,1	Sig Pafc
Lorica	1307021	Cotorra	PM	20	1979-2002	812789	1490832	1478	Sig Pafc
Puerto Escondido	1204502	Cristo Rey	CO	15	1973-	763305	1494783	1460	Ideam
Lorica	1308501	Doctrina	CP	20	1968-	800104,8	1520402,6	1476,8	Ideam
San Bernardo del Viento	1307001	El Limón	PM	3	1964-2003	796460	1524110	1543,3	Sig Pafc
Cienaga oro	1307502	El Salado	CO	40	1964-2003	834734	1477827	1327,3	Ideam
Lorica	1307025	El Trapiche	PM	4	1979-2003	801946	1522237	1374,2	Sig Pafc
Monteria	1305503	Galan	CO	30	1979-2003	790580	1450365	1256,3	Ideam
Montelibano	2502516	Hda Cuba	CO	50	1970-	852724	1376348	2317	Ingeominas
Caucasia	2502037	Hda la Moneda	PM	30	1970-	906031	1381736	3332	Ingeominas
Monteria	1307023	Horizonte	PM	1456	1974-2002	803480	1461368	1456,3	Sig Pafc
Sahagun	2502072	El Tablón Jobo	PM	130	1973-	856636	1448243	1660	Ingeominas
Monteria	1307026	Lamas 3	PM	1400	1978-2002	805297	1457671	1400,8	Sig Pafc
San benito abad	2502075	Las Tablitas	PM	60	1973-	880607	1488729	1436	Ingeominas
Monteria	1305003	Loma verde	PM	100	1965-2003	770290	1432026	1414,6	Ideam
Lorica	1308502	Lorica	CO	30	1964-	809246,8	1516668,2	1298,2	Ideam
Caceres	2624006	Manizales	PM	75	1970-2003	852664	1357910	2713,4	Ideam
Monteria	1306502	Maracayo	CO	25	1979-	801463	1422649	1356	Ideam
Monteria	1307015	Mocari	PG	1303	1974-2002	803497	1465056,7	1303,4	Sig Pafc
Momil	1307002	Momil	PM	20	1973-2003	823895	1514755	1422,6	Ideam

Municipio	Código IDEAM	Estación	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Fuente
Monteria	1307027	Monteria	PM	1429	1974-	799801	1459541,7	1429,1	Sig Pafc
Monteria	1307034	Palma de vino	PM	1442	1978-2002	810801,92	1457645,7	1442,9	Sig Pafc
Planeta Rica	2502155	Planeta Rica	PM	90	1959-1973	836352	1422502	1665	Ingeominas
Turbo	1202001	Pueblo Bello	PM	80	1972-	740753	1406367	1488	Ingeominas
Puerto Libertador	2501001	Puerto Libertador	PM	55	1989-	825111	1365382	2254	Ingeominas
Tierralta	1303501	Puerto Nuevo	CP	145	1965-1991	757101	1371225	2105	Ideam
San Pelayo	1307003	SabanaNueva	PM	20	1973-2002	807289	1490858	1376,6	Sig Pafc
Monteria	1307028	sabanal	PM	1444	1978-	810827	1463178	1444,8	Sig Pafc
Sahagun	2502014	Sahagun	PM	60	1958-2003	849418	1481458	1373,3	Ideam
Monteria	1306001	San antero	PM	75	1973-2003	805220	1441073	1433	Ideam
San Pelayo	1308001	San Antonio	PM	50	1965-2003	792564	1479865	1405,6	Sig Pafc
San Bernardo del Viento	1308503	San Bernardo del Viento	CO	22	1964-2003	792815	1527818	1357,1	Ideam
San Carlos	1307009	San Carlos	PM	60	1964-	821842	1464973	1653	Ingeominas
Montelibano	2501010	San Francisco Rayo	PM	160	1973-	810494	1387569	1827	Ingeominas
Monteria	1305001	Sta Lucia	PM	120	1965-	785190	1472526	1461	Ingeominas
San Carlos	1307010	Sta Rosa	PM	140	1963-2003	830984	1457558	1602,9	Ideam
Monteria	1307029	Tampa	PM	1439	1978-	816249	1444712	1439,1	Sig Pafc
Tierralta	1303001	Tierralta	PM	100	1959-2003	781132	1396525	1656,1	Sig Pafc
Santiago de tolu	1309007	Tolu	PM	2	1958-	835014	1544212	1386	Ingeominas
Cerete	1307503	Turipana	AM	20	1979-2003	809026	1470563	1217,9	Ideam
Monteria	1307505	Uni.Cordoba	AM	15	1979-2003	803497	1465056	1342,7	Ideam
Sampues	2502527	Universidad de Sucre	AM	160	1983-	856851	1509089	1201	Ingeominas
Montelibano	2501006	Ure	PM	200	1973-	839781	1354265	2917	Ingeominas
Tierralta	1303003	Urra 1	PG	78	1983-1996	762637	1374884	2187,4	Sig Pafc
San antero	1307044	Villa marcela	PM	40	1988-2003	816610	1524009	1392,3	Ideam

Para conocer con certeza el tipo de distribución que sigue la variable $P_{\max 24\ h}$ se realizó la prueba de ajuste χ^2 (Chi cuadrado) con la serie histórica de la estación Tierralta para las distribuciones Normal, LogNormal y Valor Extremo o Gumbel.

La prueba se hace de la siguiente manera:

- se grafica en un papel especial de probabilidad para cada distribución la serie de precipitación máxima en 24 h en el eje de las ordenadas y la respectiva probabilidad asociada a esa precipitación en el eje de las abscisas (serie observada)
- se traza una línea recta de modo que se ajuste de la mejor forma posible a los puntos de la serie observada

- para cada punto de la serie observada se asocia un punto de la recta proyectándolo sobre esta por medio de una línea vertical. Los puntos proyectados sobre la recta constituyen las serie calculada
- a cada punto de la serie calculada se le halla el valor de precipitación correspondiente
- se aplica la ecuación:

$$Error = \frac{\left(P_{mas\,24h_{obs}} - P_{mas\,24h_{calc}}\right)^2}{P_{mas24h_{calc}}}$$

- se hace la sumatoria del error para todos los puntos de la serie
- se compara este valor con el que aparece en la tabla tabulada para la prueba χ^2 con un nivel de confianza de x y con $n\text{-}1$ grados de libertad siendo n el número de años de la serie.
- si el valor del error es menor que el de la tabla se puede concluir que la hipótesis nula (la información se ajusta a la distribución) no puede ser rechazada con un nivel de confianza de x.

La prueba dio como resultado que el tipo de distribución que mas se ajusta a los datos de la serie es la de Valor Extremo o Gumbel. Sin embargo también se ajustan las distribuciones Normal y LogNormal como se puede ver en la Tabla No. 11. La graficas en papel especial de probabilidad se encuentran en el Anexo 3.

Tabla No. 11 Resultado de la prueba c^2 efectuada sobre la serie de precipitación máxima en 24 h de la estación Tierralta

Orden	Probabilidad	Precipitación Observada	Precip. Calculada (Gumbel)	Precip. Calculada (Normal)	Precip. Calculada (Log - Normal)	Gumbel (O-C)^2/C	Normal (O-C)^2/C	Log-Normal (O-C)^2/C
1	0.022	88	81.5	85	96	0.518	0.106	0.667
2	0.044	89	85	89	98	0.188	0.000	0.827
3	0.067	90	87	92.5	100	0.103	0.068	1.000
4	0.089	90	89	94.5	101	0.011	0.214	1.198
5	0.111	91	90	96	102	0.011	0.260	1.186
6	0.133	91	91	97.7	103	0.000	0.459	1.398
7	0.156	92	92	99	104	0.000	0.495	1.385
8	0.178	92	93.5	100.5	105	0.024	0.719	1.610
9	0.200	93	95	101.5	106	0.042	0.712	1.594
10	0.222	93	96	102.7	107	0.094	0.916	1.832
11	0.244	93	97	103.7	108	0.165	1.104	2.083
12	0.267	94	97.5	104.7	109	0.126	1.094	2.064
13	0.289	94	98.5	105.6	109	0.206	1.274	2.064
14	0.311	95	99.5	106.5	110	0.204	1.242	2.045

Orden	Probabilidad	Precipitación Observada	Precip. Calculada (Gumbel)	Precip. Calculada (Normal)	Precip. Calculada (Log - Normal)	Gumbel (O-C)^2/C	Normal (O-C)^2/C	Log-Normal (O-C)^2/C
15	0.333	95	100.5	107	110	0.301	1.346	2.045
16	0.356	97	111.3	108	110	1.837	1.120	1.536
17	0.378	97	102.5	108.5	111	0.295	1.219	1.766
18	0.400	98	103.3	109.6	112	0.272	1.228	1.750
19	0.422	99	104.3	110.7	113	0.269	1.237	1.735
20	0.444	99	105.2	111	114	0.365	1.297	1.974
21	0.467	100	106	112	114	0.340	1.286	1.719
22	0.489	100	107	112.7	114	0.458	1.431	1.719
23	0.511	100	108	113.7	115	0.593	1.651	1.957
24	0.533	104	109	114.3	115	0.229	0.928	1.052
25	0.556	106	109.5	115	116	0.112	0.704	0.862
26	0.578	106	111	115.6	116	0.225	0.797	0.862
27	0.600	110	112	116.5	117	0.036	0.363	0.419
28	0.622	110	113	117.6	117	0.080	0.491	0.419
29	0.644	116	114.3	118.2	118	0.025	0.041	0.034
30	0.667	119	115.5	119	119	0.106	0.000	0.000
31	0.689	120	117	120	119.5	0.077	0.000	0.002
32	0.711	125	118	121	120	0.415	0.132	0.208
33	0.733	130	119	121.6	120	1.017	0.580	0.833
34	0.756	130	121	122.6	120.5	0.669	0.447	0.749
35	0.778	130	122.7	123.6	121	0.434	0.331	0.669
36	0.800	132	124.7	124.7	122	0.427	0.427	0.820
37	0.822	132	126	126	122.5	0.286	0.286	0.737
38	0.844	132	128.3	127	123	0.107	0.197	0.659
39	0.867	137	131	128.5	125	0.275	0.562	1.152
40	0.889	139	133.5	130	126	0.227	0.623	1.341
41	0.911	144	136.7	131.5	127	0.390	1.188	2.276
42	0.933	146	141.3	133.5	130	0.156	1.170	1.969
43	0.956	150	147.5	136.5	131	0.042	1.335	2.756
44	0.978	150	157.5	140.6	135	0.357	0.628	1.667
Nivel de confianza de 99.5 % y 43 grados de libertad			**66.8**			**12.120**	31.710	56.640
Nivel de confianza de 99 % y 43 grados de libertad			**63.7**					

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 Anexo 3)

Este análisis sirve para conocer cuales son los periodos de retorno de eventos extremos de precipitación en toda la cuenca del río Sinú y sus respectivas magnitudes.

Análisis de Frecuencia de Caudal Máximo Mensual

En este caso la variable denominada como evento hidrológico extremo es el caudal máximo mensual ($Q_{max\ mens}$). Para este análisis se trabajó con la expresión de Weibull formulada en el Análisis de Frecuencia Utilizando Posiciones de Graficación.

El resultado del análisis puede llevarse a una gráfica de $Q_{max\ mens}$ 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 $Q_{max\ mens} = f(T)$. Ver Anexo 4.
Esta ecuación también puede ser utilizada para estimar el periodo de retorno de un determinado valor de $Q_{max\ mens}$ 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 $Q_{max\ mens}$ para las estaciones ubicadas en el río Sinú. Ver Tabla No. 12.

Tabla No. 12 Estaciones hidrométricas utilizadas para el análisis de frecuencia

Código IDEAM	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (m.s.n.m)	Nombre	Tipo	Municipio	Años de Registro	Fecha instalación	Fecha suspensión
1303701	765770	1379090	77.0	Angostura de Urrá	LG	Tierralta	44	Ago-59	
1304703	780983	1397664	50.0	Tierralta	LM	Valencia	13	Jun-90	
1306703		1444796	25.0	Santa Helena	LM	Montería	40	Mar-63	
1305701	790582	1432137	20.0	Nueva Colombia	LM	Montería	13	Jun-90	
1306702	800263	1460062	17.0	Montería	LG	Montería	40	Feb-63	
1307710	805332	1465048	14.0	Mocarí	LG	Montería	28	Sep-75	
1307730	805375	1474269	10.0	El Montón	LM	Cereté	13	Jun-90	
1307701	805455	1491098	8.0	Sabana Nueva	LM	San Pelayo	40	Feb-63	
1307703	808661	1509140	6.0	La Palma	LM	Lorica	50	Jun-53	
1307706	806904	1512223	5.0	Cotoca	LG	Lorica	33	Feb-70	
1307704	800559	1519632	4.0	La Doctrina	LM	Lorica	40	Feb-63	

Para conocer con certeza el tipo de distribución que sigue la variable $Q_{max\ mens}$ se realizó la prueba de ajuste χ^2 (Chi cuadrado) con la serie histórica de la estación Montería para las distribuciones Normal, LogNormal y Gumbel.

La prueba se hace de la siguiente manera:

- se grafica en un papel especial de probabilidad para cada distribución la serie de caudal máximo anual en el eje de las ordenadas y la respectiva probabilidad asociada a ese caudal en el eje de las abscisas (serie observada)
- se traza una línea recta de modo que se ajuste de la mejor forma posible a los puntos de la serie observada
- para cada punto de la serie observada se asocia un punto de la recta proyectándolo sobre esta por medio de una línea vertical. Los puntos proyectados sobre la recta constituyen las serie calculada
- a cada punto de la serie calculada se le halla el valor de caudal correspondiente
- se aplica la ecuación:

$$Error = \frac{(Q_{obs} - Q_{calc})^2}{Q_{calc}}$$

- se hace la sumatoria del error para cada punto de la serie
- se compara este valor con el que aparece en la tabla tabulada para la prueba χ^2 con un nivel de confianza de x y con $n\text{-}1$ grados de libertad siendo n el número de años de la serie.
- si el valor del error es menor que el de la tabla se puede concluir que la hipótesis nula (la información se ajusta a la distribución) no puede ser rechazada con un nivel de confianza de x.

La prueba realizada sobre los datos de la estación Montería dio como resultado que el tipo de distribución que mas se ajusta a los datos de la serie es la de Valor Extremo o Gumbel como se muestra en la Tabla No. 13.

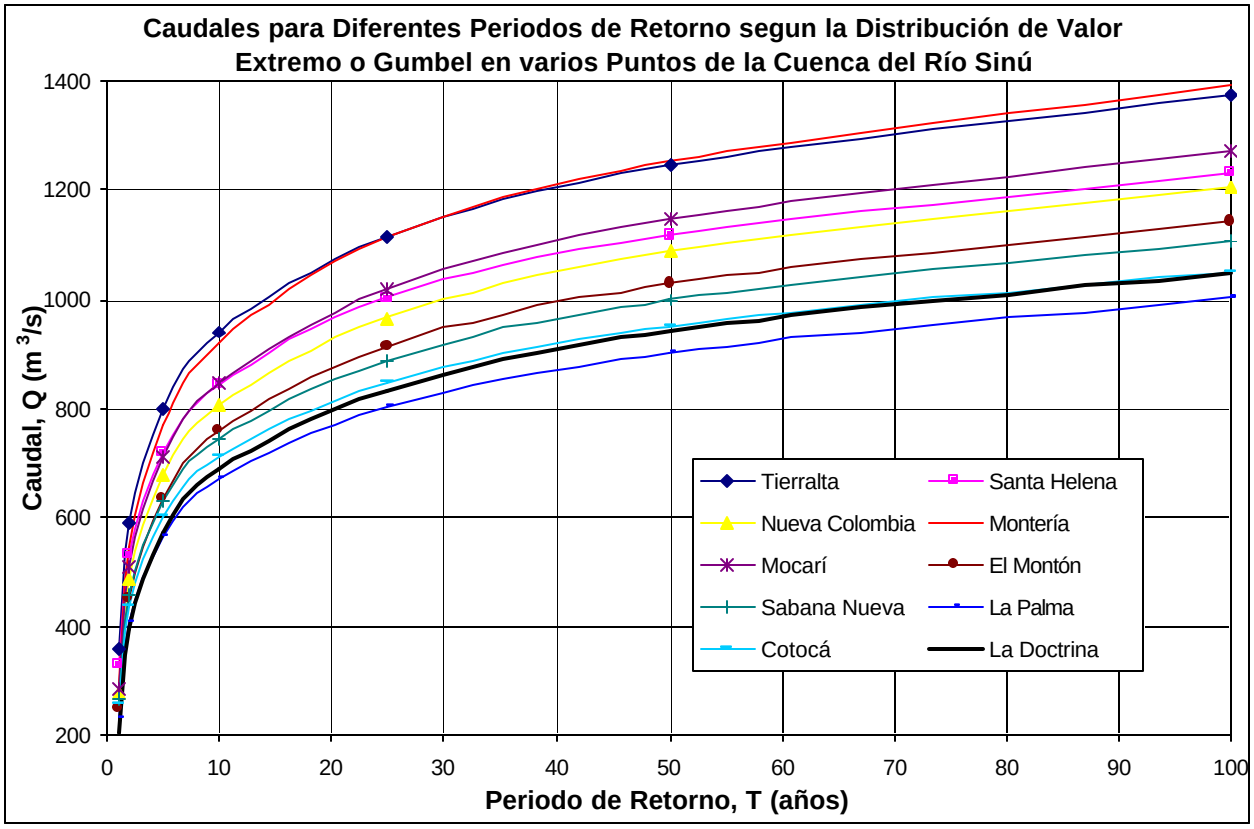
Tabla No. 13 Resultado de la prueba c^2 efectuada sobre la serie de caudal máximo anual de la estación Montería

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
1	0.030	909.5	930	950	909.5	0.452	1.727	0.000
2	0.061	910	936	959	915	0.722	2.504	0.027
3	0.091	910	940	966	930	0.957	3.246	0.430
4	0.121	913.2	944	970	940	1.005	3.326	0.764
5	0.152	913.2	947	974	950	1.206	3.795	1.426
6	0.182	914.6	950	977	955	1.319	3.985	1.709
7	0.212	919.2	952	983	960	1.130	4.141	1.734
8	0.242	919.2	956	984	965	1.417	4.267	2.174
9	0.273	924.9	958	986	970	1.144	3.786	2.097
10	0.303	925	961	989	975	1.349	4.142	2.564
11	0.333	926.1	963	992	978	1.414	4.378	2.754
12	0.364	927	965	995	980	1.496	4.647	2.866

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)

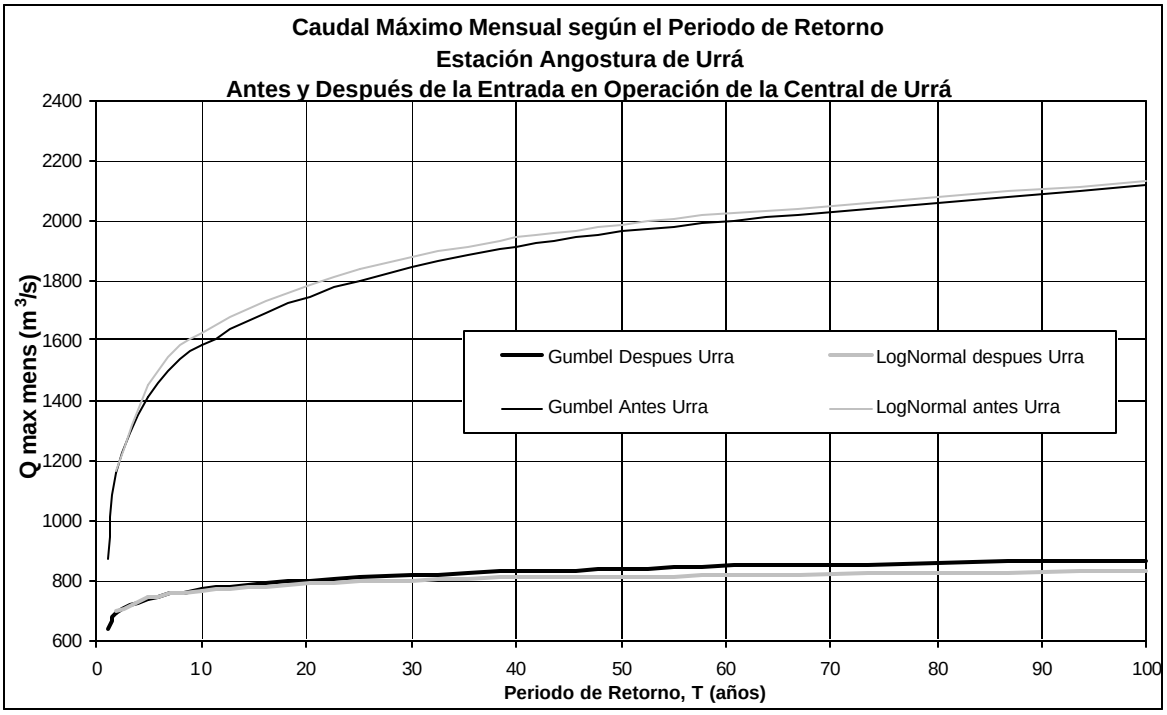
Figura No. 10 Caudales y periodos de retorno asociados para las estaciones sobre el río Sinú



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.

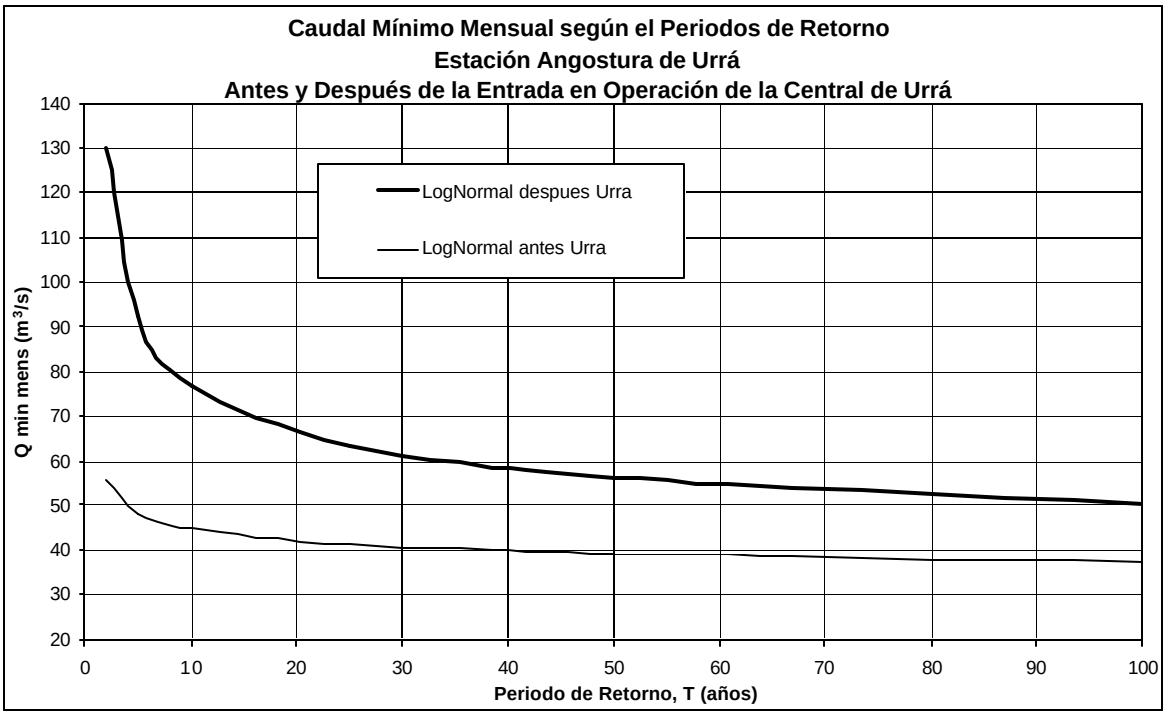
El resultado del análisis puede llevarse a una gráfica de $Q_{\text{min mens}}$ vs. T y de ahí formular un modelo de regresión ajustada para interpolar o extrapolar y predecir

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).

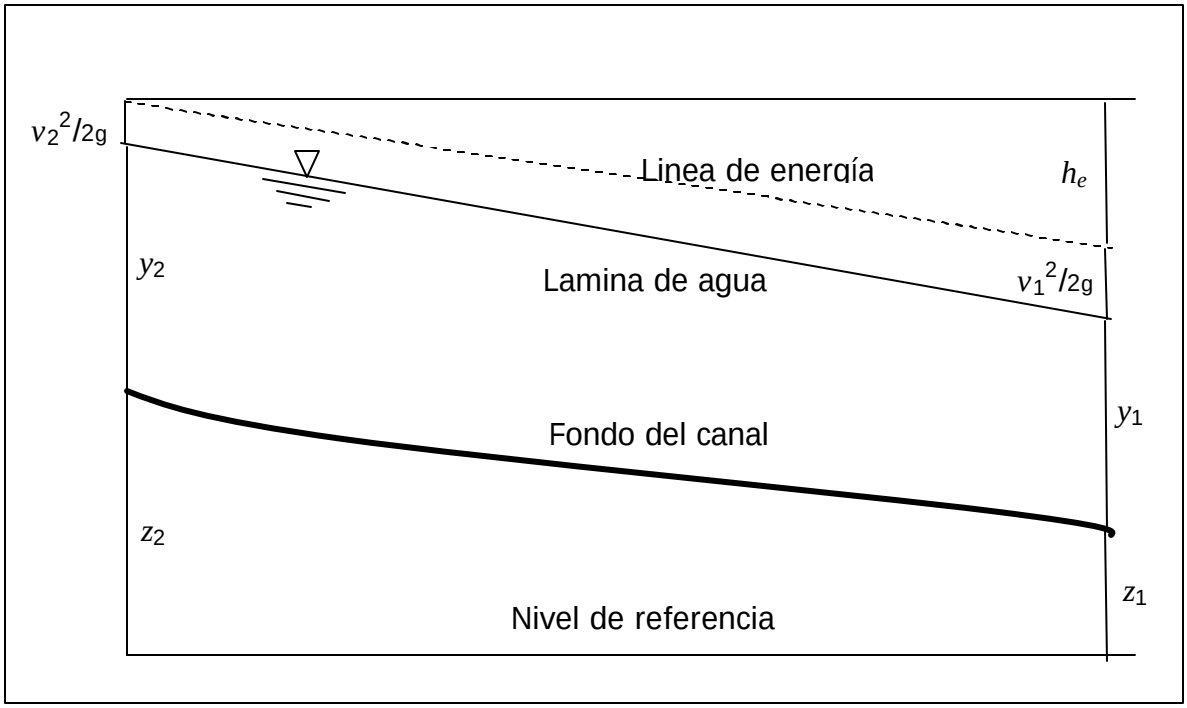
$$y_2 + z_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_e$$

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

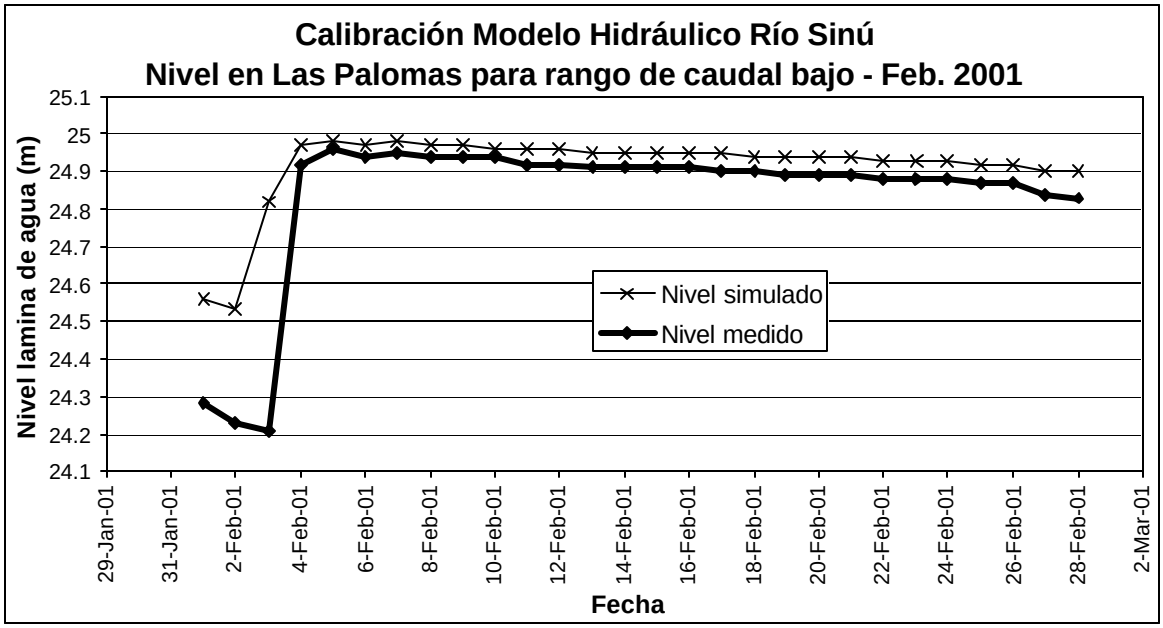


Figura No. 15 Resultado de la calibración del n de Manning (n = 0.028 en el fondo del lecho y n = 0.050 en las bancas) para caudal medio

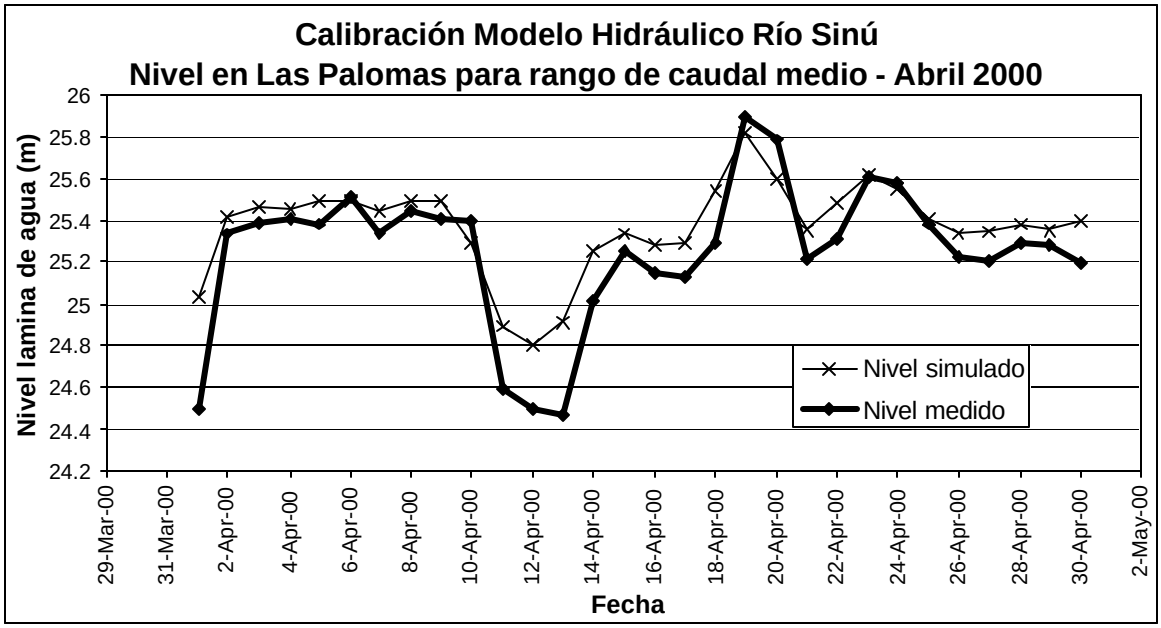
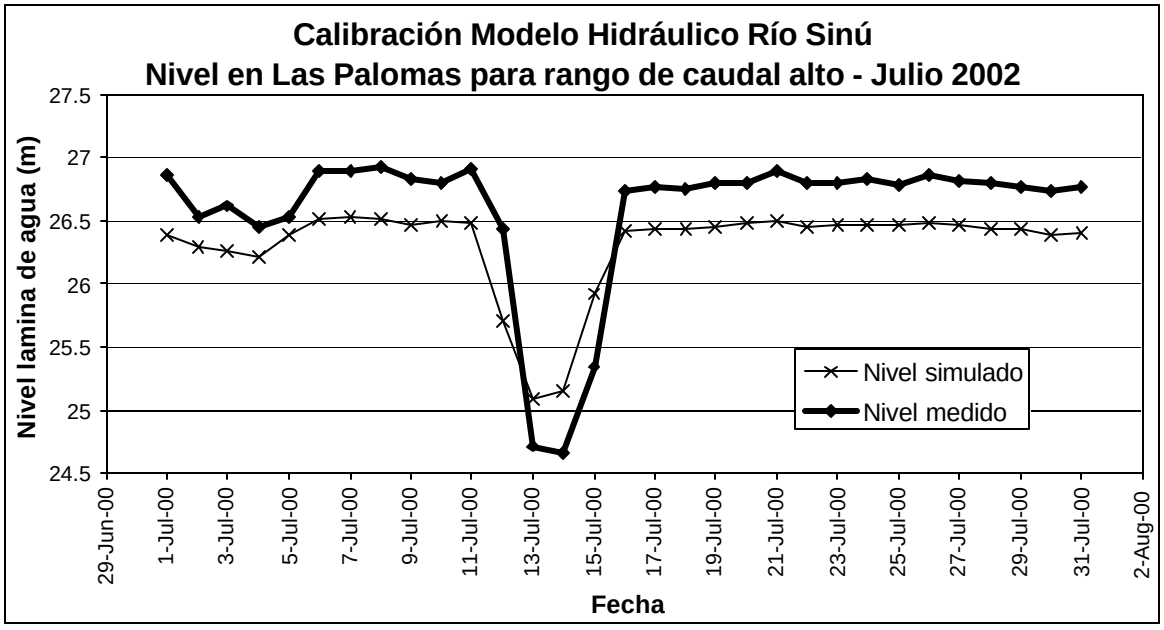


Figura No. 16 Resultado de la calibración del n de Manning (n = 0.028 en el fondo del lecho y n = 0.050 en las bancas) para caudal alto



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.

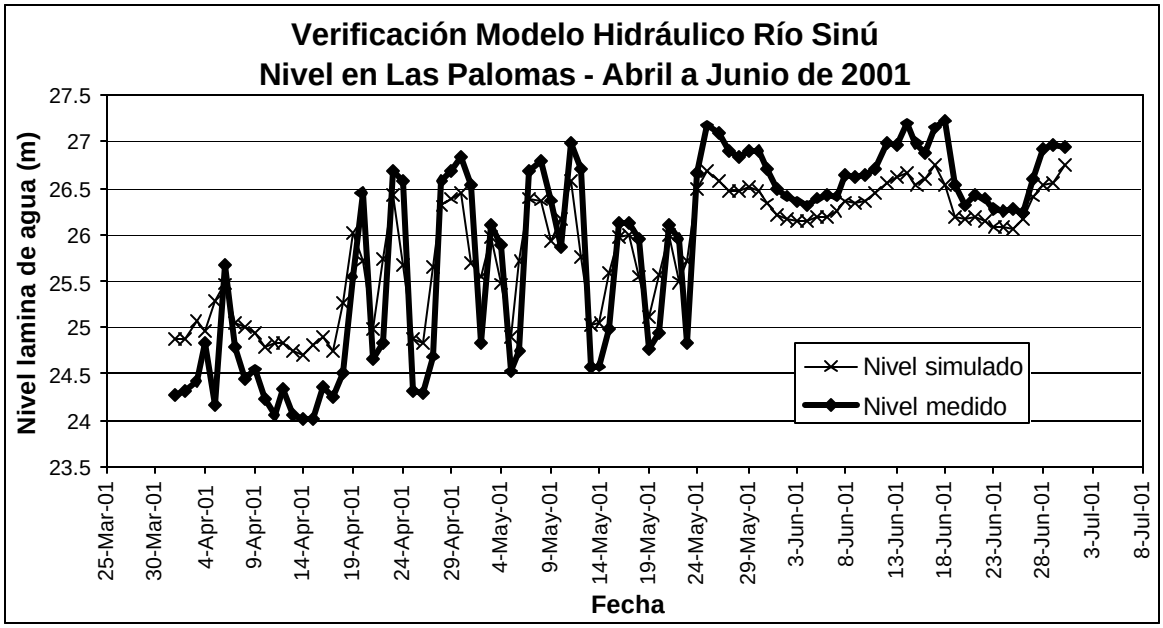
Verificación del modelo

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:

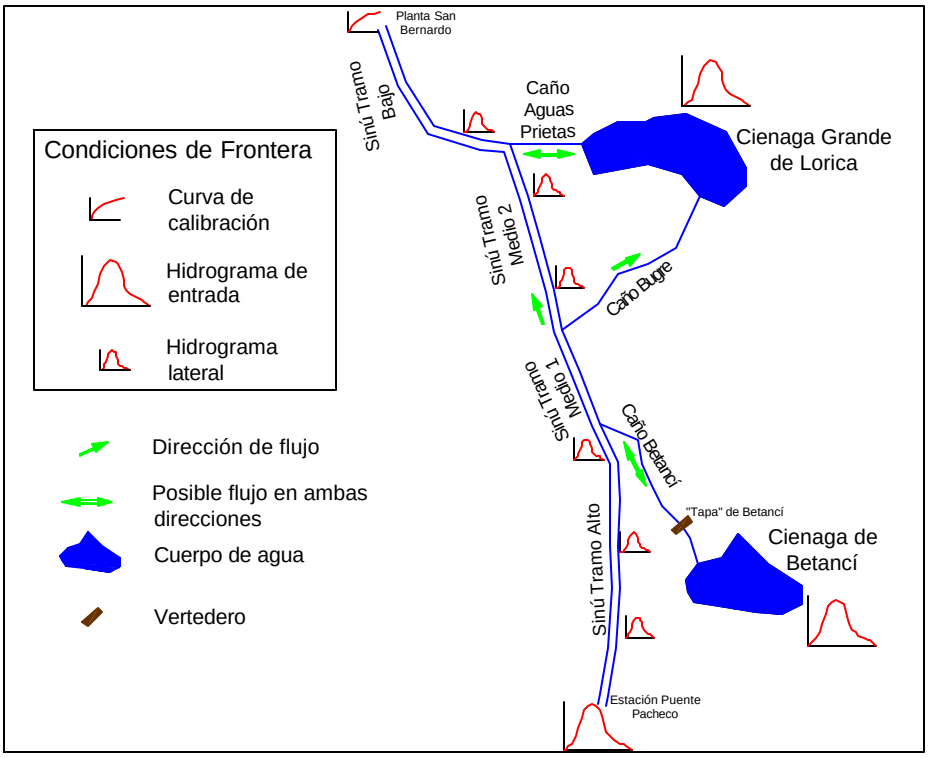
- Río Sinú – Tramo Sinú alto: desde la estación Puente Pacheco (k281+400) hasta la estación Nueva Colombia (k167+000).
- Río Sinú – Tramo Sinú medio 1: desde la estación Gallo Crudo (k157+500) hasta la estación Mocarí (k108+700).
- Río Sinú – Tramo Sinú medio 2: desde la estación Isla Blanca (k103+000) 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

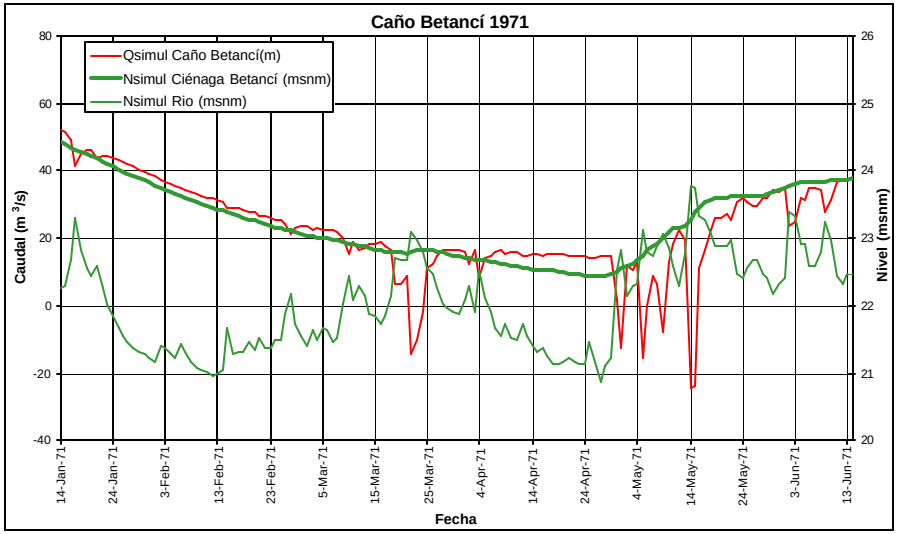


Adicionalmente se incluyo dentro del modelo un vertedero situado en el Caño Betancí que simula el comportamiento de la "Tapa". Esta fue construida a finales del año 2001, afectando notablemente la dinámica hidráulica del caño. El vertedero fue insertado 3700 m aguas abajo de la Ciénaga de Betancí con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

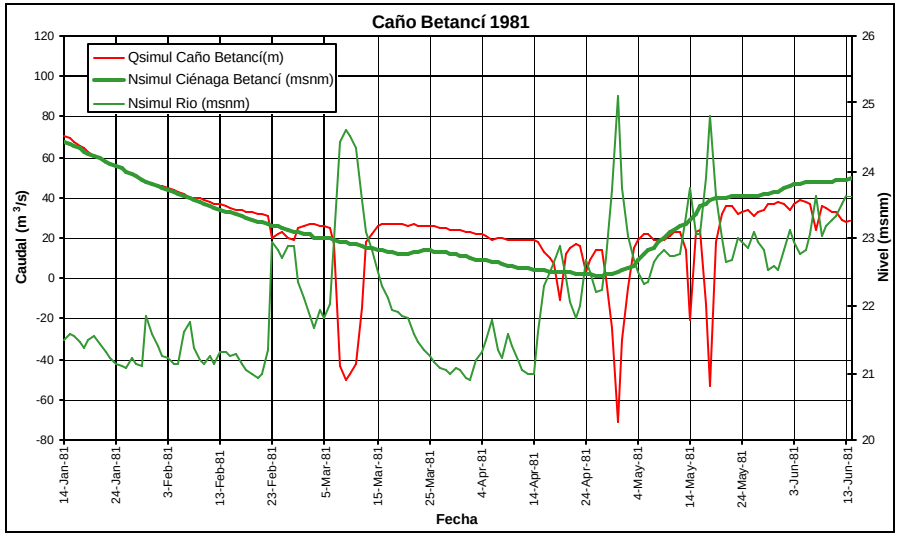
A continuación se describe cuales fueron las simulaciones realizadas con el modelo y cual fue su utilidad en el momento de extraer los resultados para sacar las respectivas conclusiones.

Caño Betancí

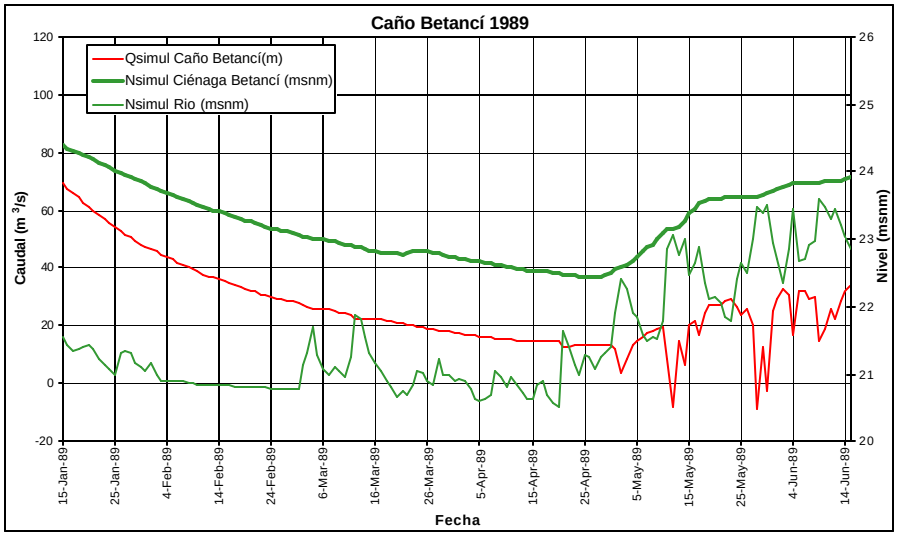
Como punto de partida se realizaron simulaciones históricas con el fin de determinar la dinámica hidráulica del caño y conocer en que momentos y para que condiciones hubo flujo en el sentido ciénaga - río (positivo) y cuando ocurrió flujo en sentido contrario, río – ciénaga (negativo). Estas fueron realizadas 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.



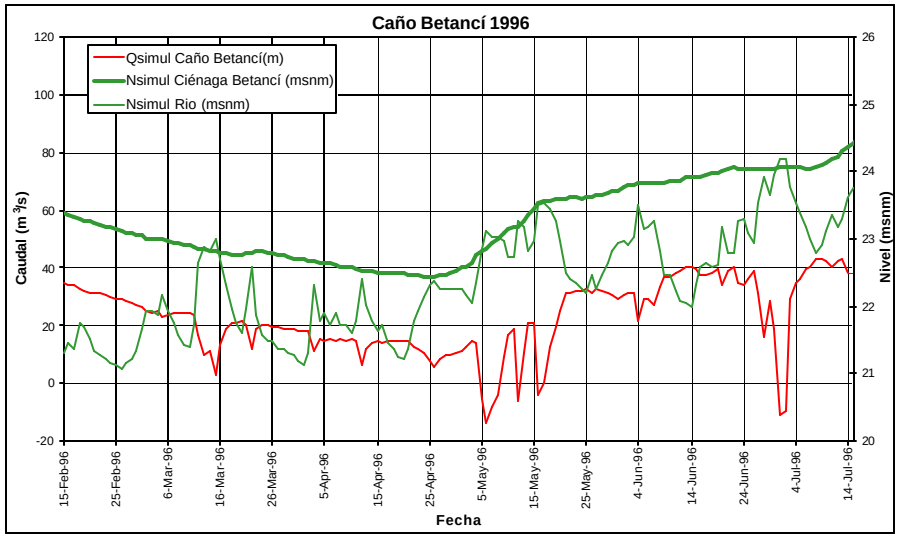
(a)



(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.

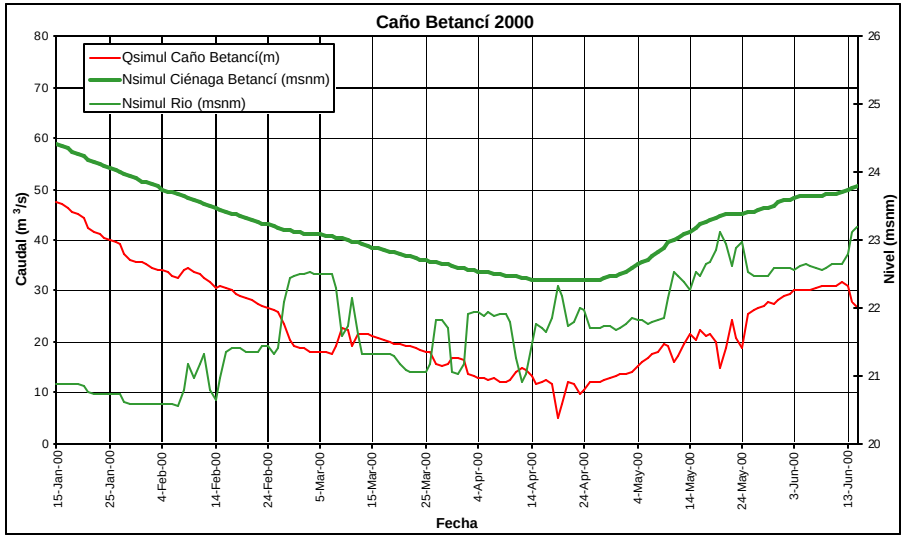
Para el año 1996 (parte (d) de la Figura No. 19) se presentó caudal negativo en 3 oportunidades con duraciones entre 1 y 3 días y valores de pico entre -3 m^3/s y -13 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 800 m^3/s y 1000 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 45 m^3/s.

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

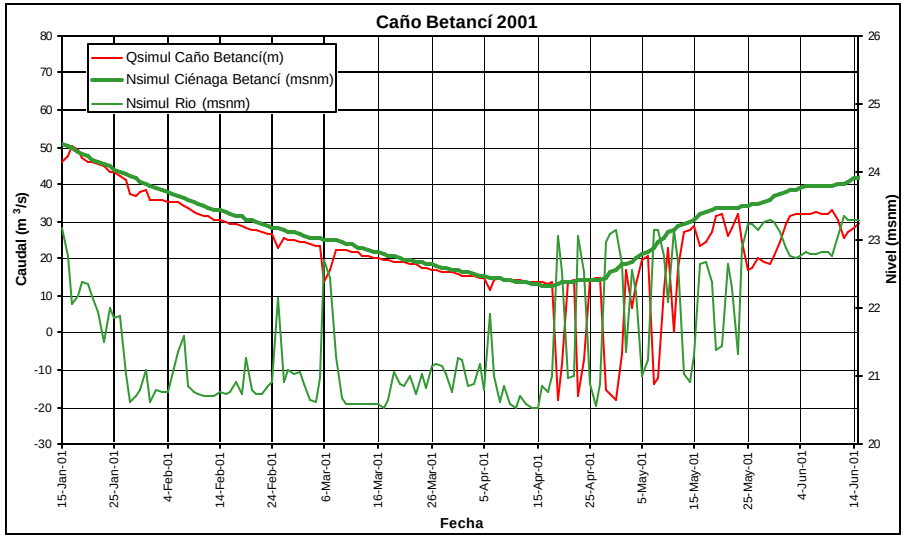
Posteriormente se efectuaron simulaciones en años en los cuales ya se tenia la Central de Urrá operando. Estas fueron hechas para los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

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".

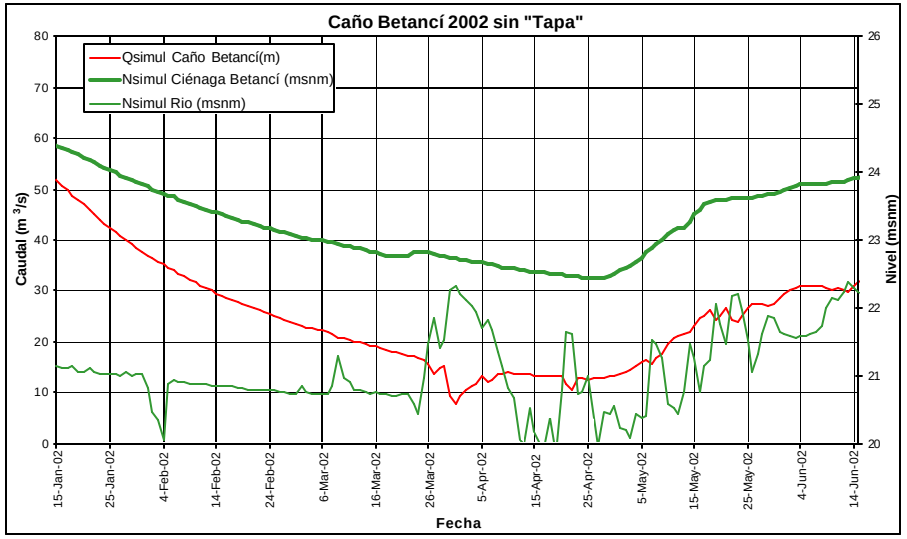
Los resultados para estas simulaciones se pueden ver en la Figura No. 20 y en la Figura No. 21.



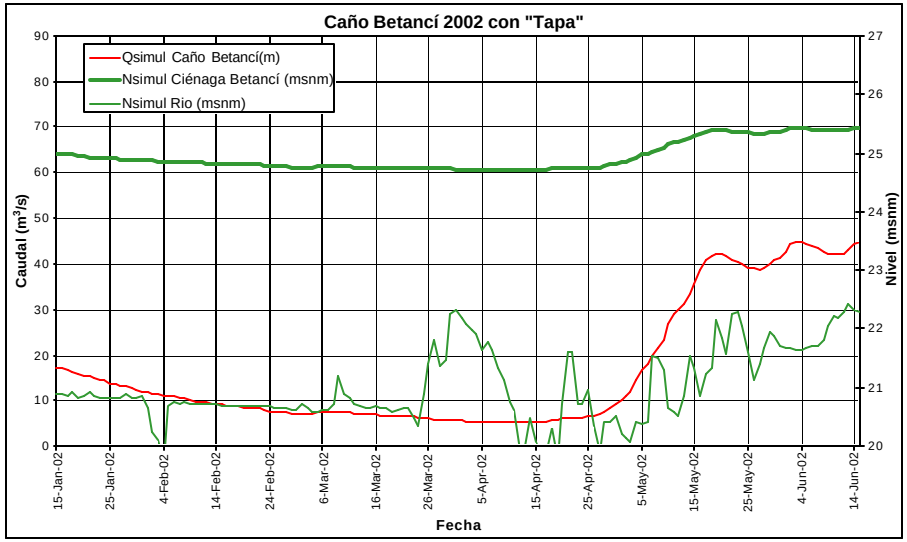
(a)



(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)

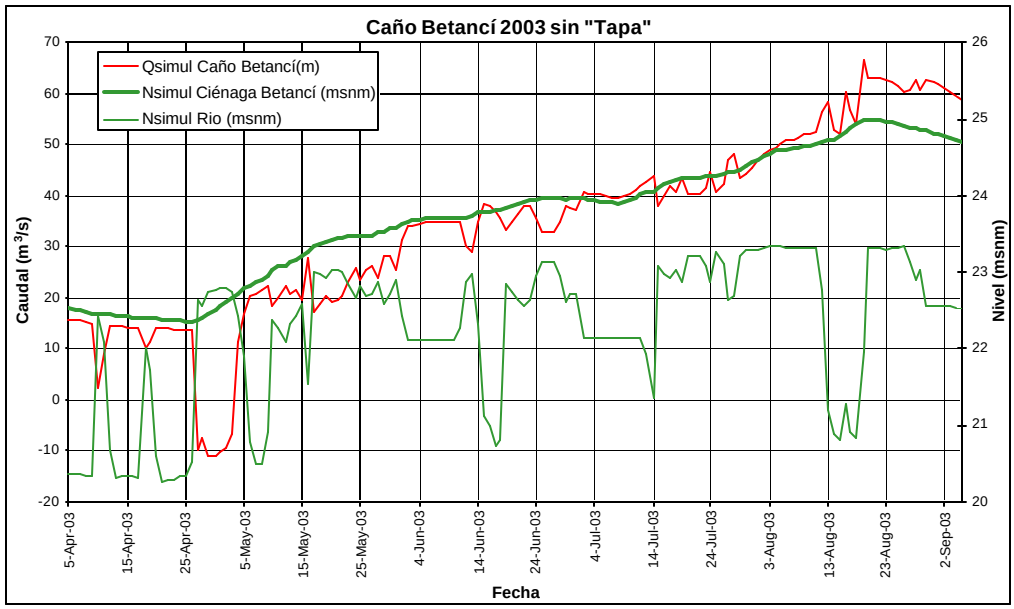


Figura No. 21 Resultado de la simulación en el Caño Betancí para el año 2003 suponiendo que no existía "Tapa"

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

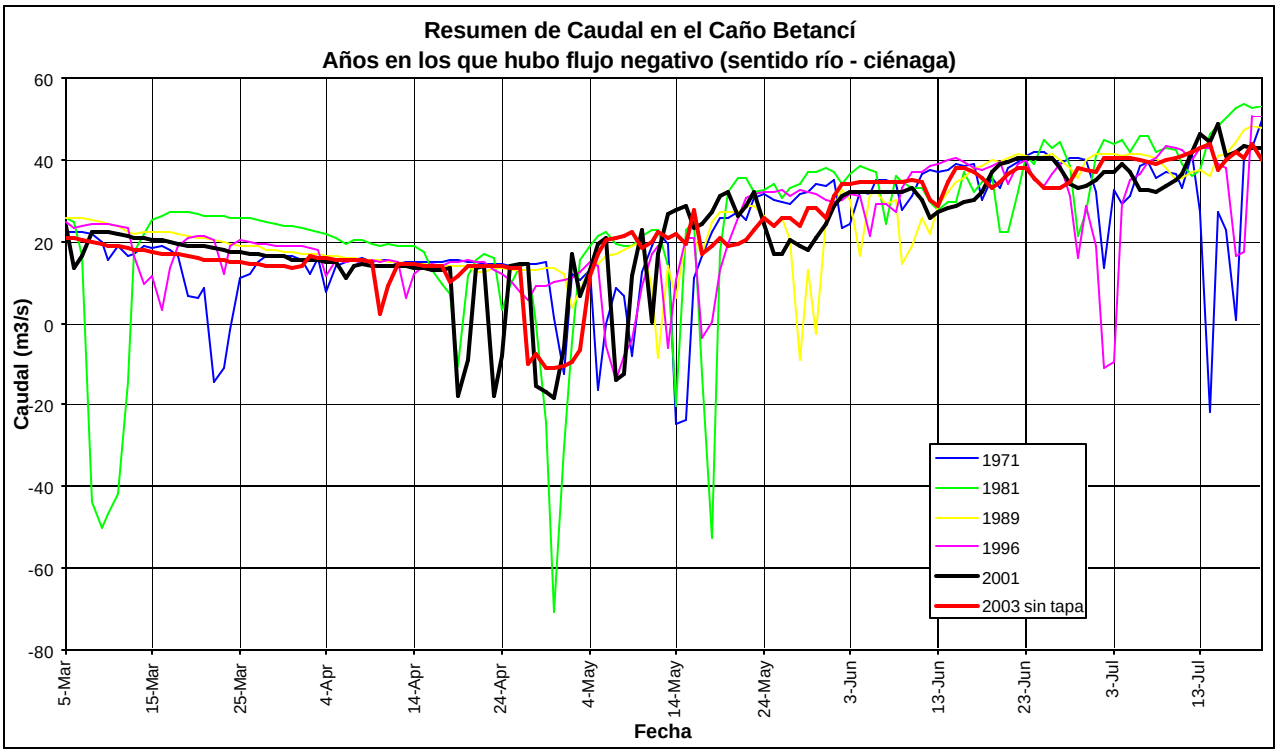
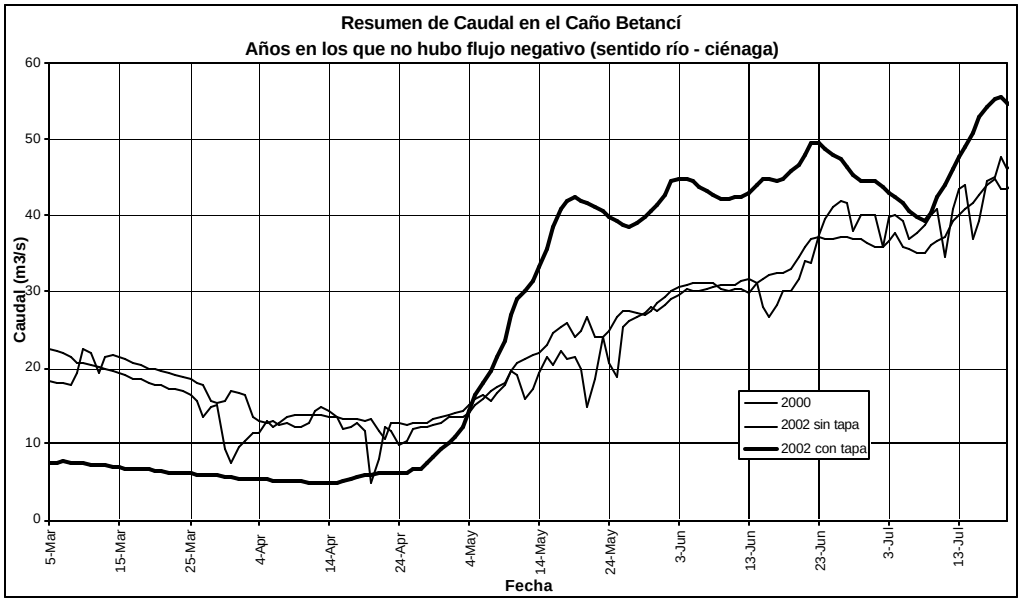


Figura No. 23 Resumen de caudal en el Caño Betancí para los años en que no hubo flujo negativo

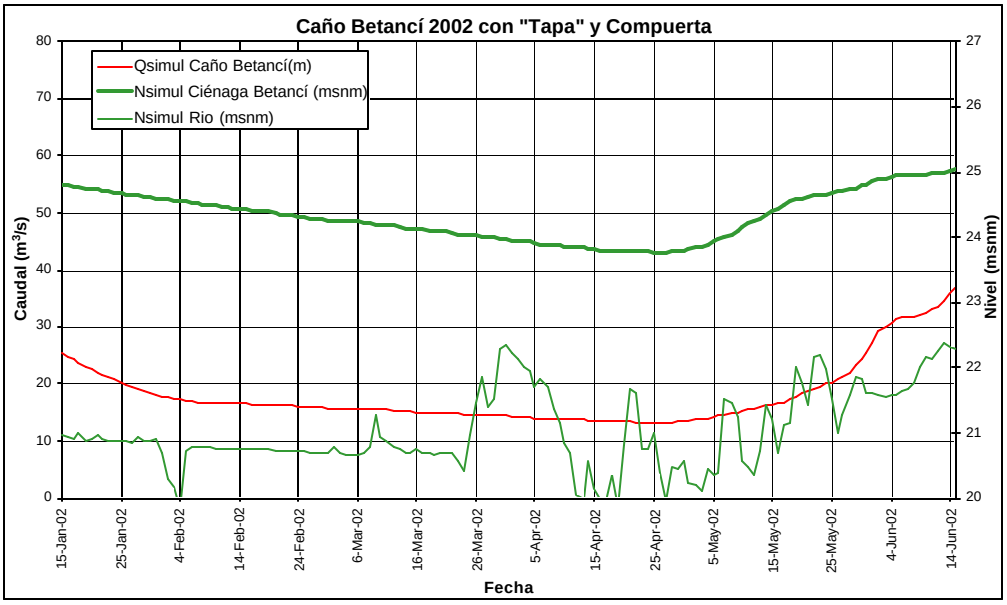


Finalmente se hizo una simulación con la situación del año 2002 en la cual se hace la suposición de una compuerta construida sobre en la pequeña presa “Tapa” para permitir que la Ciénaga de Betancí desagüe.

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

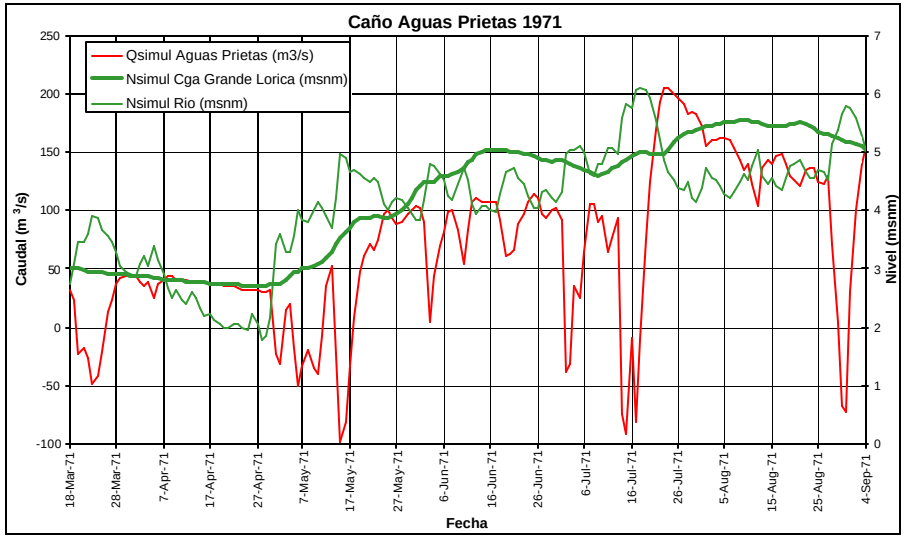
Figura No. 24 Resultado de la simulación del año 2002 suponiendo que hubiera compuerta en la "Tapa"



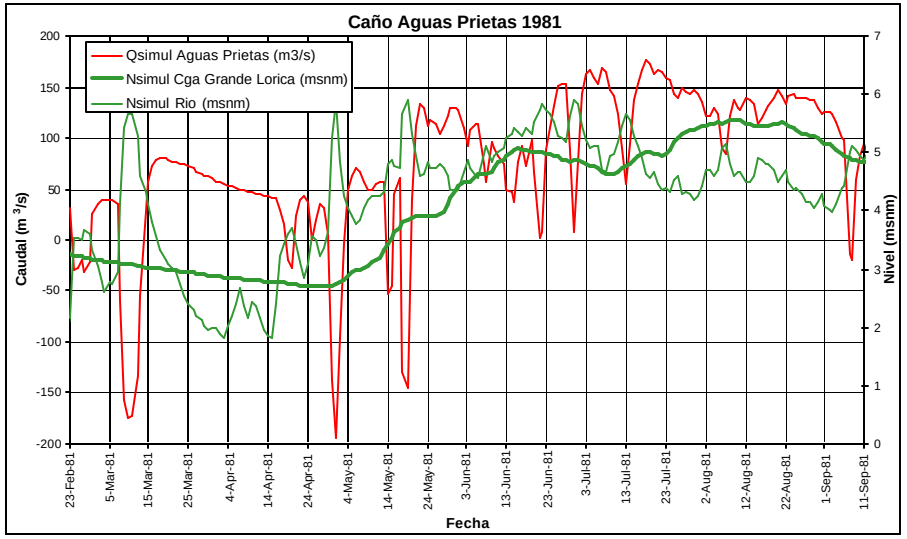
Como se puede ver el nivel de la ciénaga desciende hasta un valor de 23.80 m.s.n.m (0.70 m por debajo del nivel de la cresta del vertedero) debido al flujo que ocurre a través de la compuerta y a los bajos aportes de su cuenca de drenaje. A pesar de este descenso, el nivel del río sigue estando muy bajo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

Caño Aguas Prietas

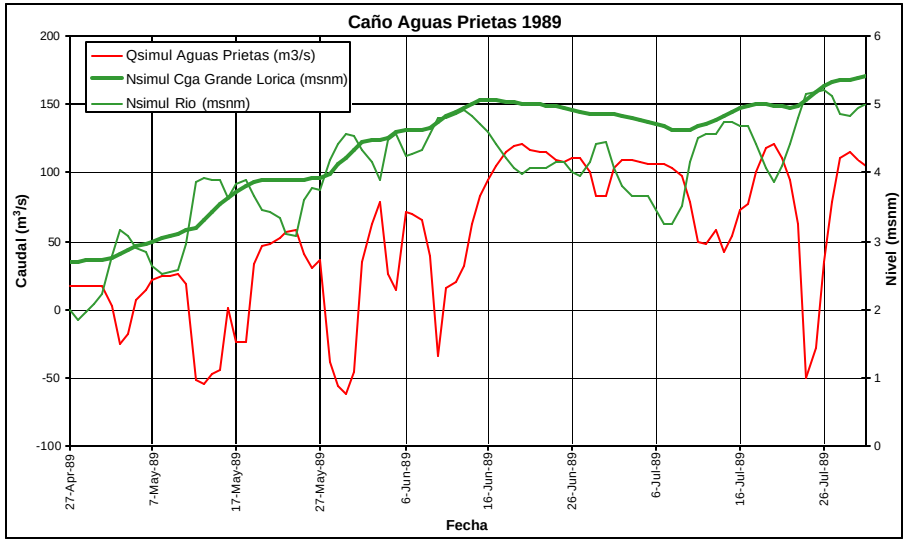
Al igual que para la Caño Betancí, en el Caño Aguas Prietas las simulaciones se hicieron con el fin de determinar el efecto de la operación de la Central Hidroeléctrica de Urrá. Se realizaron las mismas simulaciones históricas (1971, 1981, 1989 y 1996) con el fin de conocer en que momentos y para que 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.



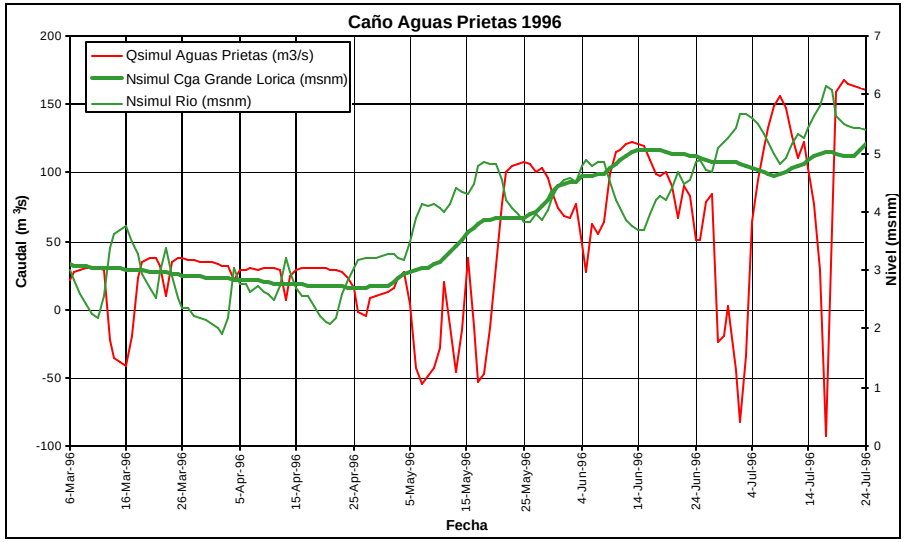
(a)



(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.

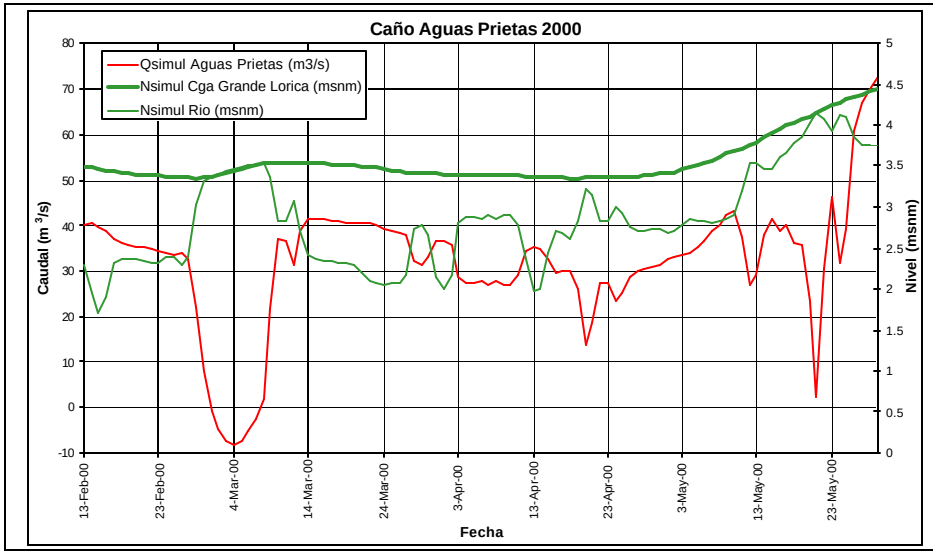
Para el año 1989 (parte (c) de la Figura No. 25) se presentó caudal negativo en 5 oportunidades con duraciones entre 2 y 4 días y valores de pico entre -30 m^3/s y -60 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 800 m^3/s y 900 en m^3/s Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 77 m^3/s.

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.

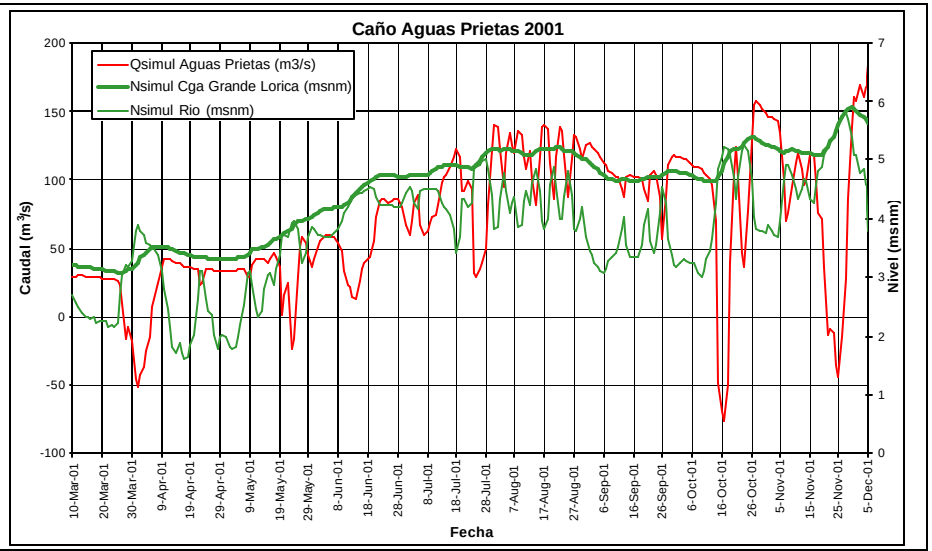
De esta manera se puede apreciar cuales eran las magnitudes y las condiciones de los flujos negativos que se presentaban en el Caño Aguas Prietas antes de la entrada en operación de Urrá.

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.

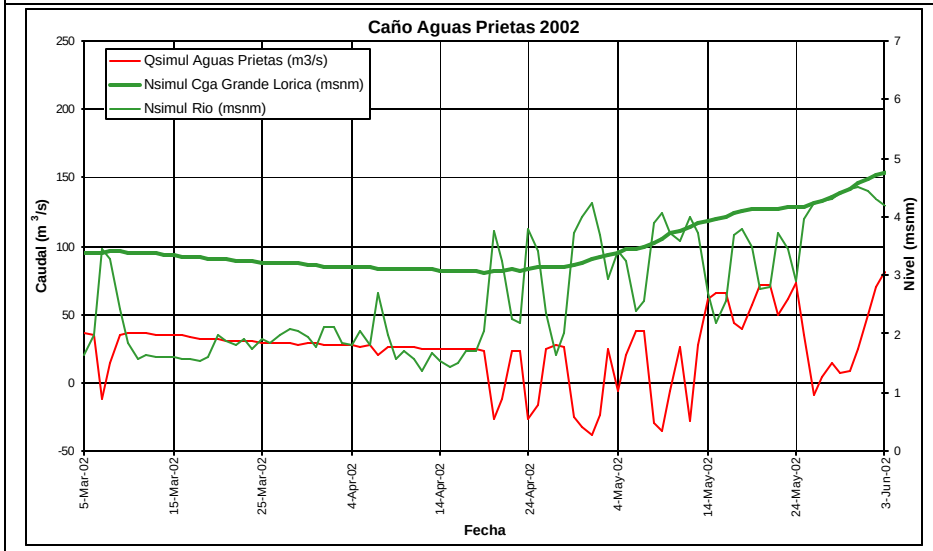
Los resultados para estas simulaciones se pueden ver en la Figura No 26.



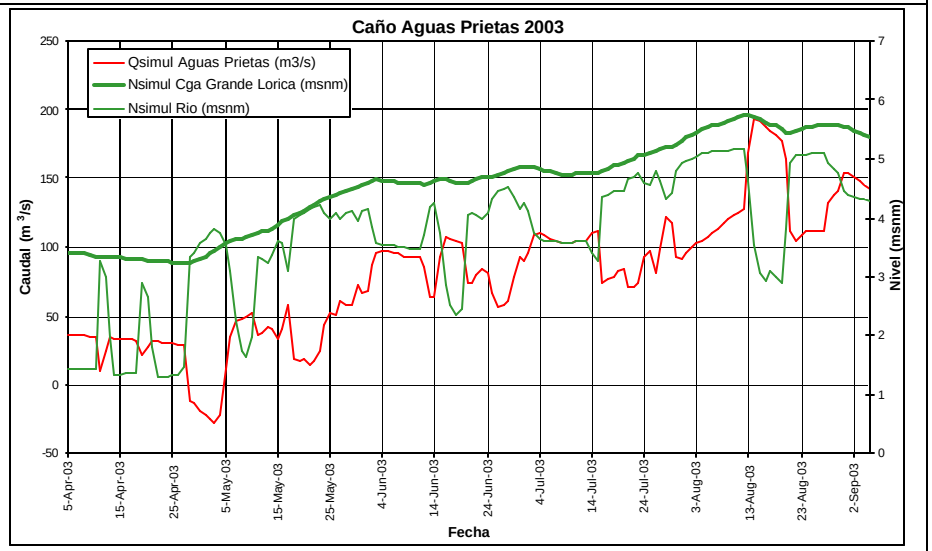
(a)



(b)



(c)



(d)

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.

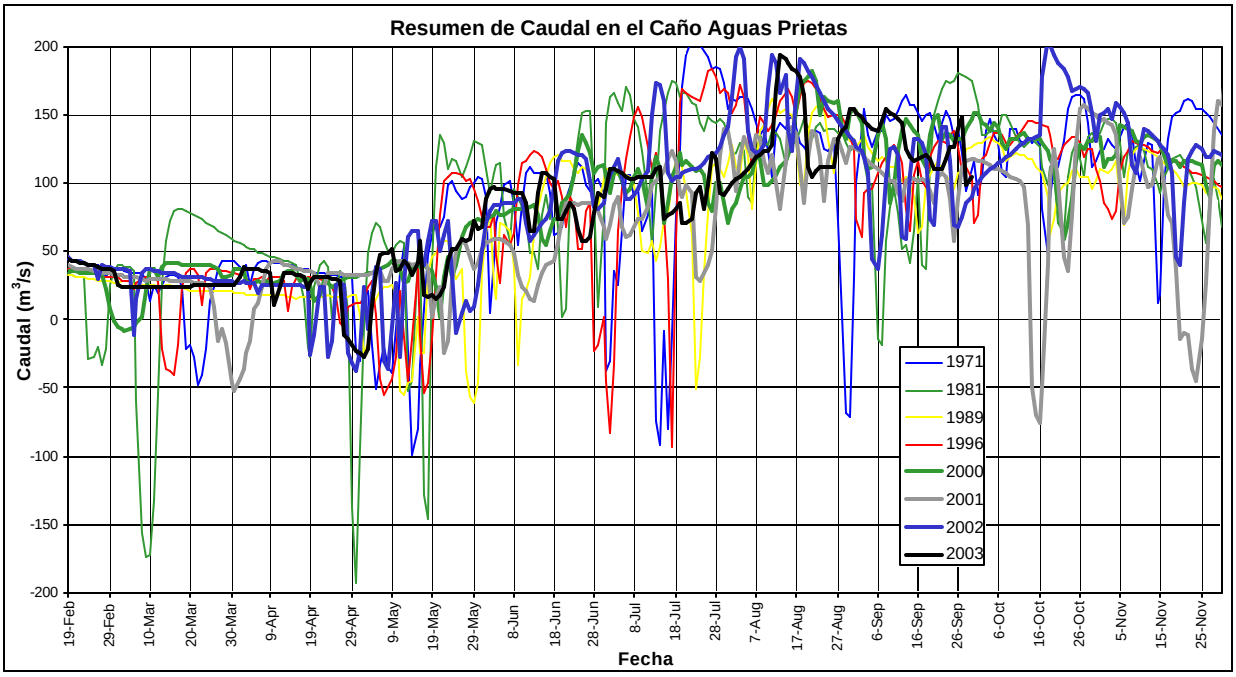
Para el año 2001 (parte (b) de la Figura No. 26) se presentó caudal negativo en 4 oportunidades con duraciones entre 2 y 9 días y valores de pico entre -44 m^3/s y -75 m^3/s. Estos coinciden con picos de caudal entre 500 m^3/s y 770 m^3/s en Angostura de Urrá. El caudal medio en el caño fue de 78 m^3/s.

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

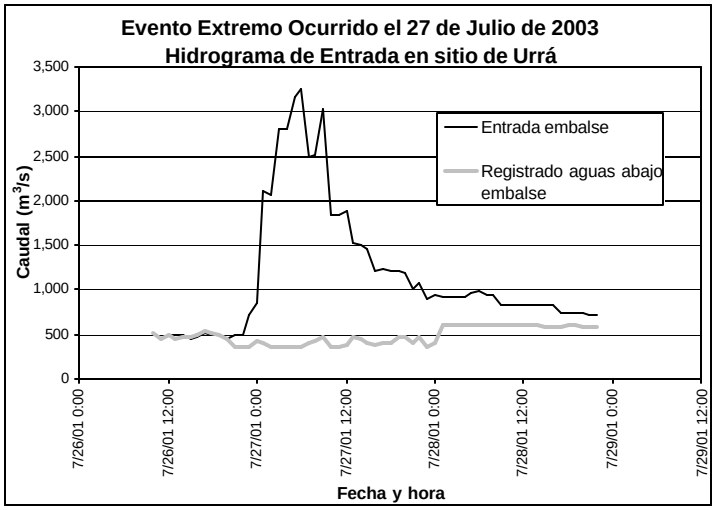
Evento de Julio de 2003 (3262 m^3/s en Angostura de Urrá)

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.

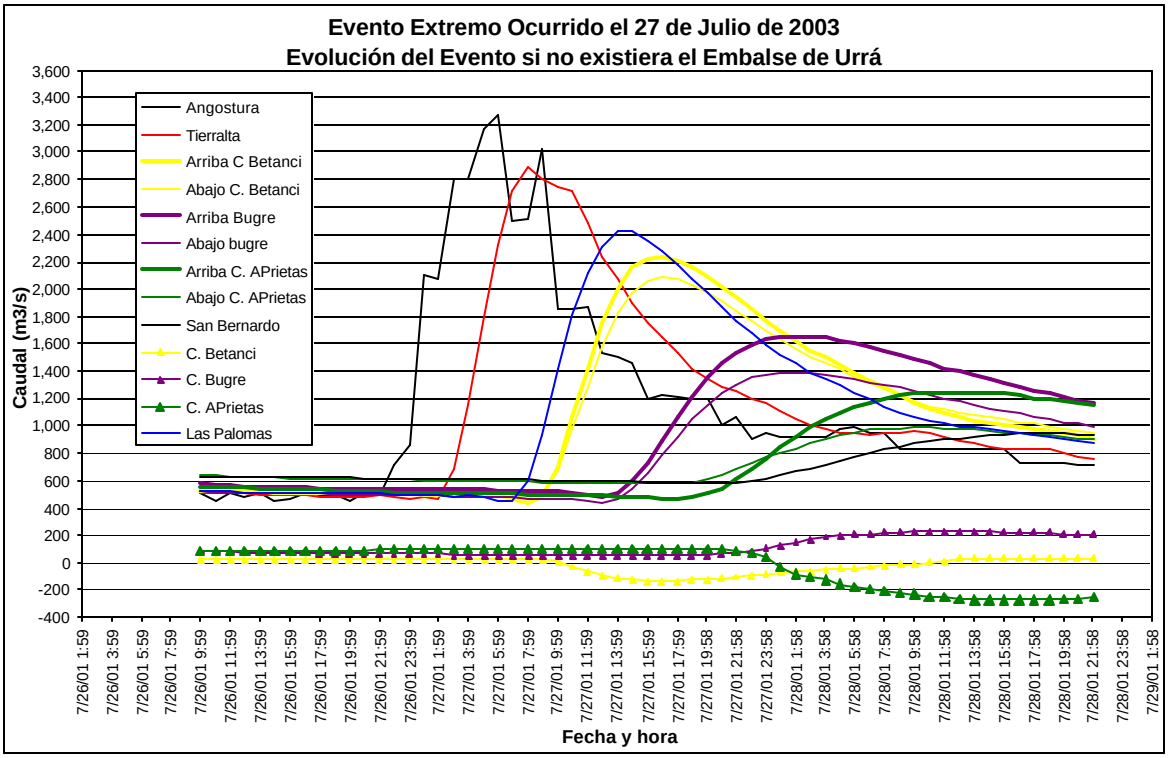
Figura No. 28 Hidrograma de entrada en Angostura de Urrá del evento extremo ocurrido el 27 de Julio de 2003 cuyo caudal pico registrado fue de 3262 m^3/s



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.

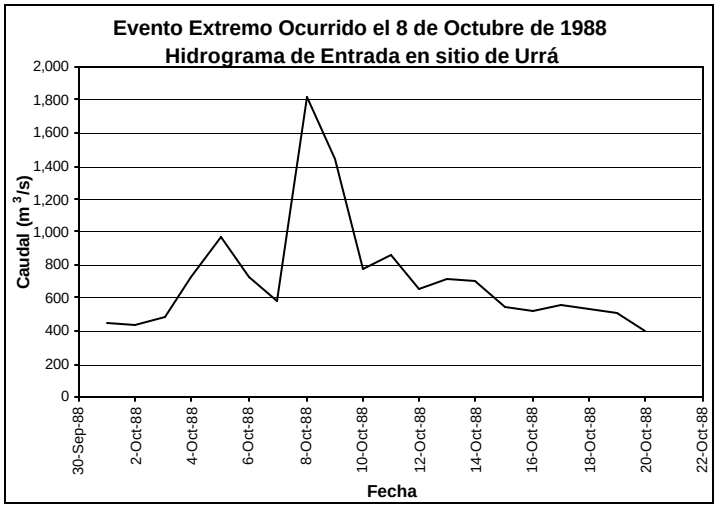
Evento de Octubre de 1988 (1815 m^3/s en Angostura de Urrá)

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.

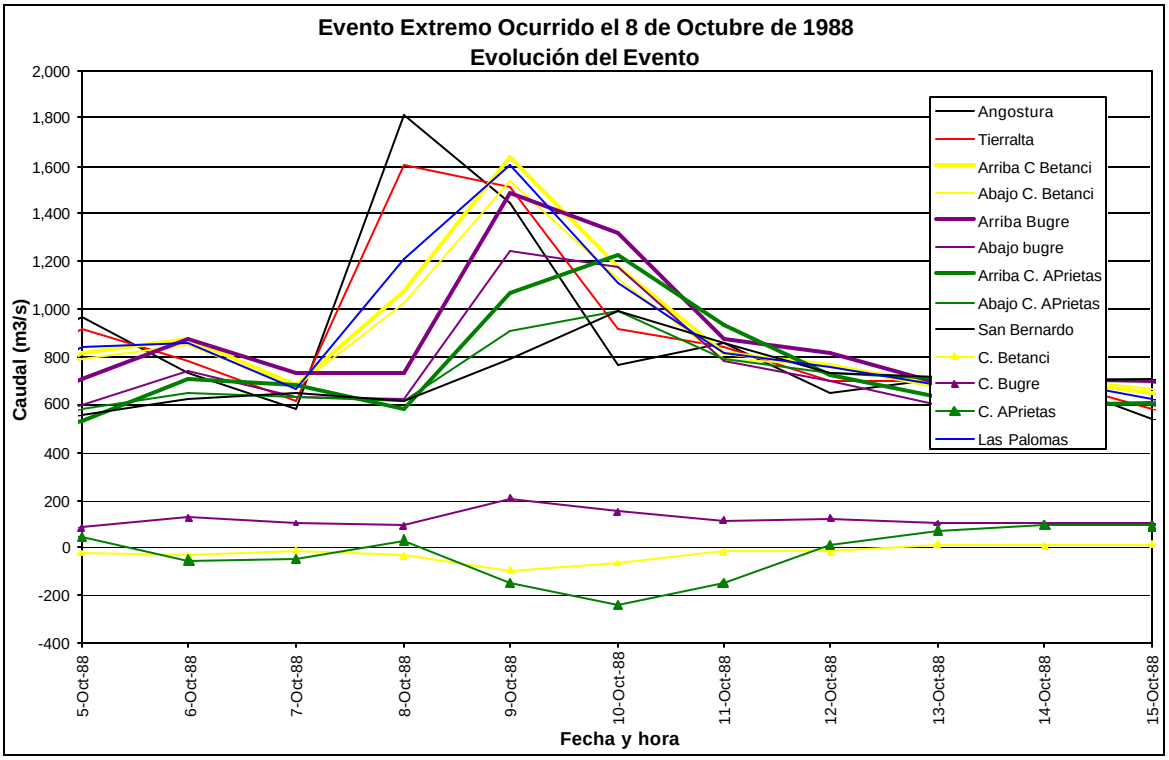
Figura No. 30 Hidrógrama de entrada en Angostura de Urrá del evento extremo ocurrido el 8 de Octubre de 1988 cuyo caudal pico registrado fue de 1815 m^3/s



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

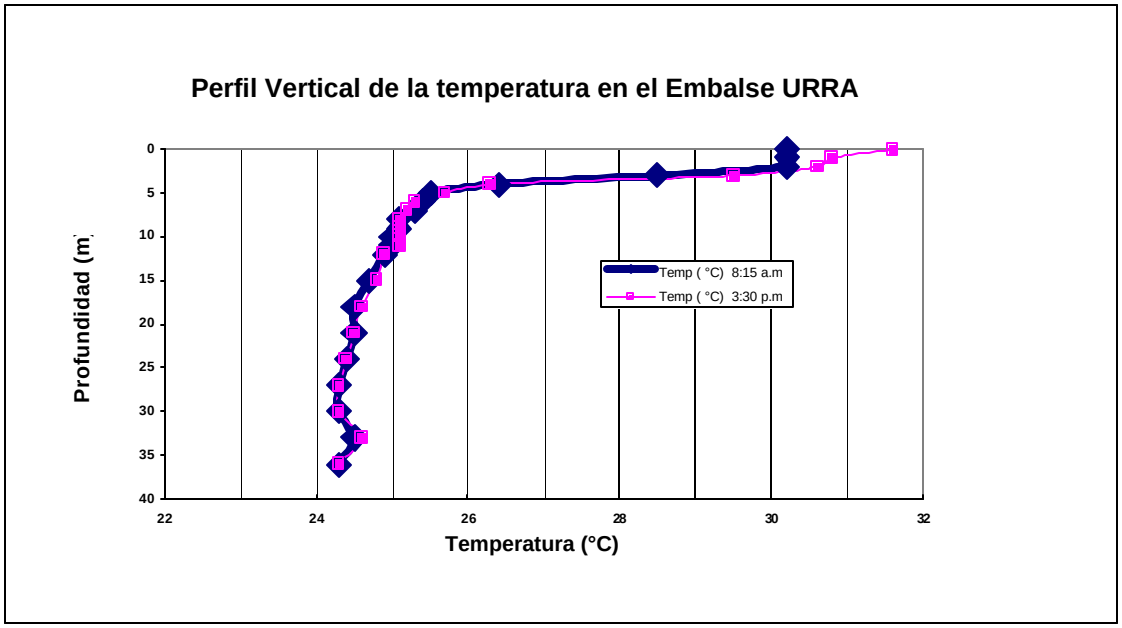
Uno de los elementos de los ecosistemas acuáticos tropicales se refiere, al efecto que la radiación lumínica puede hacer sobre las masas de agua; en especial porque estas franjas geográficas respecto a otras latitudes reciben por más tiempo luz solar durante el año.

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

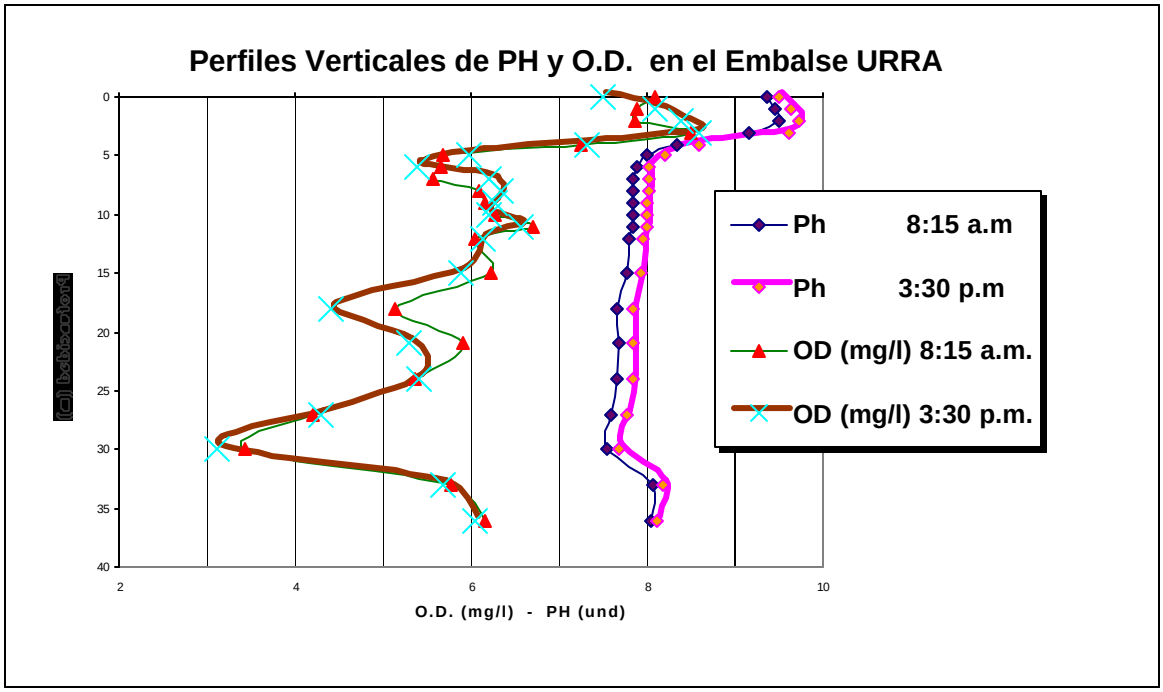


Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana.

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.

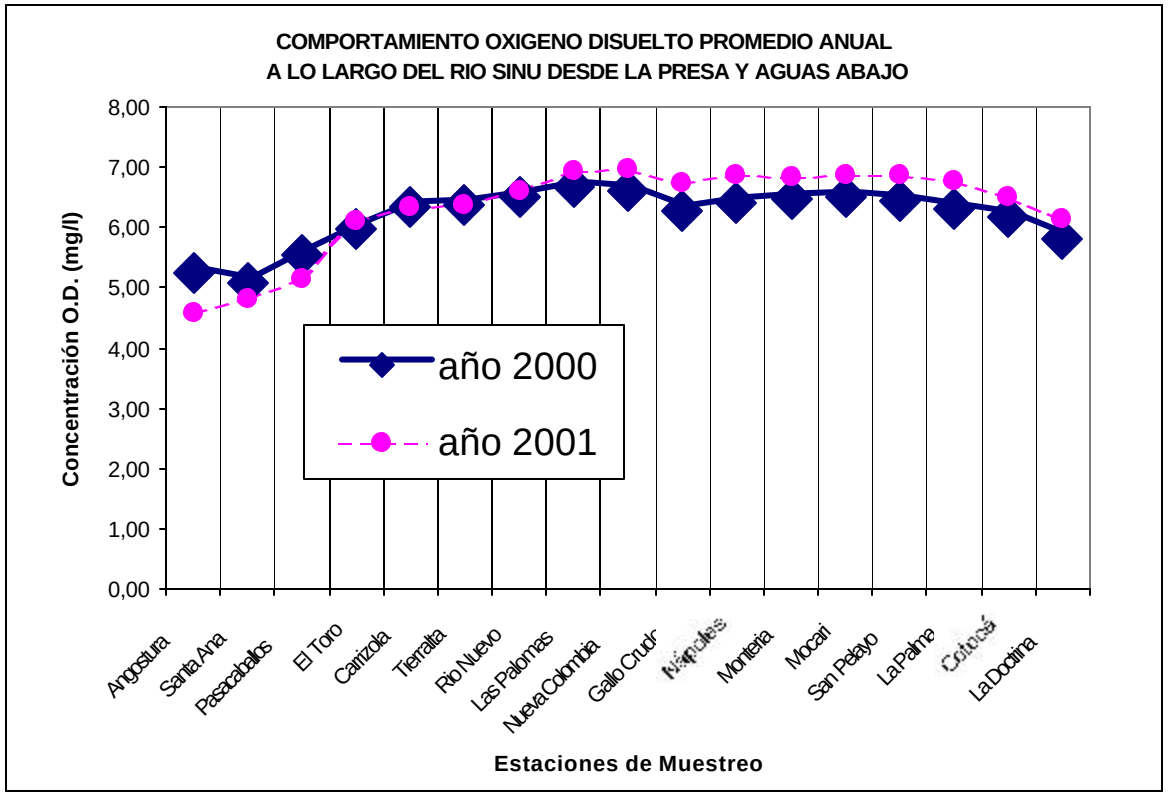
Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es probablemente el mejor indicador del estado de polución de una corriente. El comportamiento observado en la subregión del Alto Sinú es que la concentración de oxígeno disuelto es baja a la salida de la presa (2.9 a 4.2 mg/l) en los meses de febrero, marzo y abril, 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.

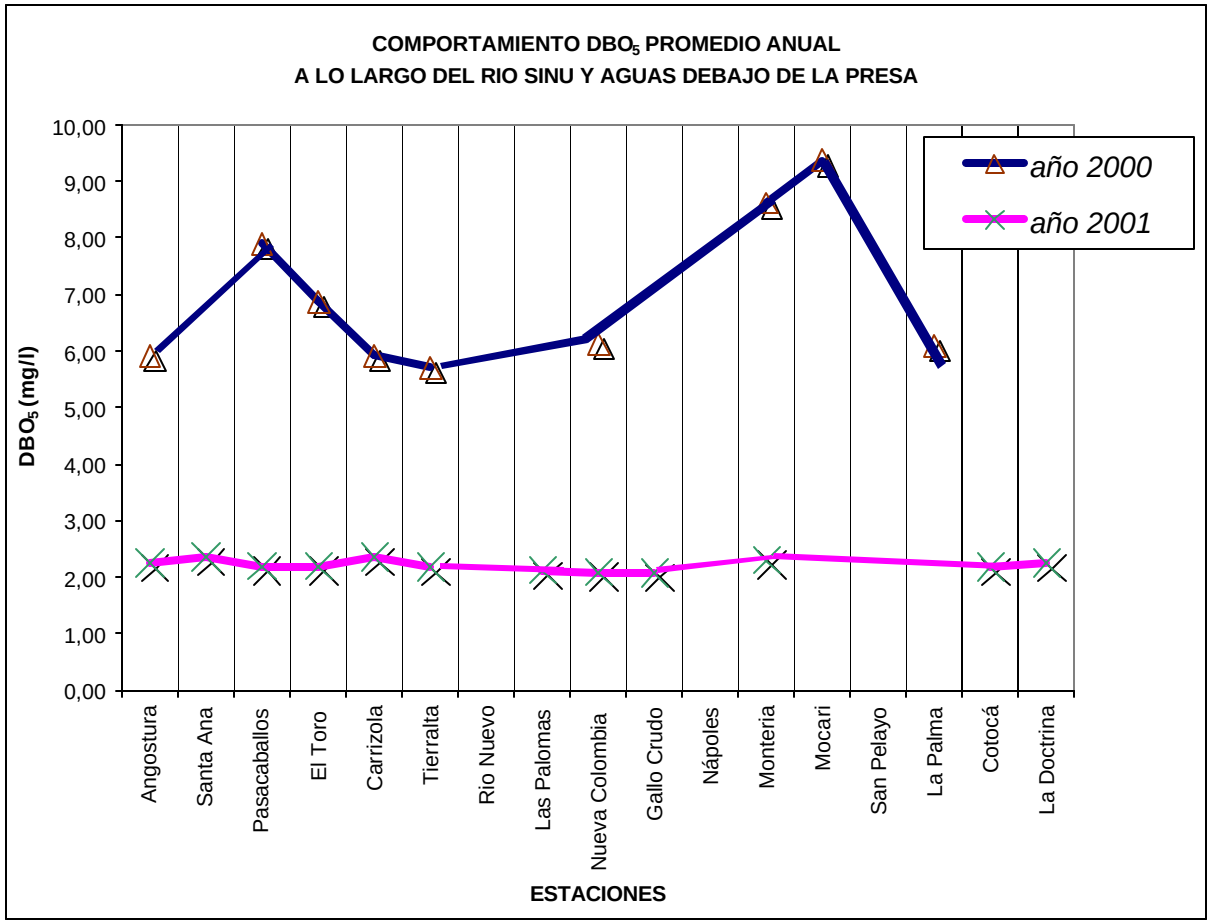
Turbiedad. En la subregión del Bajo Sinú tiene comportamiento similar al presentado en la Subregión del Bajo Sinú, y también promedian según la época en rango de 45 NTU en verano a 500 NTU en invierno.

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

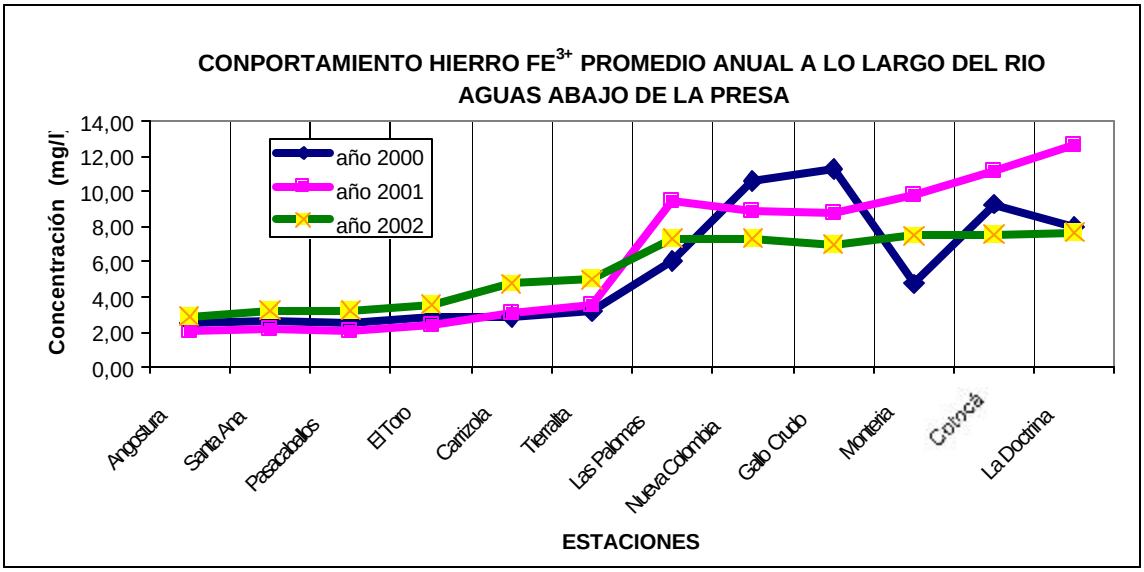


Fuente: Informe consolidado año 2001 - MCA-INF-CON-2001, Universidad Pontificia Bolivariana

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

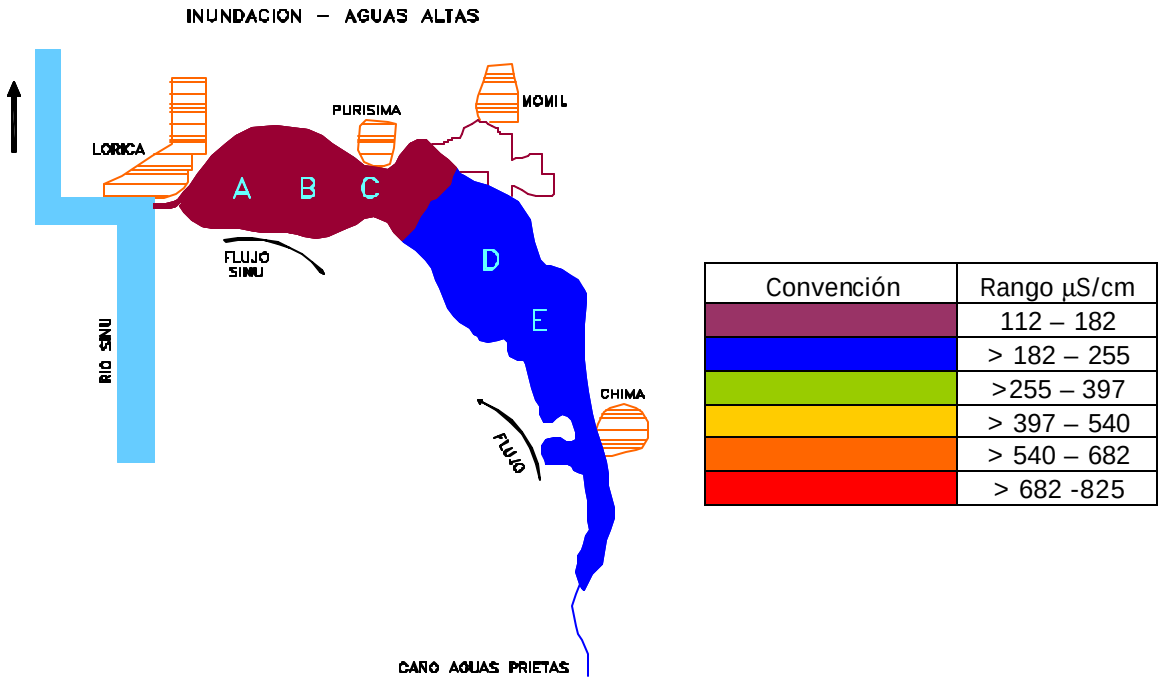
Es importante partir de la hipótesis que, la calidad del agua de las ciénagas esta influenciada por el comportamiento hidrológico y meteorológico del área de influencia directa. En el primer caso los drenajes naturales o construidos contribuyen por escorrentía, arrastre y dilución a caracterizar la calidad 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)

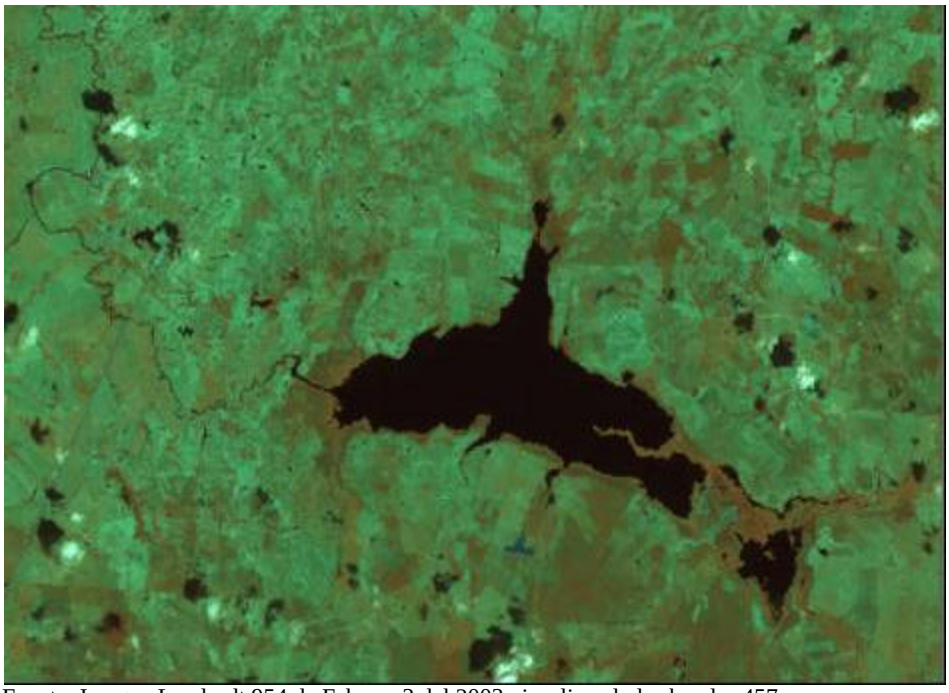
La conductividad registra el grado de mineralización del cuerpo de agua, lo que incide sobre los organismos acuáticos, pues pocos son capaces de sobrevivir en ambientes de salinidad variables, por lo general los organismos de agua dulce soportan pequeñas variaciones. La conductividad a lo largo del río 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)

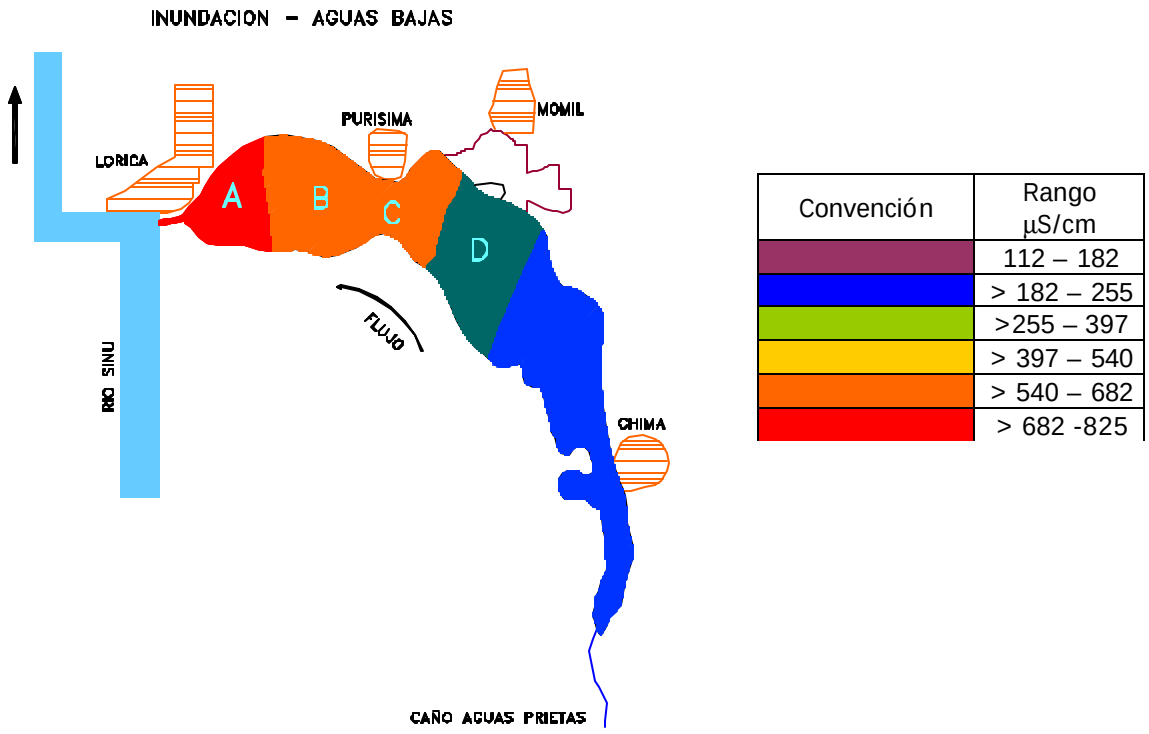


Fuente: Imagen Landsadt 954 de Febrero 3 del 2003 visualizando las bandas 457

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

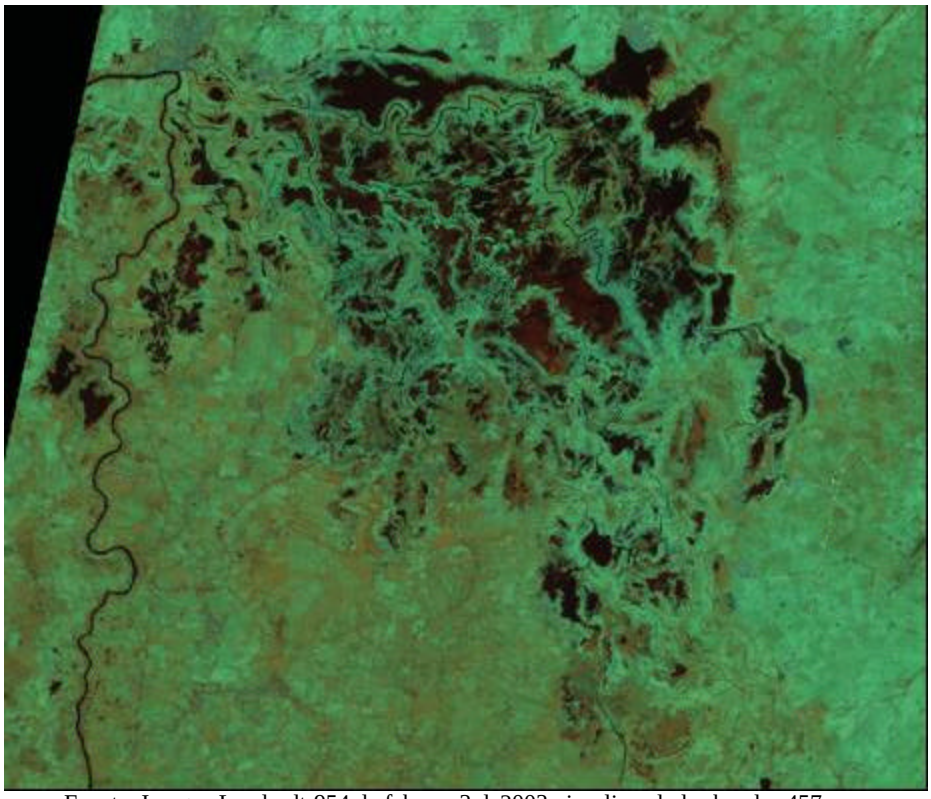
6.6.7 Análisis del agua del Delta en el río Sinú

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

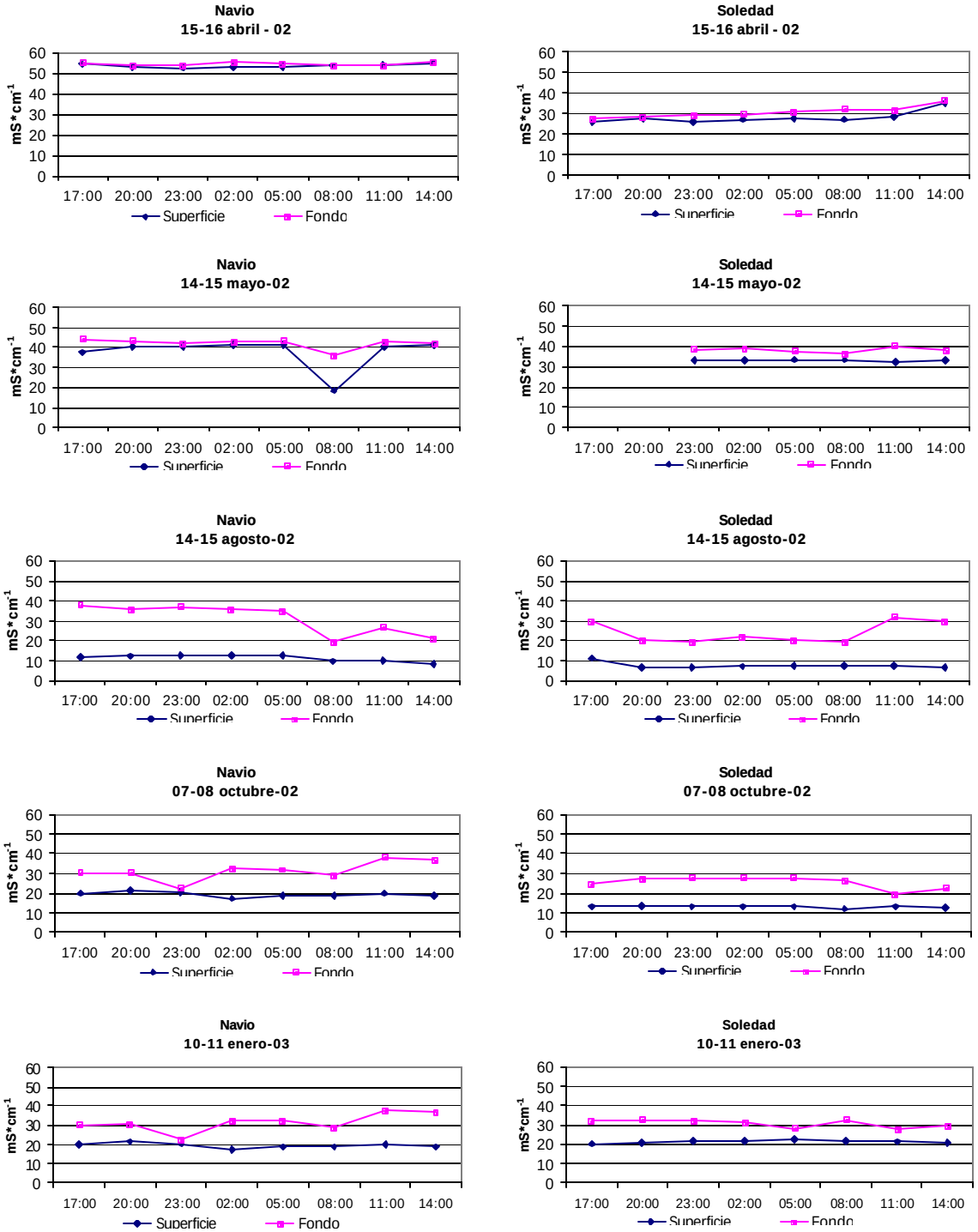
No se ha observado un impacto sobre la carga de nutrientes del sistema de ciénagas, mostrándose estas autosuficientes, tal vez por el aporte orgánico del propio manglar, que puede contribuir al estado de hipoxia de los fondos. Las concentraciones de nitratos, amonio, silicatos y fosfatos en las estaciones 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.

1. Lista de permisos unidad forestal

ARBOLADO URBANO		Solicitudes de poda de arboles urbanos o tala no mayor a 29 arboles urbanos.
TIPO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL	ARBOLES AISLADOS	Solicitudes arboles ya caidos, en mal estado o muertos en espacio privado o publico. Solicitudes de tala, reubicacion o transplante de arboles localizados en centros urbanos para la remodelación de obras publicas o privadas de infraestructura, construcciones, instalaciones y similares
	UNICO	Solicitudes cuando por estudios tecnicos se demuestre uso del suelo diferente al forestal o razones de utilidad publica e interes social.
	PERSISTENTE	Solicitudes cuando se pretende hacer uso del bosque con criterios de conservación, sostenibilidad e interes en comercializar los productos.
	DOMESTICO	Solicitudes para obtener productos madereros con el fin de satisfacer necesidades domesticas sin poder ser comercializados los productos (maximo 20 m3 anuales).

ARBOLADO URBANO	ARBOL EN ESPACIO PÚBLICO	SOLICITUD FORMAL PARA PODA O TALA Indicar dirección, ubicación o coordenada
	ARBOL EN ESPACIO PRIVADO	SOLICITUD FORMAL PARA PODA O TALA Indicar dirección, ubicación o coordenada
		DILIGENCIAMIENTO FORMATO CS-FO-11
		RUT
		FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
		ESCRITURAS DEL PREDIO
		CERTIFICADO TRADICIÓN Y LIBERTAD
		INVENTARIO FORESTAL
ARBOLES AISLADOS (IGUAL O MAYOR A 30 ARBOLES)	ESPACIO PUBLICO	DILIGENCIAMIENTO FORMATO AIS
		SOLICITUD FORMAL
		RUT
		FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
		COPIA CONTRATO DE OBRA PUBLICA
		CERTIFICADO COSTO TOTAL DEL PROYECTO
		GENERALIDADES TECNICAS DE LA OBRA A REALIZAR
		CAMARA DE COMERCIO
		PLAN DE APROVECHAMIENTO TERMINOS DE REFERENCIA
		INVENTARIO FORESTAL
		PLANOS DE OBRA DEL PROYECTO
		PLANOS UBICACIÓN DE LOS ARBOLES
		ACTAS DE CONCERTACIÓN CON LA COMUNIDAD
		ACTAS DE SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD
	ESPACIO PRIVADO	DILIGENCIAMIENTO FORMATO CS-FO-11
		SOLICITUD FORMAL
		RUT
		FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
		ESCRITURAS DEL PREDIO
		CERTIFICADO TRADICIÓN Y LIBERTAD
		PLAN DE APROVECHAMIENTO TERMINOS DE REFERENCIA
		INVENTARIO FORESTAL

ÚNICO	DILIGENCIAMIENTO FORMATO CS-FO-10
	SOLICITUD FORMAL
	RUT
	FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
	ESCRITURAS DEL PREDIO
	CERTIFICADO TRADICIÓN Y LIBERTAD
	PLAN DE APROVECHAMIENTO TERMINOS DE REFERENCIA
	INVENTARIO FORESTAL
	GENERALIDADES TECNICAS DEL PROYECTO A REALIZAR
	PLANOS DE OBRA DEL PROYECTO
	CERTIFICADO COSTO TOTAL DEL PROYECTO
	PLANOS UBICACIÓN DE LOS ARBOLES
	PLAN DE AHUYENTAMIENTO Y REUBICACION DE FAUNA
	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN MAPA DE USO RECOMENDAD POT O EOT
	ACTAS DE CONCERTACIÓN CON LA COMUNIDAD ALEDAÑA
	ACTAS DE SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD ALEDAÑA
PERSISTENTE	DILIGENCIAMIENTO FORMATO CS-FO-10
	SOLICITUD FORMAL
	RUT
	FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
	ESCRITURAS PUBLICAS DEL PREDIO
	CERTIFICADO TRADICIÓN Y LIBERTAD
	PLAN DE MANEJO FORESTAL
	PLAN DE APROVECHAMIENTO FORESTAL TERMINOS DE REFERENCIA
	INVENTARIO FORESTAL PRIMERA UNIDAD DE CORTA ANUAL
	CARTOGRAFIA DE BASE Y PLANO DE LAS UNIDADES DE CORTA
	ACTAS DE CONCERTACIÓN CON LA COMUNIDAD ALEDAÑA
	ACTAS DE SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD ALEDAÑA
DOMESTICO	SOLICITUD FORMAL
	RUT
	FOTOCOPIA CEDULA SOLICITANTE
	ESCRITURAS PUBLICAS DEL PREDIO
	CERTIFICADO TRADICIÓN Y LIBERTAD

*LAS SOLICITUDES FORMALES DEBEN CONTENER INFORMACIÓN PRECISA DE LA PERSONA NATURAL O JURIDICA QUE HACE LA SOLICITUD CON CEDULA O NIT SEGÚN SEA EL CASO. ASI MISMO, DEBERAN PRECISAR EL NOMBRE DEL MUNICIPIO, VEREDA, FINCA O PREDIO CON LAS INDICACIONES DE LOCALIZACIÓN, EXPONIENDO DE MANERA CLARA EL TIPO DE SOLICITUD, LA CUANTIA Y TIPO DE PRODUCTO.
*PARA EFECTOS DE AGILIZAR LA RESPUESTA A SU SOLICITUD, INCLUIR NUMERO TELEFONICO DE CONTACTO Y CORREO ELECTRONICO ACEPTANDO NOTIFICACIONES POR ESTE ÚLTIMO MEDIO.
*EN CASO DE ACTUAR MEDIANTE APODERADO ANEXAR PODER NOTARIAL A LA SOLICITUD.
*LOS CERTIFICADOS DE TRADICIÓN Y LIBERTAD DEBERAN PRESENTAR FECHAS DE EXPEDICIÓN MAXIMA DE DOS (2) MESES.
*LA DOCUMENTACIÓN ENLISTADA ES GENERICA Y POR TANTO PODRÁ SER AMPLIADA SEGUN LO CONSIDERE EL PERSONAL EVALUADOR

Requisitos para el permiso de ocupación de cauce

Requisitos para el Permiso de Ocupación de Cauce.

+ Formulario Único Nacional de Ocupación de Cauces, Playas y Lechos.
+ Cédula de Ciudadanía del representante legal.
+ Certificado de existencia y representación legal (expedición no superior a 3 meses).
+ Certificado de uso del suelo expedido por secretaria de planeación municipal o certificado por uso de espacio público
+ Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado.
+ Autorización del propietario o poseedor cuando se actúe como mero tenedor o por contrato de arrendamiento. (Alcaldía)
+ Informar si se requiere establecimiento o servidumbre para la construcción de las obras proyectadas.
+ Certificado de Libertad y Tradición (expedición no superior a 3 meses).
+ Registro Único Tributario - RUT
+ Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar. (en el cauce) (medio físico y magnético)
+ Plano de localización de la fuente hídrica en el área de influencia. (medio físico y magnético)
+ Planos y memoria de cálculo. (medio físico y magnético)
+ Costos detallados de inversión y operación.

Requisitos para el permiso de emisiones atmosféricas

REQUISITOS PARA EL PERMISO DE EMISIONES ATMOSFERICAS

- Nombre o razón social del solicitante y del representante legal o apoderado, si los hubiere, con indicación de su domicilio.
- Localización de las instalaciones, del área o de la obra.
- Fecha proyectada de iniciación de actividades, o fechas proyectadas de iniciación y terminación de las obras, trabajos o actividades, si se trata de emisiones transitorias.
- Concepto sobre uso del suelo del establecimiento, obra o actividad, expedido por la autoridad municipal o distrital competente, o en su defecto, los documentos públicos u oficiales contentivos de normas y planos, o las publicaciones oficiales, que sustenten y prueben la compatibilidad entre la actividad u obra proyectada y el uso permitido del suelo.
- Información meteorológica básica del área afectada por las emisiones.
- Descripción de las obras, procesos y actividades de producción, mantenimiento, tratamiento, almacenamiento o disposición, que generen las emisiones y los planos que dichas descripciones requieran, flujograma con indicación y caracterización de los puntos de emisión al aire, ubicación y cantidad de los puntos de descarga al aire, descripción y planos de los ductos, chimeneas, o fuentes dispersas, e indicación de sus materiales, medidas y características técnicas.
- Información técnica sobre producción prevista o actual, proyectos de expansión y proyecciones de producción a cinco (5) años.
- Estudio técnico de evaluación de las emisiones de sus procesos de combustión o producción, se deberá anexar además información sobre consumo de materias primas combustibles u otros materiales utilizados.
- Diseño de los sistemas de control de emisiones atmosféricas existentes o proyectados, su ubicación e informe de ingeniería.
- Si utiliza controles al final del proceso para el control de emisiones atmosféricas, o tecnologías limpias, o ambos.
- Certificado de existencia y representación legal, si es persona jurídica.
- Poder debidamente otorgado, si se obra por intermedio de apoderado.

Requisitos concesión de aguas superficial

Requisito del permiso de Concesión de Aguas Superficiales.

+ Formato Único Nacional de solicitud de Concesión de Aguas Superficiales totalmente diligenciado.
+ Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, conforme a lo establecido en el Decreto 1090 de 2018 y la Resolución 1257 de 2018, así:
+ Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante.

Sociedades: Certificado de existencia y representación legal (expedición no superior a 3 meses).
Juntas de Acción Comunal: Certificado de existencia y representación legal o del documento que haga sus veces, expedido con una antelación no superior a 3 meses.

+ Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado.

Propietario del inmueble: Certificado de tradición y libertad (expedición no superior a 3 meses).
Tenedor: Prueba adecuada que lo acredite como tal y autorización del propietario o poseedor.
Poseedor: Prueba adecuada que lo acredite como tal.

+ Copia de la cedula del representante legal.
+ RUT
+ Concepto uso del suelo (Planeación Municipal)
+ Informar si se requiere establecimiento o servidumbre, para el aprovechamiento del agua o para la construcción de las obras proyectadas.
+ Certificado de libertad y tradición del predio.
+ Término por el cual se solicita la concesión.
+ Cantidad de agua que se desea utilizar en litros por segundo, régimen de bombeo, frecuencia de la captación.
+ Información sobre los sistemas para la captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de las mismas y término en el cual se van a realizar.
+ Información sobre la destinación que se le dará al agua.
+ Información prevista en el capítulo IV, título III del Decreto 1541 de 1978, para concesiones con características especiales.
+ Costos de inversión y operación.
+ Planos de Ubicación y coordenadas.
+ CD, con la información técnica y diseños

1. Concesiones de Aguas Subterraneas

Nº	ESTADO DE LA CONCESIÓN	TEMÁTICA	BENEFICIARIO	REPRESENTANTE LEGAL	MUNICIPIO DE LA CAPTACION	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	COORDENADAS (X)	COORDENADAS (Y)	ACUIFERO
2	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVAMOTOS EL MUCHACHON	NORYS MARGOTH HOYOS PINTO	MONTERÍA	POZO	1364205,00	841875,00	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
4	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	JAIRO NOVA BARRERA	JAIRO NOVA BARRERA	MONTERIA	ALJIBE	08°45´42.77"	75°52´43.08"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
5	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVA PARK 6 DE MARZO POZO 1	JENIFER ROMERO ARANGO	MONTERIA	POZO	08°44´29.874"	75°52´51.948"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
6	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVA PARK 6 DE MARZO POZO 2	JENIFER ROMERO ARANGO	MONTERIA	POZO	08°44´28.867"	75°52´51.534"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
8	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	OSIRIS OMAIRA OTERO VILLAMIL	OSIRIS OMAIRA OTERO VILLAMIL	MONTERIA	POZO	8°44´05.6"	75°53´35.2"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
10	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVA PARK 6 DE MARZO POZO 3	JENIFER ROMERO ARANGO	MONTERIA	POZO	08°44´29.874"	75°52´51.948"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
15	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVADERO Y PARQUEADERO LUNA PARK	OVEI ENRIQUE LUNA PAEZ	MONTERIA	POZO	08°45´44.47"	75°52´45.21"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
20	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	ASDRUBAL RINCÓN PERNETT	ASDRUBAL RINCÓN PERNETT	MONTERÍA	POZO	8°44´36"	75°53´17"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
27	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA	MARITZA RONDON RANGEL	MONTERIA	POZO	8°45'58.118"	75°52'9.172"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
32	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	HAROLD DARIO CORONADO ARANGO	HAROLD DARIO CORONADO ARANGO	MONTERÍA	POZO	8°45´2,25"	75°53´3.38"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
34	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	JAIRO GABRIEL DÍAZ MARTÍNEZ	JAIRO GABRIEL DÍAZ MARTÍNEZ	MONTERÍA	POZO	8°49'57.46"	75°53´4.64"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
36	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	JAVIER ELIAS NOVOA GONZALES	JAVIER ELIAS NOVOA GONZALES	MONTERÍA	POZO	8°45´42.30"	75°52´33.30"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
43	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	ELIAS ABRAHAM GANEM CALONGE	ELIAS ABRAHAM GANEM CALONGE	MONTERÍA	POZO	8°45´55.41"	75°52´39.76"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
55	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	BIORESIDUOS S.A.S	AMPARO GUITIERREZ BONILLA	MONTERÍA	POZO	8°49'4"	75° 50' 17"	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
72	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	PARQUEADERO Y LAVADERO EL TERMINAL	ALFONSO GARCES ZULUAGA	MONTERÍA	POZO	8°44´54.66¨	75°51´57.4¨	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
74	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	CAR WASH BOUTIQUE LOS PITS	IVAN ARNULFO CORTES LUGO	MONTERÍA	POZO	1460101,00	801926,00	DEPOSITOS ALUVIALES (Qal)
83	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVAUTOS LA QUINTA	AMAURY GONZALEZ ARISMENDI	MONTERÍA	POZO	8°45'8"	75°53'15.5"	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
85	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	ESTACION DE SERVICIO EL FARO	RAMIRO LUIS OTERO ESPAÑA	MONTERÍA	POZO	8°45´54.30"	75°52´43.69"	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
87	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	DIPLAS S.A.S	CARMEN SOFIA PADRA DE CUELLAR	MONTERÍA	POZO	8°48'12,38"	75° 50' 55,6"	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
93	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	FRIGOSINU S.A	JUAN GUILLERMO SALDARRIAGA	MONTERÍA	POZO	1458453079,00	8443335,00	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
94	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	LAVAPARK 38.5	ANA CAROLINA ARRIETA VILLADIEGO BYANIS BANEYS HERRERA	MONTERÍA	POZO	8°45´39.51"	75°53´49.4"	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)
102	ACTIVA	CONCESION DE AGUAS SUBTERRANEAS	CAFÉ CORDOBA - SUCESORES DE CESAR VÁSQUEZ LIMITADA	JULIO CESAR VASQUEZ PADILLA	MONTERÍA	POZO	8,76637°	75,871172°	DEPOSITOS ALUVIALES (QAL)

Concesiones de Aguas Superficiales

ACUEDUCTO

No.	TEMÁTICA	BENEFICIARIO	MUNICIPIO	RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	TIPO DE CAPTACIÓN	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	MUNICIPIOS QUE ABASTECE	LUGAR CAPTACIÓN	COORDENADAS N	COORDENADAS O	CAUDAL OTORGADO (L/s)	RÉGIMEN
1	Concesión de Aguas Superficiales	Distrito de riego Mocarí (CORPOICA HOY AGROSAVIA)	Monteria	00.031 00.148 1-3896	12/02/1996 08/05/1996 18/12/2009	captacion lateral, tuberia de succion	Río Sinú		Distrito de riego Mocari			3500	6 H/DIA
5	Concesión de Aguas Superficiales	VEOLIA AGUAS DE MONTERÍA S.A. E.S.P. SIERRA CHIQUITA	MONTERÍA	1-2174 2-7286	31/03/2008 26/06/2020	Tubería enterrada captación tipo lateral Barcaza flotante Barcaza flotante Barcaza flotante	Río Sinú	Acueducto Montería	Sierra Chiquita Vieja Sierra chiquita Nueva Los Campanos Las Iguanas Mocari	8° 44' 14.03" 8°44'13.75" 8°45'05.14" 8°47'20.04" 8°48'14.99"	75° 54' 33.336" 75°54'33.36" 75°53'31.11" 75°51'59.49" 75°51'34.36"	900 900 50 50 50	24 h/día
6	Concesión de Aguas Superficiales	VEOLIA AGUAS DE MONTERÍA S.A E.S.P. LOS GARZONES	MONTERÍA	1-3934 2-7316	29/12/2009 10/07/2020	Barcaza flotante	Río Sinú	Acueducto de Los Garzones	Los Garzones	8° 49' 02"	75° 51' 30"	60	24 h/día
10	Concesión de Aguas Superficiales	AGUAS DE CÓRDOBA S.A. E.S.P.	MONTERÍA	2-0170	24/07/2014	Sistema de bombeo por captación flotante	Río Sinú	Acueducto de las veredas La Esperanza, Santa Fe y Tres Bindes	Corregimiento Santa Isabel	8° 33' 10"	75° 57' 49"	7	10h/día
13	Concesión de Aguas Superficiales	AGUAS DE CÓRDOBA S.A. E.S.P.	Monteria	2-0169	24/07/2014	Barcaza flotante	Río Sinú	abastecimiento Santa Isabel	monteria	1438060	792344	7	10 horas/día
14	Concesión de Aguas Superficiales	VEOLIA AGUAS DE MONTERÍA S.A E.S.P. LAS IGUANAS II	MONTERÍA	2-1553	11/11/2015	Plataforma Flotante	Río Sinú	Acueducto Montería	Barrio San Francisco	8°47'19,986''	75°51'59,046"	300	24 h/día
18	Concesión de Aguas Superficiales	PROACTIVA S.A.S. - ACUEDUCTO CORREGIMIENTO SAN ISIDRO	Montería	2-4307	26/01/2018	Caseta de Bombeo	Río Sinú	Abastecimiento de los corregimientos de San Isidro, Galailea, los moncholos, nuevo paraiáiso, gran esfuerzo, el congo nueva ola, san anterito y salamina	Río Sinú	8°36'19.37"	75°56'13.18"	15	24 h/día
25	Concesión de Aguas Superficiales y ocupacion de cauce	VEOLIA AGUAS DE MONTERIA S.A. E.S.P.	Monteria	2-6177	20/06/2019	Barcaza flotante	Rio Sinú	Acueducto El Ceibal,Faro 1,Faro 2, Faro 3, Faro 4, Aguas Negras, Las Babillas, las cacuchas, california,balmoral, el claval, sabanal, la risueña, el tapao, florisanto, besito, volao,toledo 1, las claritas, puerto franco, el campano,palma de vino, toledo 2, las mojarras	Mocari	8°48'14.80"	75°51'33.80"	110	24h/dia

CONCECION AGUAS SUPERFICIALES

No.	Tematica	BENEFICIARIO	MUNICIPIO	RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	TÉRMINO DE CONCESIÓN	TIPO DE CAPTACIÓN	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	ABASTECIMIENTO	LUGAR CAPTACIÓN	COORDENADAS N	COORDENADAS O	CAUDAL OTORGADO (L/s)	RÉGIMEN
1	Concesión de Aguas Superficiales	SENA - Centro Agropecuario y de Biotecnología EL PORVENIR	MONTERÍA	2-0216	12/8/2014	10 AÑOS		Rio Sinú	Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir	Corregimiento Santa Isabel. Municipio de Montería	8°34'24,09"	75°57'47,86"	2,5	8 h/día
5	Concesión de Aguas Superficiales	FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE COLOMBI A- BIOPAZ	MONTERÍA	2-3594	27/7/2017	5 años		Rio Sinú	Proyecto tanques geomembrana tilapia roja	Vereda las Palomas	8°26'43.6"	75°59'56.5"	16,6	8 h/día - 30 días/mes
7	Concesión de Aguas Superficiales	DORA HELENA MEJIA ALZATE	Monteria	2-3990	22/11/2017	5 años	Caseta de Bombeo	Quebrada las Flores	Abastecimiento domestico de animales Riego Por Goteo Cultivo de Palma Africana	Quebrada las Flores	8°25'16,1" 8°24'41,2"	75°58'13,8" 75°58'37,5"	5.1 40	3h/dia 8h/dia
15	Concesión de Aguas Superficiales	PISICOLA NISSI S.A.S	Monteria	2-4201	29/12/2017	5 años	Motobomba Trifasica Hidromar	Cienaga Betanci	Pecuario	Cienaga Betanci	8°24'30,02"	75°53'40,3"	120	4h/dia
20	Concesión de Aguas Superficiales	INVERSIONES BELLA SOFIA S.A.S.	Monteria	2-4253	11/1/2018	5 años	Electrobomba Pedrollo 5.5 hp de succion x4	Lago Reservorio - Corregimiento las palomas	Psicicola Cultivo de Bocachico, Cachama, Tilapia Roja, Bagre	Lago Reservorio - Corregimiento las palomas	8°25'50"	76°2'55"	24	2h/dia
23	Concesión de Aguas Superficiales	LUZ BEATRIZ GUTIERREZ POSADA	Monteria	2-4335	7/2/2018	5 años	Tractobomba con bomba cetrifuga	Rio Sinú	Riego de Pasto	Vereda Boca de Ceiba	8°48'40,17"	75°51'49,65"	6	12h/dia
25	Concesión de Aguas Superficiales	INVERSIONES EL OYETO S.A.S.	Monteria	2-4491	21/3/2018	5 años	Motor de Tractor 8000	Rio Sinú	Riego Cultivo Palma	Finca Caño Viejo	8°51'22"	75°51'15.7"	110	12h/dia
26	Concesión de Aguas Superficiales	FERNANDO HIGUERA DELGADO	Monteria	2-4486	21/3/2018	5 años	Motor Diesel	Caño de Betanci	Riego Cultivo de Palma de Aceite	Caño de Betanci	8°25'42,5"	75°51'57,4"	15	12h/dia
29	Concesión de Aguas Superficiales	JUAN DAVID POSADA RESTREPO	MONTERIA	2-4489	21/3/2018	5 AÑOS	BOMBA DE SUCCION	CIENEGA DE BETANCI	RIEGO	SAN ANTERITO	8°24´19,81"	75°50´26,39"	74,5	8 H/DIA
30	Concesión de Aguas Superficiales	LAURA MARIA OLMOS PARDO	Monteria	2-4619	7/5/2018	5 años	Barcaza flotante	Caño de Betanci	Riego Cultivo de Palma Africana de Acerte	Caño de Betanci	8°26'25,20"	75°57'05,50"	91,7	16h/dia
31	Concesión de Aguas Superficiales	WILLIAM BOTERO MASAD	Monteria	2-5059	28/8/2018	5 años	Barcaza flotante	Rio Sinú	Riego Cultivo	Boca de la Ceiba	8°49'0.59"	75°51'34.89"	60	10h/dia
32	Concesión de Aguas Superficiales	AGROPECUARIA BAJO GRANDE S.A.	Montería	2-5233	10/10/2018	5 años	Caseta de Bombeo	Rio Sinú	Riego de Cultivo de Pasto	Hacienda Pino Corregimiento Las Palomas Municipio Monteria	8°26'49,2"	76°0'19,3"	120	12h/dia
34	Concesión de Aguas Superficiales y ocupacion de cause	SM CENTOPIA &CIA S.C.A.	Monteria	2-5577	24/12/2018	5 años	Caseta de Bombeo	Rio Sinú	Acueducto Monteria	Cocosolo Santa Helena	08°50'16.0" 08°50'16.0"	75°51'23.3" 75°51'19.9"	10	8 h/dia
35	Concesión de Aguas Superficiales	AUTOMIUM CINCO S.A.S. & CVL ENTERPRISE LTDA	Monteria	2-6729	5/12/2019	5 años	Caseta de Bombeo	Rio Sinú	Riego Cultivo	Corregimiento Jaraquiel Finca La Francia	8°44'26.7"	75°54'54.7"	120	14h/dia
51	Concesión de Aguas Superficiales	ACUICOLA LA PAZ	MONTERÍA	2-8083	27/5/2021	5 AÑOS	Tuberia de Succion	Rio Sinú	USO PISCICOLA	SIERRA CHIQUITA	8°44'16.22"	75°55'13.86"	2,5	8 H/DÍA
58	Concesión de Aguas Superficiales	CENTRO INVESTIGACION PISCICOLA CINPIC UNIVERSIDAD DE CORDOBA	Monteria	2-8405	13/9/2021	5 años	Tuberia de Succion	Rio Sinú	Pecuario	Mocari	8°47'.55"	75°51'8"	0,29	12 h/día
59	Concesión de Aguas Superficiales	EMILIO RESTREPO ANGEL	MONTERÍA	2-8581	8/10/2021	5 AÑOS	bocatoma-tuberia de succion	Río Sinú	USO DOMESTICO Y GANADERO	MONTERÍA	8°30'21.5"	75°57'58..0"	3	6 H/DIA
61	Concesión de Aguas Superficiales	CONCRETOS DE LA COSTA S.A.S.	MONTERÍA	2-8693	1/12/2021	5 años	bocatoma-tuberia de succion	Rio Sinu	Uso Industrial - Uso domestico	Km 2 via a las palomas	8° 44´28.88"	75°54'26.36"	8	8 h/dia
62	Concesión de Aguas Superficiales	CONCRETOS DEL SINU S.A.	Monteria	2-8876	2/2/2022	5 años	Motobombas de Succion	Rio Sinú	Uso domestico uso Industrial	Finca Berlin	8°44'23.78"	75°54'29.20"	1 6	8h/dia 8 h/día
65	Concesión de Aguas Superficiales	NICOLAS GABRIEL GARCES VERGARA	Monteria	2-9080	30/3/2022	5 años	Caseta de Bombeo	Caño Betancí	AGRICOLA	Caño de Betanci	8°26'5,9"	75°57'48"	90	12h/dia
67	Concesión de Aguas Superficiales	PALMAS DEL SINÚ S.A.S.	MONTERIA	2-9275	16/5/2022	5 AÑOS	Tuberia de Succion	RIO SINÚ	AGRICOLA	CORREGIMIENTO DE JARAQUIEL	8°37'25.96"	75°56'15.55"	300	12h/día
68	Concesión de Aguas Superficiales	PALMERA LA ZORRA S.A.S.	Monteria	2-9417	15/6/2022	5 años	Barcaza flotante	Rio Sinú	AGRICOLA	Vereda Santa Isabel	8°32'15,4"	75°58'12,4"	98	8h/dia

Inventario de Vertimientos

Nº	TEMÁTICA	BENEFICIARIO	MUNICIPIO	RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	CUERPO RECEPTOR	COORDENADAS N	COORDENADAS E	CAUDAL INTERMITENTE(L/s)	TIEMPO DE DESCARGA H/DIA	FRECUENCIA DIA/MES
4	PERMISO DE VERTIMIENTOS	DISTRACOM S.A EDS EL DORADO	MONTERIA	2-2548.	22/09/2016	ALCANTARILLADO	8452961	75534539	4,0 ARI.	24	30
6	PERMISO DE VERTIMIENTOS	DISTRACOM S.A. EDS COSTA DE ORO	MONTERIA	2-2660	21/10/2016	SISTEMA DE ALCANTARILLADO	8°44,9'93"	75°52,6'03"	4	24	30
16	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SUPER STATION SEVILLA	MONTERIA	2-2630	11/10/2016	SUBSUELO	8°17'47.5" 8°17'48"	75°51'29" 75°31'27.3"	0,2 ARI 0,2 ARD	4	30
19	PERMISO DE VERTIMIENTO	SONACOL S.A.S PREDIO LA BALSA	MONTERIA	2-2702	1/11/2016	CAÑO BETANCI	1124512,462m	1423721,554m	0,0365 ARD Y 0,0365 ARI	8	30
25	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LAS CRUCES	MONTERIA	2-2759	21/11/2016	SUBSUELO	8°8,36'176"	76°43'122"	0,08	24	30
41	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SANTA FE	MONTERIA	2-2931	30/12/2016	CAMPO DE INFILTRACIÓN	8°31'59,03" 8°31'57,06"	75°54'08,5" 75°54,8'6"	5	24	30
42	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL HANGAR	MONTERIA	2-1958.	22/03/2016	SUBSUELO	1469065213m	1137182m	0,04	4	30
46	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LOS CORALES DISTRACOM S.A.	MONTERIA	2-2517.	15/09/2016	SUBSUELO	08°42,3'88"	75°41,8´76"	0,02 ARD Y 0,02 ARI	24	30
47	PERMISO DE VERTIMIENTO	DISTRACOM S.A. -EDS MONTERIANA MOVIL	MONTERIA	2-2549.	22/09/2016	SUBSUELO	8°44,07"	75°51.16.0"	0,6 ARI	24	30
51	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LOS ANDES	MONTERIA	2-3174	3/03/2017	ALCANTARILLADO	876.258	7.588.255	ARD 0.4 Y ARND 0,03	3	10
53	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL PUENTE	MONTERIA	2-3171	3/03/2017	SUBSUELO	8,65678	756.897	ARD 0.4 Y ARND 0.3	3	30
56	PERMISO DE VERTIMIENTO	MOTOR FULL DEL SINÚ LTDA EDS PINAR	MONTERIA	2-1781	14/08/2018	CANAL DE AGUAS LLUVIAS	812764	1448635	0,038	24	15
64	PERMISO DE VERTIMIENTO	DISTRACOM S.A. EDS LA CIRCUNVALAR	MONTERIA	2-2633.	11/10/2016	ALCANTARILLADO	08°44,9'44"	75°53,3'373"	4	24	30
78	PERMISO DE VERTIMIENTO	ARACHUAN TORRES Y ASOCIADOS	MONTERÍA	2-2736	16/11/2016	SUBSUELO	8°16'50,9"	75°10'38,5"	0,8	24	22
81	PERMISO DE VERTIMIENTO	MULTIAMBIENTE NUTRESA	MONTERÍA	2-2933	30/12/2016	SUELO	1135212m	1457827m	0,139	12	30
86	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LA MILAGROSA	MONTERIA	2-3091	15/02/2017	SUBSUELO	8° 50' 27.27"	75° 50' 19.5"		12	22
89	PERMISO DE VERTIMIENTO	RUTA AL MAR	MONTERIA	2-3780	26/09/2017	suelo	1468835	784694	0,01	24	30
96	PERMISO DE VERTIMIENTO	PISCICOLA NISSI S.A.S.	FINCA SAN JOSE, MONTERIA	*	-	-	-	-	-	-	-
97	PERMISO DE VERTIMIENTO	RUTA AL MAR	MONTERIA	2-3779	26/09/2017	SUBSUELO	8°40'18,18"	75°47'53,95"	0,01	24	30
98	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL VOLANTE	MONTERIA	2-3834	12/10/2017	SUBSUELO	75°47'58,28´´	8°52´29,16´´	0,3 y 0,4	4	15
100	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LA GRAN ESTACION	MONTERIA	2-3845	19/10/2017	Subsuelo	75º 53´51,50W	8º 45´37."N	0,3 y 0,5	12	30
102	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SANTACRUZ	MONTERIA	2-3546	21/07/2017	ALCANTARILLADO	8º 53´8,42N	76º 24´51.66O	ARD 0,6 Y ARnD 0,4	8	30
104	PERMISO DE VERTIMIENTO	CERVECERIA UNION	MONTERIA	2-0862	19/03/2015	SUBSUELO	84466	7551117	1,5	4	
105	PERMISO DE VERTIMIENTO	CONCRETOS DEL SINU S.A	MONTERIA	2-1036	22/05/2015	RIO SINU	1458468	1128697	0,3	2	4
106	PERMISO DE VERTIMIENTO	SOPROAS S.A	MONTERIA	2 - 1555	11/11/2015	SUBSUELO	8°49'15,01"	75°50'31,56"	2	5	30
107	PERMISO DE VERTIMIENTO	TERPEL S.A AEROPUERTO LOS GARZONES	MONTERIA	2-1198	6/07/2015	SUBSUELO	8°50'03,44"	75°49'56,77"	0,04	24	30
108	PERMISO DE VERTIMIENTO	AIRPLAN S.A	MONTERIA	2-1477	8/10/2015		1137167,6	1468750,9	44,09	12	30
109	PERMISO DE VERTIMIENTO	MAXIPAZ S.A.S EDS EL CONTAINER	MONTERIA	2-3766	20/09/2017	SUBSUELO	8°44'28,0"	75°51'46.6"	0,04	12	30
110	PERMISO DE VERTIMIENTO	SERVICENTRO MOCARI	MONTERIA	2-0080	2/07/2014	SUBSUELO	8804476	75848665	0,1736		
111	PERMISO DE VERTIMIENTO	ORGANIZACIÓN TERPEL EDS EL CORTIJO	MONTERIA	2-0171.	24/07/2014	SUBSUELO	4°44'44.19"	75°52'17,95"	0,03	0,04	30
112	PERMISO DE VERTIMIENTO	SENA REGIONAL CORDOBA	MONTERIA	2-0311	8/09/2014	QUEBRADA SIN NOMBRE	8°34'18.7	75°55'574´	0.926	8	22
113	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS 444 LA CANDELARIA S.A	MONTERIA	2-5070	31/08/2018	ALCANTARILLADO	8°45´ 53,2"	75° 52´ 36.1"	0,06	6	10
120	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LOS ARCANGELES	MONTERIA	2-4972	10/08/2018	SUBSUELO	8°46´21,962	75°51´1,72"	4,995 Y 0,0218	8	15
122	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SAN GABRIEL	MONTERIA	2-5021	22/08/2018	SUBSUELO	8°47´20,27"	75°50´51,91"	ARD 0,6 Y ARnD 2,0	8	30
124	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SUR DE MONTERIA - TERPEL	MONTERIA	2-5914	12/04/2019	ALCANTARILLADO			0.05	10	30
125	PERMISO DE VERTIMIENTOS	LAVADERO Y LUBRICANTES JORDAN	MONTERIA	2-5079	3/09/2018	ALCANTARILLADO	8° 44´6,0	75° 53´35.4"	0.4	12	30
127	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL VILLA	MONTERIA			SUELO	87370	-75888			
128	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINÚ CAMU CANTA CLARO	MONTERÍA	2-3851	20/10/2017	ALCANTARILLADO	8º 44´12,2º	75°52'2,33"	0,4	24	30
129	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINÚ CAMU LA GLORIA	MONTERÍA	2-3909	3/11/2017	ALCANTARILLADO	8°4'3,38,27"	7°53' 46,27,9"N	1,3	24	30
130	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINÚ CAMU MOGAMBO	MONTERÍA	2-4305	26/01/2018	ALCANTARILLADO	8°43´48,97" N	75°52´ 49,87" W	0,004	24	30
132	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINÚ CAMU EL AMPARO	MONTERÍA	2-3910	3/11/2017	ALCANTARILLADO	8°4'5,17,73"	75°53'40,63"	0,04	24	30
133	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINÚ CAMU SUCRE	MONTERÍA	2-3908	3/11/2017	ALCANTARILLADO	8°4'6,3,88"	7°52' 46,35"N	0,33	24	30
136	PERMISO DE VERTIMIENTO	LABORATORIO BONTAL S.A.S.	MONTERIA	2-4256	11/01/2018	NP	75°50'41,6	8º 43´49,5º	1,32	8	20
143	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SAN JERONIMO DE MONTERIA S.A.S	MONTERÍA	2-4162	15/12/2017	SUBSUELO	8º 45´50,6´´	75º57´34, 4´´	0,002	24	30
145	PERMISO DE VERTIMIENTO	COMERCIALIZADORA FINZENU S.A.S EDS PATIO BONITO	MONTERIA								
147	PERMISO DE VERTIMIENTO	DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLE LOS ANGELES S.A EDS EL TRIANGULO DE LA CIRCUNVALAR	MONTERIA	2-4353	14/02/2018	ALCANTARILLADO	87502	-75889	0,5	3	15
148	PERMISO DE VERTIMIENTO	COMERCIALIZADORA FINZENU S.A.S EDS EL DOCE	MONTERIA								
150	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS VIRGEN DEL CARMEN S.A.S	MONTERÍA	2-4618	7/05/2018	ALCANTARILLADO	75º 52´23,5"W	8º 45´33,6"N	0,19	8	15
151	PERMISO DE VERTIMIENTO	FINZENU SA EDS LOS CEDROS	MONTERIA	2-5877	2/04/2019	SUELO	75°59´12.7"	8°49´2.3"	0.002	12	30
152	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL EDEN	MONTERIA			ALCANTARILLADO			3.07	3	12
154	PERMISO DE VERTIMIENTO	DISTRIBUIDORA DE COMBUSTIBLE LOS ANGELES S.A EDS AVENIDA	MONTERIA	2-4986	14/08/2018	SUELO	87647	-75880	0,5	8	10
156	PERMISO DE VERTIMIENTO	NEFROUROS MOM. S.A.S	MONTERIA	2-4510	22/03/2017	ALCANTARILLADO	8°46´51,764	75°51´53,10´´	0,5	8	28
159	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS EL FARO	MONTERIA	2-4242	1/01/2018		75º 47´25,7"W	9º 14´28,70´N,	1,5	8	15
162	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVAUTOS EL FARO	MONTERIA	2-4138	15/12/2017	ALCANTARILLADO	8º 59´52´´	75º34´41, 56´´	0,9	24	30
163	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS URBINA	MONTERIA	2-4330	6/02/2018	ALCANTARILLADO	75º 53´091´´	8º 44´33,7´´	1,22	8	15
164	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINUCAMU MOGAMBO	MONTERIA	2-4305	26/01/2018	ALCANTARILLADO	8°43´48,97	75° 53´49,87´´	0,004	24	30
165	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINU CENTRO DE SALUD RANCHO GRANDE	MONTERIA	2-4830	5/07/2018	ALCANTARILLADO	8°44'57.9"	75°54'14.4"	0,004	24	30
166	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINUCENTRO DE SALUD CAMILO TORRES	MONTERIA	2-4832	5/07/2018	ALCANTARILLADO	8°48'19,5"	75°51'05,5"	0,004	24	30
170	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS FATIMA	MONTERIA								
171	PERMISO DE VERTIMIENTO	PLANTA PROLECHE CERETE	MONTERIA								
174	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO DE AUTOMOTORES MULTISERVICIOS LA CHARME	MONTERIA	2-5314	31/10/2018	ALCANTARILLADO	8° 45' 0.65"	75° 53' 23.6"	0,75	12	30
177	PERMISO DE VERTIMIENTO	CONCRETOS DEL SINU S.A	MONTERIA	2-8023	6/05/2021	RIO SINU	1458468	1128697	0,3	2	4
178	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO LAVAPARK38,5	MONTERIA	2-5057	28/08/2018	ALCANTARILLADO	8° 45´ 40.3"	75° 52´ 49.1"	0,1 - 0,059	-	30
184	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINU CAMU SEIS DE MARZO	MONTERIA	2-4493	21/03/2018	SUBSUELO	8º 44' 29,37"	75 º 52' 49,85"	0,004	24	30
191	PERMISO DE VERTIMIENTO	RUTA AL MAR - REUBICACION	MONTERIA	2-3489	5/07/2017	SUBSUELO	8°15'6,3"	75°29'49.4"	0,01	24	30
199	PERMISO DE VERTIMIENTO	E.S.E VIDA SINU EDMUNDO LOPEZ	MONTERÍA								
200	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SAMARIA	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8 °44' 24.40"	75 ° 53' 16.13"	5	24	30
203	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LA PERLA DEL SINÚ	MONTERÍA	2-6476	13/09/2019	ALCANTARILLADO	08°45'34.4"	75 ° 52' 23.2"	3,07	24	30
206	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINU SIMON BOLIVAR	MONTERIA								
208	PERMISO DE VERTIMIENTO	BARU MOTORS S.A.S	MONTERIA			ALCANTARILLADO			0.03	10	25
209	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE. VIDA SINÚ CAMU CANTACLARO	MONTERIA	2-3910	20/10/2017	ALCANTARILLADO	75°52´2.2" W	8°44´11.71" N	0,051	24	30
210	PERMISO DE VERTIMIENTO	EMPRESA CONSTRUCTORA KALAMARY S.A.-CONST. Y ADEC. CENTRO LOGISTICO IDN. SAN JERONIMO	MONTERÍA	2-3640	9/08/2017	CANAL NATURAL SIN NOMBRE	8°44´3,4" N	75°50´28" W	0,75	12	30
213	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LOS MANGOS DE LA CIRCUNVALAR	MONTERIA	2-3532	15/07/2017	SUELO	8°93´93" N	75°444"	0,06	3	30
216	PERMISO DE VERTIMIENTO	EL CONDOR S.A.	MONTERIA	1-6700	7/12/2012	NO REGISTRA	1.452.963	807.125			
217	PERMISO DE VERTIMIENTO	SERVI LAVA EXPRESS	MONTERÍA								
218	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LA 41	MONTERIA	2-6793	16/12/2019	ALCANTARILLADO	8°24429	1.460.151,93	0,05	15	30

227	PERMISO DE VERTIMIENTO	RTS SUCURSAL MONTERIA	MONTERIA								
228	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA DEL RIO	MONTERIA	**2-5483**	12/12/2018						
230	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA MONTERIA	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
237	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINU EDMUNDO LOPEZ	MONTERIA								
238	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA DEL RIO	MONTERIA								
239	PERMISO DE VERTIMIENTO	ALCALDIA DE MONTERÍA-CEDI VILLA CIELO	MONTERIA								
242	PERMISO DE VERTIMIENTO	BANCO DE SANGRE DE CORDOBA	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
243	PERMISO DE VERTIMEINTO	ESE VIDA SINU CAMU EDMUNDO LOPEZ	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8°44'05,8"	75°52'46,5"	0,0286	13	24
244	PERMISO DE VERTIMIENTO	CAMU EL DORADO E.S.E VIDA SINU	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
247	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SANTA CRUZ LTDA	MONTERIA	**601222**	21/09/2017						
248	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS LA TERMINAL	MONTERIA	**2-1615**	10/12/2015	SUBSUELO	967039	404574	0.0243		
250	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA MATERNO INFANTIL CASA DEL NIÑO S.A.S	MONTERIA								
252	PERMISO DE VERTIMIENTO	FUNDACION AMIGOS DE LA SALUD	MONTERIA								
253	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA DE TRAUMAS Y FRACTURAS	MONTERÍA								
255	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVAPARK EL TIO	MONTERIA								
256	PERMISO DE VERTIMIENTO	VEOLIA AGUAS DE MONTERIA S.A E.S.P	MONTERIA	**2-5844**	22/03/19	RIO SINU	8°49'2.58"	75°51'28.36"	150	24	30
257	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO LA TORCAZ	MONTERIA								
264	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE. VIDA SINÚ CENTRO DE SALUD LA CANDELARIA	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8º 43' 44,4'	75º 52' 44"	0,02314	12	
266	PERMISO DE VERTIMIENTO	SALUD TOTAL MONTERIA	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8°45´17.5"	75°53´02"	0,056	10	30
270	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO Y PARQUEADERO LA QUINTA	MONTERIA				8°44'17"	-75°87'79"	0,028	24	30
271	PERMISO DE VERTIMIENTO	BIOIMAGENES LTDA	MONTERIA								
275	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA RANCHO GRANDE	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0104	16	30
276	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA VILLA ROCI	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0,0139	16	30
277	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA EL DORADO	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.087	16	30
278	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA EL MORA	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0104	16	30
279	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA RIO DE JANEIRO	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0104	16	30
280	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA CHUCHURUBI	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0165	16	30
281	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA LA GLORIA	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0156	16	30
282	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA CALIFORNIA	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.078	16	30
283	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA URBINA	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.082	16	30
284	PERMISO DE VERTIMEINTO	JERONIMO MARTIS COLOMBIA SAS - TIENDA ARA MOCARI	MONTERÍA			ALCANTARILLADO			0.0098	16	30
285	PERMISO DE VERTIMEINTO	DAVITA SAS	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8°45´5.62"	75°52´48.2"	0.721	16	24
290	PERMISO DE VERTIMIENTO	UNION TEMPORAL AULAS DE CORDOBA - INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JOSE DEL PANTANO PUERTO ESCONDIDO	MONTERÍA	**2-7088**	5/03/2020	SUELO	8°57´45.6"N	76°05´30.1"	0.17	12	30
291	PERMISO DE VERTIMIENTO	ESE VIDA SINU HOSPITAL LA GRANJA	MONTERIA			ALCANTARILLADO	8°44´15.8"N	75°53´29.9" O	0.120	24	31
292	PERMISO DE VERTIMIENTO	UNION TEMPORAL AULAS DE CORDOBA - INSTITUCIÓN EDUCATIVA VILLA CONCEPCIÓN SANTA CRUZ DE LORICA	MONTERÍA			SUELO	9°083111	76035528	0,12	12	30
294	PERMISO DE VERTIMIENTO	UNION TEMPORAL AULAS DE CORDOBA - INSTITUCIÓN EDUCATIVA SINCELEJITO AYAPEL	MONTERÍA			SUELO	8°410542	74997470	0.097	12	30
302	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA IMAT	MONTERIA			ALCANTARILLADO			0.8	24	30
305	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVAPARK	MONTERIA								
308	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO AUTOSPA	MONTERIA								
313	PERMISO DE VERTIMIENTO	COCACOLA	MONTERIA								
316	PERMISO DE VERTIMIENTO	CLINICA ZAYMA	MONTERIA			ALCANTARRILLADO	8°45´14.8"	75°53´1.74"	0.858	24	30
317	RENOVACIÓN PERMISO DE VERTIMIENTO	SENA PORVENIR (3 TOMOS)	MONTERIA								
319	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO EL MUCHACHON	MONTERIA	**2-6515**	23/09/2019	ALCANTARILLADO			0.5	12	30
322	PERMISO DE VERTIMIENTO	CDI VILLACIELO ALCALDIA MONTERIA	MONTERIA			SUELO	75°50´45.76"	8°45´17"	4.5	2	22
323	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS SERVICENTRO MOCARI	MONTERIA				8°52´30.35,3"	75°45´57.36"			
334	PERMISO DE VERTIMEINTO	ULLOA Y RODRIGUEZ CONSTRUCCIONES S.A.S	MONTERIA	**2-7713**	22/12/2020	SUBSUELO	X: 1.461.584.75	1.134.759.64	0.08	12	30
338	PERMISO DE VERTIMIENTO	LAVADERO CAR WASH LOS PITS	MONTERIA				8.752.568	-75.877.472			
340	PERMISO DE VERTIMIENTO	SUPERTIENDAS Y DROGUERIAS OLIMPICA	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
341	PERMISO DE VERTIMIENTO	SODIMAC COLOMBIA S.A - HOMECENTER	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
342	PERMISO DE VERTIMIENTO	UAB SINU CENTRO	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
343	PERMISO DE VERTIMEINTO	IPS DE LA COSTA	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
344	PERMISO DE VERTIMIENTO	TIENDA METRO	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
345	PERMISO DE VERTIMIENTO	SAURIOS LTDA	MONTERIA			ALCANTARILLADO					
359	PERMISO DE VERTIMIENTO	EDS PATIO BONITO	MONTERIA	**2-8992**	9/03/2022	SUELO	08°36'21.08"	75°44'32.58"	0,0243	24	30
367	R. PERMISO DE VERTIMIENTO	RUTA AL MAR- PEAJE CEDROS	MONTERIA	**2-9210**	27/04/2022	SUELO	8°49'55.73"	76°3'4.85"	0,01	24	30
370	PERMISO DE VERTIMIENTOS	LOS POTRILLOS RESTAURANTE BAR	MONTERIA	**2-9381**	6/06/2022	CAÑO EL VIDRIAL	8°46'54"	75°53'39"	0,8485	12	30

Informe final- calidad de agua - departamento de Córdoba



INFORME FINAL

MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS DIFERENTES FUENTES HÍDRICAS DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

CONVENIO 002

CORPORACIÓN REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Director General
Orlando Rodrigo Medina Marsiglia

Secretaria General
Dr. Cesar Otero Flórez

Asesor de dirección
Dra. María Angelica Sáenz Espinosa

Subdirector de Planeación
Dr. Marcelo Escalante Barguil

Subdirector de Gestión Ambiental
Dr. Albeiro Arrieta López

Unidad Desarrollo Organizacional
Dr. José Luis Rodríguez

Jefe Administrativo Financiero
Dra. Mónica Patricia Polo Polo

Supervisor convenio
Dr. Albeiro Arrieta López

Asesoría Formulación

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Directora General
GILMAR GERMAN SANTAFÉ PATIÑO

Corporación Autónoma Regional de los Valles Sinú y del San Jorge

Carrera 6 No. 61-25 Barrio los Bongos

PBX (57+4) 7890605

© Montería, 2021

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE

Orlando Rodrigo Medina Marsiglia
Director General

Dr. Cesar Otero Flórez
Secretaria General

Dra. Maria Angelica Sáenz Espinosa
Asesor de dirección

Dr. Marcelo Escalante Barguil
Subdirector de Planeación

Dr. Albeiro Arrieta López
Subdirector de Gestión Ambiental

Dr. José Luis Rodríguez
Unidad Desarrollo Organizacional

Dra. Mónica Patricia Polo Polo
Jefe Administrativo Financiero

Angélica Aideé Coronado Arango
Ingeniera Sanitaria y Ambiental-Coordinador General Proyecto.

Equipo de Apoyo Técnico

Albert Anaya Guzmán
Ingeniero ambiental.

Pedro Yesid Ferreira Rengifo
Ingeniera Ambiental.

Ana Gabriel Marsiglia
Ingeniera Industrial

Adriana Sofía Yánez Galeano
Ingeniera Ambiental

María Paula Gómez Abisaad
Ingeniera Ambiental

Tulio Herazo German
Geólogo

Santiago Solano García
Ingeniero Industrial

Jorge Mario Salgado López
Ingeniero Civil

Ana Otero Jaramillo
Licenciada

Mariana Petro
Ingeniera Ambiental

Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN 14

2 ANTECEDENTES 16

3 DEFINICIONES..... 19

4 ACTUALIZACIÓN RED DE MONITOREO 2021..... 21

4.1 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO SINÚ Y AFLUENTES.....21

4.2 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO SAN JORGE Y AFLUENTES.....22

4.3 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO CANALETE Y AFLUENTES.....23

5 MONITOREOS CUENCA RÍO SINÚ PARA LOS AÑOS 2017, 2018, 2019 Y 2020..... 24

6 MONITOREOS CUENCA RÍO SAN JORGE PARA LOS AÑOS 2017, 2018, 2019 Y 2020…. 27

7 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA DURANTE EL PRIMER MONITOREO 30

7.1 PUNTOS DE MONITOREO CUENCA DEL RIO SINÚ.....30

7.2 PUNTOS DE MONITOREO DE LOS CAÑOS AFLUENTES DEL RÍO SINÚ.....36

7.3 PUNTOS DE MONITOREO CAUCE DEL RÍO SAN JORGE.....41

7.4 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA URÉ..... 46

7.5 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO..... 49

7.6 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA LA QUEBRADONA..... 53

7.7 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO CANALETE..... 57

8 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DEL DEPARTAMENTO..... 61

8.1 ACUÍFERO CERRITO.....61

8.2 ACUÍFERO BETULIA.....63

8.3 ACUÍFERO ARENAS MONAS..... 64

8.4 ACUÍFERO RÍO SINÚ.....65

8.5 ACUÍFERO SINCELEJO.....66

9 SEDIMENTOS PRIMER MONITOREO 67

10 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA DURANTE EL SEGUNDO MONITOREO 67

10.1 PUNTOS DE MONITOREO CUENCA DEL RIO SINÚ.....67

10.2 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LOS CAÑOS AFLUENTES DEL RÍO SINÚ.....73

10.3 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN JORGE.....77

10.4 PUNTOS DE MONITOREO DE LA QUEBRADA URÉ..... 81

10.5 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL RÍO SAN PEDRO.....84

10.6 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA LA QUEBRADONA.....88

10.7 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO CANALETE..... 91
11 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DEL DEPARTAMENTO – MONITOREO N°2 95
11.1 ACUÍFERO CERRITO.....95
11.2 ACUÍFERO BETULIA.....96
11.3 ACUÍFERO ARENAS MONAS..... 97
11.4 ACUÍFERO RÍO SINÚ..... 98
11.5 ACUÍFERO SINCELEJO..... 99
12 SEDIMENTOS 100
13 RESULTADOS DEL TERCER MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA..... 101
13.1 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SINÚ..... 101
13.2 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LOS CAÑOS AFLUENTES DEL RÍO SINÚ.....106
13.3 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN JORGE..... 110
13.4 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DE LA QUEBRADA URÉ.....114
13.5 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO.....118
13.6 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA LA QUEBRADONA.....121
13.7 RESULTADOS DEL TERCER MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES DEL RÍO CANALETE 125
14 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DEL DEPARTAMENTO..... 129
14.1 ACUÍFERO CERRITO 129
14.2 ACUÍFERO BETULIA 130
14.3 ACUÍFERO ARENAS MONAS 131
14.4 ACUÍFERO RÍO SINÚ 132
14.5 ACUÍFERO SINCELEJO 133
15 SEDIMENTOS TERCER MONITOREO 134
16 TENDENCIA DE RESULTADOS DE CALIDAD DEL AGUA 2021..... 135
16.1 ESTACIONES CUENCA RÍO SINÚ 135
16.2 ESTACIONES CAÑOS AFLUENTES RÍO SINÚ.....135
16.3 ESTACIONES RÍO SAN JORGE.....136
16.4 ESTACIONES QUEBRADA URÉ..... 136
16.5 ESTACIONES RÍO SAN PEDRO..... 136
16.6 QUEBRADA LA QUEBRADONA.....137
16.7 ESTACIONES CUENCA CANALETE.....137
17 CONCLUSIONES 138
18 BIBLIOGRAFIA 140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa cuenca Río San Jorge. 27
Figura 2. Puntos de Monitoreo Cuenca Río Sinú 30
Figura 3. Concentración de oxígeno Disuelto – Rio Sinú..... 31
Figura 4. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Rio Sinú 32
Figura 5. Valores de pH – Rio Sinú 32
Figura 6. Conductividad – Rio Sinú 33
Figura 7. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio Sinú 35
Figura 8. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio Sinú..... 36
Figura 9. Concentración de oxígeno Disuelto – Caño Afluentes Río Sinú 37
Figura 10. Concentración de oxígeno de saturación – Caño Afluentes Río Sinú..... 37
Figura 11. Valores de pH – Caño Afluentes Río Sinú..... 38
Figura 12. Conductividad – Caño Afluentes Rio Sinú 38
Figura 13. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú .. 39
Figura 14. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Caño Afluentes Rio Sinú 40
Figura 15. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Caño Afluentes Rio Sinú.40
Figura 16. Oxígeno disuelto – Río San Jorge..... 41
Figura 17. Oxígeno de saturación – Río San Jorge..... 42
Figura 18. Valores de pH – Río San Jorge..... 42
Figura 19. Conductividad – Rio San Jorge 43
Figura 20. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú .. 44
Figura 21. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio San Jorge . 45
Figura 22. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio San Jorge..... 45
Figura 23. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada Uré 46
Figura 24. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Quebrada Uré 46
Figura 25. Valores de pH – Quebrada Uré..... 47
Figura 26. Conductividad – Quebrada Uré..... 47
Figura 27. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada Uré 48
Figura 28. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada Uré . 49
Figura 29. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada Uré..... 49
Figura 30. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Pedro..... 50
Figura 31. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río San Pedro 50
Figura 32. Valores de pH – Río San Pedro 51
Figura 33. Conductividad – Río San Pedro 51
Figura 34. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río San Pedro 52
Figura 35. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río San Pedro. 52

Figura 36. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río San Pedro 53
Figura 37. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada La Quebradona..... 54
Figura 38. Porcentaje de oxígeno de saturación – Quebrada La Quebradona 54
Figura 39. Valores de pH – Quebrada La Quebradona 54
Figura 40. Conductividad – Quebrada La Quebradona 55
Figura 41. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada La Quebradona 55
Figura 42. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada La Quebradona 56
Figura 43. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada La Quebradona 56
Figura 44. Concentración de oxígeno Disuelto – Río Canalete 57
Figura 45. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río Canalete..... 58
Figura 46. Valores de pH – Río Canalete..... 58
Figura 47. Conductividad – Río Canalete..... 59
Figura 48. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río Canalete 59
Figura 49. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río Canalete ... 60
Figura 50. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río Canalete 61
Figura 51. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Cerrito 62
Figura 52. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Betulia 63
Figura 53. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Arenas Monas . 64
Figura 54. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Río Sinú 65
Figura 55. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Sincelejo..... 66
Figura 56. Concentración de oxígeno Disuelto – Rio Sinú..... 68
Figura 57. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Rio Sinú 69
Figura 58. Valores de pH – Rio Sinú 69
Figura 59. Conductividad – Rio Sinú 70
Figura 60. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Rio Sinú 71
Figura 61. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio Sinú 72
Figura 62. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio Sinú..... 73
Figura 63. Concentración de oxígeno Disuelto – Caño Afluentes Río Sinú 74
Figura 64. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Caño Afluentes Río Sinú 74
Figura 65. Valores de pH – Caño Afluentes Río Sinú..... 75
Figura 66. Conductividad – Caño Afluentes Rio Sinú 75
Figura 67. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú .. 76
Figura 68. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Caño Afluentes Rio Sinú 76
Figura 69. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Caño Afluentes Rio Sinú 77

Figura 70. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Jorge 77
Figura 71. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Río San Jorge 78
Figura 72. Valores de pH – Río San Jorge 78
Figura 73. Conductividad – Rio San Jorge 79
Figura 74. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú .. 79
Figura 75. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio San Jorge . 80
Figura 76. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio San Jorge 80
Figura 77. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Quebrada Uré 81
Figura 78. Valores de pH – Quebrada Uré 82
Figura 79. Conductividad – Quebrada Uré 82
Figura 80. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada Uré 83
Figura 81. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada Uré . 83
Figura 82. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada Uré 84
Figura 83. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Pedro 84
Figura 84. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río San Pedro 85
Figura 85. Valores de pH – Río San Pedro 85
Figura 86. Conductividad – Río San Pedro 86
Figura 87. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río San Pedro 86
Figura 88. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río San Pedro. 87
Figura 89. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río San Pedro 87
Figura 90. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada La Quebradona 88
Figura 91. Porcentaje de oxígeno de saturación – Quebrada La Quebradona 88
Figura 92. Valores de pH – Quebrada La Quebradona 89
Figura 93. Conductividad – Quebrada La Quebradona 89
Figura 94. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada La Quebradona 90
Figura 95. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada La Quebradona 90
Figura 96. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada La Quebradona 91
Figura 97. Concentración de oxígeno Disuelto – Río Canalete 91
Figura 98. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río Canalete 92
Figura 99. Valores de pH – Río Canalete 92
Figura 100. Conductividad – Río Canalete 93
Figura 101. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río Canalete 93
Figura 102. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río Canalete ... 94
Figura 103. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río Canalete 94
Figura 104. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Betulia 97

Figura 105. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Arenas Monas . 98
Figura 106. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Río Sinú 99
Figura 107. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Sincelejo..... 100
Figura 108. Concentración de oxígeno Disuelto – Rio Sinú..... 102
Figura 109. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Rio Sinú 102
Figura 110. Valores de pH – Rio Sinú 103
Figura 111. Conductividad – Rio Sinú 103
Figura 112. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Rio Sinú 104
Figura 113. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio Sinú 105
Figura 114. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio Sinú..... 106
Figura 115. Concentración de oxígeno Disuelto – Caño Afluentes Río Sinú 107
Figura 116. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Caño Afluentes Río Sinú 107
Figura 117. Valores de pH – Caño Afluentes Río Sinú..... 108
Figura 118. Conductividad – Caño Afluentes Rio Sinú 108
Figura 119. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú 109
Figura 120. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Caño Afluentes Rio Sinú 109
Figura 121. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Caño Afluentes Rio Sinú 110
Figura 122. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Jorge 110
Figura 123. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Río San Jorge 111
Figura 124. Valores de pH – Río San Jorge..... 111
Figura 125. Conductividad – Rio San Jorge 112
Figura 126. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú 112
Figura 127. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio San Jorge 113
Figura 128. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio San Jorge..... 114
Figura 129. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada Uré 114
Figura 130. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Quebrada Uré 115
Figura 131. Valores de pH – Quebrada Uré..... 115
Figura 132. Conductividad – Quebrada Uré..... 116
Figura 133. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada Uré 116
Figura 134. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada Uré 117
Figura 135. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada Uré..... 117
Figura 136. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Pedro..... 118
Figura 137. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río San Pedro 118
Figura 138. Valores de pH – Río San Pedro 119
Figura 139. Conductividad – Río San Pedro 119

Figura 140. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río San Pedro 120
Figura 141. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río San Pedro120
Figura 142. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río San Pedro 121
Figura 143. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada La Quebradona..... 121
Figura 144. Porcentaje de oxígeno de saturación – Quebrada La Quebradona 122
Figura 145. Valores de pH – Quebrada La Quebradona 122
Figura 146. Conductividad – Quebrada La Quebradona 123
Figura 147. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada La Quebradona 123
Figura 148. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada La Quebradona 124
Figura 149. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada La Quebradona 124
Figura 150. Concentración de oxígeno Disuelto – Río Canalete 125
Figura 151. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río Canalete..... 125
Figura 152. Valores de pH – Río Canalete..... 126
Figura 153. Conductividad – Río Canalete..... 126
Figura 154. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río Canalete 127
Figura 155. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río Canalete . 128
Figura 156. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río Canalete 128
Figura 157. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Cerrito 130
Figura 158. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Betulia 131
Figura 159. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Arenas Monas 132
Figura 160. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Río Sinú 133
Figura 161. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Sincelejo..... 134

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de calidad del Río Sinú adoptados para período 2020 – 2029..... 18
Tabla 2. Puntos de monitoreo Cuenca Río Sinú 21
Tabla 3. Caños afluentes Río Sinú..... 22
Tabla 4. Puntos de Monitoreo Río San Jorge..... 23
Tabla 5. Caños afluentes 23
Tabla 6. Puntos de Monitoreo Río Canalete..... 23
Tabla 7. Valores de Ica cuenca Río Sinú – 2017, 2018, 2019 y 2020. 25
Tabla 8. Valores de Coliformes fecales y totales – Cuenca Río Sinú. 26
Tabla 9. Valores de Ica cuenca Río San Jorge – 2017, 2018, 2019 y 2020 28
Tabla 10. Valores de Coliformes fecales y totales – Cuenca Río San Jorge 29

Tabla 11. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes. 31
Tabla 12. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos. 33
Tabla 13. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 34
Tabla 14. Clasificación índice ICA..... 34
Tabla 15. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 39
Tabla 16. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes. 41
Tabla 17. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos. 43
Tabla 18. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio San Jorge 44
Tabla 19. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Quebrada Uré 48
Tabla 20. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río San Pedro..... 52
Tabla 21. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Quebrada La Quebradona 56
Tabla 22. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río Canalete 60
Tabla 23. Índices Hidrogeoquímicos - Acuífero Cerrito 62
Tabla 24. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Betulia 63
Tabla 25. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Arenas Monas 64
Tabla 26. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Río Sinú..... 65
Tabla 27. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Sincelejo..... 66
Tabla 28. Concentraciones de Arsénico y Mercurio monitoreado en los sedimentos de las estaciones de monitoreo de calidad de agua localizadas 67
Tabla 29. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes. 68
Tabla 30. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos. 70
Tabla 31. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 71
Tabla 32. Clasificación índice ICA..... 72
Tabla 33. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 76
Tabla 34. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio San Jorge 79
Tabla 35. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada Uré 81
Tabla 36. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Quebrada Uré 83
Tabla 37. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río San Pedro..... 86
Tabla 38. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Quebrada La Quebradona 90
Tabla 39. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río Canalete 93
Tabla 40. Índices Hidrogeoquímicos - Acuífero Cerrito 95

Tabla 41. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Betulia 96
Tabla 42. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Río Sinú..... 98
Tabla 43. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Sincelejo..... 99
Tabla 44. Concentraciones de Arsénico y Mercurio monitoreado en los sedimentos de las estaciones de monitoreo de calidad de agua localizadas 100
Tabla 45. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes. 101
Tabla 46. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 104
Tabla 47. Clasificación índice ICA..... 105
Tabla 48. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú 109
Tabla 49. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio San Jorge 113
Tabla 50. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Quebrada Uré 116
Tabla 51. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río San Pedro..... 120
Tabla 52. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Quebrada La Quebradona 124
Tabla 53. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río Canalete 127
Tabla 54. Índices Hidrogeoquímicos - Acuífero Cerrito 129
Tabla 55. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Betulia 130
Tabla 56. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Arenas Monas 131
Tabla 57. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Río Sinú..... 132
Tabla 58. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Sincelejo..... 133
Tabla 59. Concentraciones de Arsénico y Mercurio monitoreado en los sedimentos de las estaciones de monitoreo de calidad de agua localizadas 134
Tabla 60. Índices ICA Cuenca Río Sinú. 135
Tabla 61. Índices ICA Cuenca afluentes río Sinú. 135
Tabla 62. Índices ICA río San Jorge. 136
Tabla 63. Índices ICA Quebrada Uré. 136
Tabla 64. Índices ICA río San Pedro..... 137
Tabla 65. Índices ICA río Quebrada la Quebradona..... 137
Tabla 66. Índices ICA Cuenca Canalete. 137

1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes en el planeta y uno de los más usados por la humanidad. A nivel global se ha generado gran preocupación respecto al acceso, manejo y calidad del recurso hídrico, puesto que juega un papel trascendental para la vida en la tierra, por su desempeño e importancia en sus funciones en la parte económica, social, cultural y ambiental. Es por esto que se hace necesario hablar del concepto de calidad del agua, el cual se planteó para el Estudio Nacional del Agua, donde se apropia la definición de la Directiva Europea Marco del Agua, que asume que es necesario proteger un cuerpo de agua más como un bien ambiental que como un recurso para ser explotado y que su caracterización se hace no sólo en función del uso. Sin embargo, no todas las fuentes hídricas o suministros de agua poseen la misma calidad, esto debido a la variación que se presenta de acuerdo a sus diferentes usos.

Para muchos países debido a la descentralización en la que se encuentran, existe carencia de fuentes y suministros adecuados de agua, tanto en términos de almacenamiento, así como para los servicios mejorados de agua potable y saneamiento lo que ocasiona que muchas personas especialmente las que se encuentran fuera de la periferia urbana se mantengan sin un servicio adecuado que les permita tener por lo menos una calidad aceptable de este recurso.

Colombia, es un país rico en fuentes hídricas, que tiene una población extensa que se dedica en su mayoría a la actividad agrícola, por lo tanto, es importante preservar el agua y velar por el uso, cuidado y el estado en el que se encuentra. El IDEAM dentro de su función de determinar la situación actual y posibles escenarios futuros del agua en Colombia, considera los componentes de oferta, demanda, calidad y riesgo hidrológico, a partir de las características de ocurrencia natural y afectaciones por su interrelación con el medio natural y la sociedad. El análisis del origen, distribución, oferta, demanda y calidad del recurso hídrico del país permite evaluar su estado actual.

Uno de los objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico es la calidad, donde para el cumplimiento se hace necesario el manejo de tres estrategias, como es el ordenamiento y reglamentación del uso del recurso, la reducción en la contaminación del recurso, monitoreo y seguimiento y por último la evaluación de la calidad del agua. La gestión que se realiza sobre el recurso hídrico se puede clasificar en planificación, administración, seguimiento y monitoreo, y manejo de conflictos relacionados con el agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos. (unwater,2015)

También se hace uso de un indicador de riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), este permite relacionar la calidad del agua y el nivel de riesgo al que se encuentra expuesta una determinada población por el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas de las muestras analizadas en la red de distribución. (INS, 2017). Algunos de los parámetros relevantes del monitoreo establecidos para la medición de calidad del agua son alcalinidad, color, PH, salinidad, niveles de níquel, amonio, cobre fósforo, hierro, magnesio, nitrógeno, oxígeno, entre otros.

Como estrategia para la generación e integración de la información sobre el recurso hídrico y su evaluación a nivel regional el IDEAM planteó las Evaluaciones Regionales del Agua ERA. La ERA es un proceso de evaluación del agua en las regiones a partir de la actualización permanente de información y construcción de conocimiento. Se pretende que se constituya en un insumo técnico para la planificación, priorización de acciones y toma de decisiones en el área de jurisdicción de las autoridades ambientales y en las unidades de análisis hídricas que la integran. Se busca que se genere información en forma sistemática y que facilite la articulación de los Sistemas de Información al interior de las autoridades ambientales, entre ellas y con las entidades nacionales.

Con base, a lo anteriormente dicho la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Rio Sinú y del San Jorge – CVS, como autoridad ambiental regional, tiene implementada una red de monitoreo de calidad del agua superficial y subterránea; estos monitoreos son realizados por lo general en temporada seca, intermedia e invierno, con el propósito de dar conocer el estado de las principales cuencas hidrográficas y subterráneas pertenecientes al departamento de Córdoba; con el fin de detectar de manera temprana la degradación de la calidad del recurso, que sin duda fue el más usado en el año 2021 y apoyar los procesos de ordenamiento, dado que la Corporación tiene la obligación de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento de los usos del agua, el suelo, el aire y demás recursos naturales renovables.

En el presente documento se muestra el análisis y la información de los resultados obtenidos en cada uno de los tres monitoreos de calidad del agua realizados sobre las cuencas de los ríos Sinú, Canalete, Los Córdobas, San Pedro, San Jorge, Ciénaga de Ayapel, Caños afluentes al Rio San Jorge y Quebrada de Ure, así mismo, así mismo, los resultados de los monitoreos de sedimentos realizados en las estaciones en mención y los monitoreos realizados en los principales acuíferos del departamento de Córdoba, en el marco del convenio No. 002-2021, celebrado entre celebrado entre CVS y UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

2 ANTECEDENTES

Los cuerpos de aguas superficiales, océanos y mares, reciben y transportan cargas contaminantes de aguas residuales generadas por los diferentes procesos productivos y que son vertidas sin tratamiento alguno; adicionalmente, son receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre.

De acuerdo a datos obtenidos del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), el país atribuye aproximadamente un 96% de aguas residuales generadas por actividades domésticas e industriales no tratadas correctamente, consecuencia del crecimiento demográfico y las actividades económicas por lo que estos vertimientos incrementan diariamente (Saldaña, 2020), haciendo necesaria la implementación de estrategias de monitoreo y control de calidad y cantidad del recurso hídrico que permitan tomar las medidas adecuadas para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales.

La calidad del agua se aborda como un tema de interés prioritario en la gestión integral del recurso hídrico (GIRH), siendo necesario evaluarla a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que son indicadores de la actividad antrópica de una región.

Un cuerpo de agua incorpora compuestos en su composición química natural, de ello dependen diversos factores como la clasificación del agua, su localización geográfica, influencia antropogénica, estación del año entre otras. Dentro de los compuestos se pueden encontrar: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos fosfatos silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

Esta composición puede verse alterada debido a actividades de origen antrópico. Es por ello, que los parámetros fisicoquímicos como pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, turbidez, alcalinidad, cloruros, SST, entre otros que permiten analizar el estado del agua determinando algún cambio entre sus características normales. Dichos parámetros permiten cuantificar la condición de afectación asociada al cuerpo de agua teniendo como referencia al estado natural del mismo, y así determinar el uso potencial del recurso hídrico.

Las variables o parámetros fisicoquímicos de acuerdo con su identificación pueden interpretarse individualmente siendo un indicador que visualicen la viabilidad ecosistémica. Entre esos se encuentran, por ejemplo, la presencia de sólidos en suspensión que se manifiestan por medio de la turbidez y el color del agua, y los sólidos disueltos establecen la salinidad del medio, en consecuencia, la conductividad de este. La abundancia de compuestos nitrogenados es indicativa de contaminación del recurso. Nutrientes como el Fosforo, permite controlar el crecimiento de algas, si este aumenta, se produce el proceso llamado eutrofización.

Otros de los parámetros relevantes es el oxígeno disuelto ya que, comprueba la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un cuerpo de agua, además, permite calcular la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) que calcula la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica de manera anaeróbica. Así

mismo, existe la Demanda Química de Oxigeno (DQO) que mide la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Como indicativos de presencia de excrementos humanos y animales existen parámetros biológicos llamado coliformes totales y fecales.

Debido a la actual situación de contaminación de las fuentes de agua en Colombia, (superficial y subterránea), es necesario tomar acciones de prevención, control y mitigación del nivel de riesgo al que se expone la población que hace uso de las fuentes de agua; por lo anterior, desde el gobierno nacional Colombiano, se implementa el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico – PNMRH, el cual es creado para dar respuesta a la necesidad de contar con un monitoreo sistemático, coherente y apropiado que dé soporte a la implementación y seguimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, en conjunto con los demás programas del Plan Hídrico Nacional 2010-2022. En este sentido, el PNMRH, se constituye en el marco que orienta e integra estrategias y acciones en el ámbito nacional y regional, para mejorar la generación de conocimiento e información, que permita definir el estado, la dinámica y el impacto que pueda tener el recurso hídrico.

En el marco de dicho plan nacional, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS, como autoridad ambiental regional, diseñó una red de monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea, con el propósito de hacer seguimiento a las principales cuencas hidrográficas de su jurisdicción y detectar de manera temprana la degradación de la calidad del recurso, apoyando los procesos de ordenamiento, dado que la Corporación tiene la obligación de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento de los usos del agua, el suelo, el aire y demás recursos naturales renovables, así como la responsabilidad de ejecución de los procesos de reglamentación del uso de agua.

La red de monitoreo de calidad de agua tiene como objetivo la valoración del estado y la dinámica de la calidad tanto del agua superficial como subterránea, con el fin de contribuir a la determinación de la oferta y la planificación del aprovechamiento del recurso hídrico, al igual que la determinación y las causas de variaciones de calidad (IDEAM, 2017).Colombia, es un país rico en fuentes hídricas, que tiene una población extensa que se dedica en su mayoría a la actividad agrícola, por lo tanto, es importante preservar el agua y velar por el uso, cuidado y el estado en el que se encuentra. El IDEAM dentro de su función de determinar la situación actual y posibles escenarios futuros del agua en Colombia, considera los componentes de oferta, demanda, calidad y riesgo hidrológico, a partir de las características de ocurrencia natural y afectaciones por su interrelación con el medio natural y la sociedad. El análisis del origen, distribución, oferta, demanda y calidad del recurso hídrico del país permite evaluar su estado actual.

Uno de los objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico es la calidad, donde para el cumplimiento se hace necesario el manejo de tres estrategias, como es el ordenamiento y reglamentación del uso del recurso, la reducción en la contaminación del recurso, monitoreo y seguimiento y por último la evaluación de la calidad del agua. La gestión que se realiza sobre el recurso hídrico se puede clasificar en

planificación, administración, seguimiento y monitoreo, y manejo de conflictos relacionados con el agua.

Adicionalmente, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge CVS a través de la Resolución 2-6969 del 20 de enero de 2020, adoptó los objetivos de calidad de agua para las cuencas del Río Sinú, Río San Jorge y Río Canalete para el período comprendido entre los años 2020 y 2029, conforme a la Metodología basada en la Guía de PORH, fundamentada en la información histórica en referencia a calidad de agua que ha ido construyendo la Corporación a través de la Red de Monitoreo de Calidad de Aguas que tiene establecida desde el año 2016.

Tabla 1. Objetivos de calidad del Río Sinú adoptados para período 2020 – 2029

OBJETIVOS DE CALIDAD DEL RÍO SINÚ					
PARÁMETRO		**TRAMO**	**META**		
			2 AÑOS	**5 AÑOS**	**10 AÑOS**
Oxígeno Disuelto	mg O_2 / L	Todo el río	≥ 4,5	≥ 5	≥ 6
Temperatura	°C	Todo el río	< 35	< 35	< 35
DBO_5	mg O_2 / L	Todo el río	< 5	< 5	< 5
DQO	mg O_2 / L	Todo el río	< 30	< 25	< 25
pH	U pH	Todo el río	6,5 - 8	6,5 - 8	6,5 - 8
SST	mg / L	Todo el río	≤ 90	≤ 90	≤ 90
SDT	mg / L	Nacimiento - Montería	≤ 90	≤ 90	≤ 90
		Montería - Lorica	≤ 75	≤ 75	≤ 75
		Lorica - Desembocadura	≤ 90	≤ 90	≤ 90
Grasas y Aceites			Ausentes	Ausentes	Ausentes
Coliformes Totales	NMP / 100 ml		< 5000	< 5000	< 5000
Coliformes Fecales	NMP / 100 ml		< 1000	< 1000	< 1000

Fuente: Resolución 2-6969 Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge CVS, enero 20 de 2020.

Por otra parte, la red de monitoreo de calidad de agua superficial, contempla el monitoreo de los principales ríos del departamento de Córdoba, teniendo como referencia la localización de los centros poblados, las actividades comerciales, domésticas e industriales realizadas en las diferentes subcuencas hidrográficas, el abastecimiento del servicio de agua potable y los puntos de vertimiento de aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado convencional.

Para el año 2021, se agregaron nuevos puntos a la red de monitoreo, esto con el fin de darle cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos para el convenio 002.

3 DEFINICIONES

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL AGUA

Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

CALIDAD DE AGUA

Resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Ministerio de la Protección Social, 2007)

COLIFORMES

Bacterias negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37 ºC (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5 ºC se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2010)

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Alteración de características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas en la calidad del agua, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir enfermedad o muerte al consumidor, que tiene un efecto dañino en cualquier ser viva que consuma esa agua. (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible - MADS, 2012)

CUENCA HIDROGRÁFICA

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar. (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible - MADS, 2012)

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados. Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable presente en el cuerpo de agua. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2010)

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2010)

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA

Usado para determina las condiciones fisicoquímicas de un cuerpo de agua en un intervalo de tiempo específico. Es la expresión de una combinación compleja de una serie de parámetros, que sirven como medida de calidad del agua. Puede ser representado por un número, rango, una descripción verbal, un símbolo o color. Generalmente se define como el valor numérico que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de parámetros de calidad del agua en una de las categorías establecidas.

El índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en tiempo real t. (IDEAM, 2011).

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Permiten analizar aspectos geoquímicos del agua y sus relaciones con los materiales del medio donde circulan, con el fin de entender su composición iónica, su distribución cuantitativa, sus combinaciones, dispersiones y concentraciones. Con el análisis físicoquímico de aguas subterráneas y de iones específicos, se entienden los procesos hidrogeoquímicos en una determinada zona. Las comparaciones de los iones disueltos en el agua pueden guardar relación con el material parental o indicar una característica especifica del agua considerada. (CVS & FUNSOSTENIBLE, 2017)

PARÁMETRO

Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2010)

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Son aquellos que dadas las propiedades físico-químicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que podemos encontrarnos en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades. Pueden ser: color, olor, sabor, pH, conductividad, dureza, cloruros, nitratos, nitritos, alcalinidad total, aluminio, hierro total, manganeso, sulfatos, magnesio, coliformes totales, coliformes fecales, mercurio, cianuro libre y disociable, entre otros. (AZNAR, 2000)

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Indicadores habituales y los principales microorganismos patógenos en un cuerpo de agua. Los de mayor interés son los Coliformes totales y los Coliformes fecales. (AZNAR, 2000)

SEDIMENTOS

Sólidos arrastrados por las aguas de escorrentía. El arrastre se incrementa con el aumento de la erosión. Principalmente están representados en arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua y pueden provenir de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. Estas partículas pueden ser transportadas por los vientos hasta los ríos, lagos y arroyos. (MARC, 2008)

SISTEMA ACUÍFERO

corresponde a un dominio espacial, limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos, relacionados o no entre sí. (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible - MADS, 2012)

ZONA DE MEZCLA

Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor, en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad del agua (DECRETO 3930, 2010)

4 ACTUALIZACIÓN RED DE MONITOREO 2021

De acuerdo al producto técnico definido en el Convenio No.002 suscrito entre la CAR-CVS y la Universidad de Córdoba, entre los cuales se establece la implementación de la red de monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea del departamento de Córdoba, a continuación, se presenta los puntos de monitoreo establecidos para la implementación de red en la vigencia 2021.

4.1 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO SINÚ Y AFLUENTES.

Cauce Principal.

Los puntos detallados en la siguiente tabla tienen como propósito el monitoreo de la calidad del agua en las diferentes subcuencas del Río Sinú, a saber:

- Alto Sinú: Pasacaballos, Tierralta.
- Medio Sinú: Montería PTAR A. ABAJO Margen Izquierda, Montería PTAR A. ABAJO Nor - Oriental, Montería rancho grande, Montería Caracolí, Cereté (aguas abajo del vertimiento sin tratamiento del servicio de alcantarillado operado por AQUALIA S.A E.S.P.).
- Bajo Sinú: Cotorra y Santa Cruz de Lorica.

Tabla 2. Puntos de monitoreo Cuenca Río Sinú

No.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS CVS	
		N	W
1	Pasacaballos	08°03’36,5”	76°09’59,5”

2	Tierralta	08°10’54,4”	76°03’41,8”
3	Montería – Rancho Grande	8°44'53.91"N	75°54'12.82"O
4	Montería – Caracolí	8°45'0.46"N	75°54'0.55"O
5	Montería - PTAR A. Abajo Margen Izquierda	8°45'29.29"N	75°53'20.8"O
6	Montería - PTAR A. Abajo Nor- Oriental	8°46'19.5"N	75°52'10.2"O
7	Montería	8°46'6.93"N	75°52'11.98"O
8	Cereté	08°53’26,35”	75°50’2,36”
9	Cotorra	09°2’48,08”	75°50’32,72”
10	Santa Cruz de Lorica	09°13’27,8”	75°50’25,8”

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

En el cauce principal del Río Sinú, se incluyen 4 puntos adicionales siendo estos: Montería PTAR A. ABAJO Margen Izquierda, Montería PTAR A. ABAJO Nor - Oriental, Montería - Rancho Grande y Montería Caracolí, esto con el fin de obtener mayor información acerca de los vertimientos que se están haciendo sobre el Río en el municipio de Montería.

Tabla 3. Caños afluentes Río Sinú.

No.	PUNTO DE MONITOREO	AFLUENTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			N	W
11	Caño Bugre	Caño Bugre	08°53’05,8”	75°47’33,2”
12	Caño Aguas Prietas	Caño Aguas Prietas	08°48’25,4”	75°41’54,1”
13	Caño Sicará	Caño Sicará	09°20’37,6”	75°55’07,6”

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

4.2 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO SAN JORGE Y AFLUENTES.

Cauce Principal.

Los puntos de monitoreo en el cauce principal del Río San Jorge, se definen bajo los siguientes considerandos:

- Bocas de Uré: Aguas debajo de la confluencia de la quebrada Uré con el Río San Jorge.
- Bocatoma Acueducto: Punto de captación del sistema de acueducto urbano del municipio de Montelíbano, operado por JAGUAZUL S.A E.S.P.
- Barrio La Pesquera: Agua debajo de la descarga del caño Burgos, el cual recolecta las aguas residuales generadas en los barrios y/o sectores con deficiencias en la cobertura de alcantarillado o componentes de redes de recolección y transporte no conectados.
- La Balsa: Análisis del comportamiento del agua (propuesto para eliminar de red).
- Puente Metálico: Actualmente se viene monitoreando en el centro poblado del corregimiento Puerto Colombia; sin embargo, se recomienda trasladarlo a las siguientes coordenadas N 08°3'32,63"W 75°21'25,90", en consideración al punto de captación del sistema de acueducto regional San Jorge proyectado para el abastecimiento de la zona urbana y centros poblados rurales localizados aledaño a la línea de conducción en los municipios de La Apartada, Buenavista, Planeta Rica y Pueblo Nuevo.

Tabla 4. Puntos de Monitoreo Río San Jorge.

No.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		N	W
1	Bocas de Uré-San Jorge	07°56’49,3”	75°30’45,9”
2	Bocatoma Acueducto (Montelíbano)	07°59’07,1”	75°26’12,3”
3	Barrio La Pesquera (Montelíbano)	07°59’13,3”	75°25’10,1”
4	La Balsa- Río San Jorge	08°01’39,7”	75°23’09,4”
5	Puente Metálico-La Apartada-Río San Jorge	08°3'32,63"	75°21'25,90"

Fuente: Equipo Técnico, 2021

Cuerpos afluentes.

Por otra parte, en referencia al diagnóstico de las fuentes superficiales receptoras de vertimientos puntales y difusos provenientes de las actividades desarrolladas en la explotación minera, legal e ilegal, se proponen los siguientes puntos para adicionar en la red.

Tabla 5. Caños afluentes

No.	PUNTO DE MONITOREO	FUENTE SUPERFICIAL	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			N	W
6	Puente de vía a corregimiento Villanueva	Río San Pedro	07°51'2,59"	75°42'24,03"
7	Tornorojo	Río San Pedro	7°58'5,39"	75°33'11,94"
8	Mina la Primavera	Río San Pedro	7°56'47.20"	75°38'29.17"
8	Pueblo Flecha	Quebrada Uré	07°52’50,4”	75°33’30,76”
9	Puente Uré	Quebrada Uré	07°56’8,11”	75°32’18,08”
10	Quebrada La Quebradona	Quebrada La Quebradona	08°14'5,02"	75° 9'20,94"

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

4.3 PUNTOS DE MONITOREO ESTABLECIDOS PARA EL RÍO CANALETE Y AFLUENTES

Cauce Principal.

Se recomienda continuar con los puntos definidos en la red de monitoreo, alimentando la línea de base con la información de años anteriores, en la cual se registran valores de clasificación Mala en términos de calidad de agua. Verificar los puntos de vertimientos de los sistemas de tratamiento del servicio de alcantarillado del área urbana de los municipios de Los Córdobas, Canalete y Puerto Escondido.

Tabla 6. Puntos de Monitoreo Río Canalete

No.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		N	W
1	Sector El Planchón	8°59’31,2”	76°15’20,3”
2	Paso del mono	8°48’24,6”	76°15’26,7”
3	Puente Corregimiento de Popayán	8°40’39,0”	76°11’55,3”
4	Después del pueblo Los Córdobas	8°54’02,8”	76°21’19,2”
5	Puente Los Córdobas vía Montería-Arboletes	8°52’48,3”	76°20’52,8”

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

De los puntos de monitoreo del año 2020, se hizo una revisión técnica con el fin de incluir tres puntos de monitoreo en el Municipio de Montería, se tuvieron en cuenta las zonas donde se presentan centros poblados y en las cuales las variaciones del ICA han sido constantes a lo largo de los años. Teniendo en cuenta lo anterior, se sacaron dos puntos monitoreados el año anterior siendo estos Caño Grande afluente del Río Sinú y Puente Km 19 perteneciente a la cuenca del Río Canalete.

5 MONITOREOS CUENCA RÍO SINÚ PARA LOS AÑOS 2017, 2018, 2019 Y 2020

El área de la cuenca del Rio Sinú es de aproximadamente 13.952 Km^2 con una longitud total del cauce de 437,97 kilómetros desde su nacimiento hasta su desembocadura y con un caudal promedio diario de 397 m^3/s con caudales máximos hasta de 858 m_3/s y mínimos de 29 m^3/s en la estación de la doctrina próximo a su delta. Al ser esta una cuenca tan importante para el departamento de Córdoba la Corporación autónoma Regional de los Valles de Sinú y San Jorge – CVS, con apoyo de diferentes instituciones académicas, científicas y técnicas, en el ejercicio de control y seguimiento como entidad ambiental ha llevado a cabo a través de los años un monitoreo de aguas tanto superficiales como subterráneas donde se tiene en cuenta diversos parámetros de estudio como se muestra a continuación detalladamente:

Para el año 2017, 2018, 2019 y 2020 en el Rio Sinú fueron seleccionados varias estaciones de monitoreo que fueron distribuidas sobre el cauce y algunos de los parámetros analizados fueron: DBO5, pH, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico, Fósforo Total, Hierro Total y Manganeso Total. Los resultados arrojaron que la mayoría de los parámetros cumple con los criterios de calidad admisibles para diferentes usos, de acuerdo al Decreto 1594 de 1984, compilado en el Decreto 1076 de 2015. En el histórico de los 15 años, el patrón de comportamiento para las variables monitoreadas en el curso del Río Sinú, presenta características similares año a año (UPB, 2015).

Durante los diversos monitoreos se obtuvieron los siguientes resultados de ICA como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Valores de Ica cuenca Río Sinú – 2017, 2018, 2019 y 2020.

	2017	2018	2019	2020
Primer Monitoreo	Durante el primer monitoreo de 2017, el índice de calidad de agua -ICA- para el río Sinú presentó características entre ***Regular y Aceptable***, oscilando en el rango entre **0,62 y 0,74.**	Durante el primer monitoreo de 2018, registró valores de clasificación entre ***Regular y Aceptable***, oscilando el rango entre **0,57 y 0,71**	ICA calculado en las estaciones de monitoreo del Río Sinú, durante el monitoreo No. 1 de 2019, registraron valores entre **0,58 y 0,65** de clasificación ***Regular***	Durante el año 2020, en las diferentes temporalidades climáticas, registró comportamiento constante a lo largo del primero monitoreo, correspondiente a la temporada seca, registrando valores de clasificación Media en los puntos localizadas en la cuenca alta y media. Por otra parte, en relación al comportamiento de la calidad del agua durante los monitoreos 2 y 3, se registraron valores entre 0.71 a 0.90 con clasificación Aceptable
Segundo Monitoreo	A diferencia de los resultados obtenidos en mes de julio (primer monitoreo), registraron valores entre **0,62-0,65** con calificación ***Regular*** en las condiciones de calidad de agua siendo uniforme entre las estaciones.	Durante el segundo monitoreo de 2018, se obtuvo en valores con clasificación mayormente ***Regular***, a excepción de la estación Montería, en la cual se determinó un ICA de 0,78 clasificado en calidad Aceptable. Sus valores oscilaban entre **0,65 y 0,70**.	El ICA calculado sobre los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los puntos de monitoreo ubicados sobre el Río Sinú, registraron valores entre 0,61 a 0,69 de clasificación en ***Regular***	
Tercer Monitoreo	En el tercer monitoreo se registró una baja aún mayor en la calidad de agua con respecto al primer y segundo monitoreo, en particular en las estaciones las Palomas (**0,46**), Montería (**0,53**), Tierralta (**0,58**) y el Toro (**0,59**). Sus valores oscilaban entre **0,46 y 0,73**.	Durante el tercer monitoreo de 2018, se obtuvo en valores con clasificación Regular en las estaciones de Pasacaballos, Tierralta, Montería y Santa Cruz de Lorica, mientras que en las estaciones ubicadas en los municipios de Cereté y San Pelayo reportaron valores en el rango de calidad Aceptable, en los cuales se determinó un ICA de **0,73** y **0,78** respectivamente. Sus valores oscilaban entre **0,57 y 0,78**.	El ICA determinado en las estaciones de monitoreo durante la tercera jornada del 2019, registró valores de clasificación ***Regular*** de calidad de agua, siendo la estación Tierralta la de menor registro con valor de 0,52	

Tabla 8. Valores de Coliformes fecales y totales – Cuenca Río Sinú.

	2017	2018	2019	2020
Coliformes Totales y Coliformes Fecales	Se presentaron concentraciones de coliformes totales con valores superiores a **20.000 NMP/100 ml** en Tierralta **(1600000 NMP/100 ml)**	Las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales durante el monitoreo No. 1, 2 y 3 de 2018 registraron valores superiores a lo establecido. (Tablas en Anexo)	Las concentraciones de coliformes fecales durante el monitoreo No. 1 en las estaciones de monitoreo ubicadas en el cauce del Río Sinú, registraron valores superiores a las establecidas. Las concentraciones de parámetros microbiológicos registraron valores superiores a los establecidos en el decreto, evidenciando de este modo el impacto generado por vertimientos de aguas residuales Las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales durante la tercera jornada de monitoreo de calidad de agua del 2019, registraron valores ajustables a los establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3. del Decreto 1076 del 25 de mayo de 2015	En la caracterización y determinación de la calidad del agua del Río Sinú, conforme las condiciones microbiológicas, las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales se registraron en concentraciones ajustadas a los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con tratamiento previo.

6 MONITOREOS CUENCA RÍO SAN JORGE PARA LOS AÑOS 2017, 2018, 2019 Y 2020

El río San Jorge nace en límites entre los departamentos de Antioquia y Córdoba, específicamente en el Nudo de Paramillo, en la cordillera occidental, surca los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar. Transita entre las serranías de San Jerónimo y Ayapel para luego atravesar las ciénagas de Ayapel, de San Marcos y de Machado, en la Depresión Momposina. Después de recorrer las llanuras del Caribe colombiano desemboca en Boca de San Antonio, convirtiéndose en afluente del río Cauca, para finalmente verter sus aguas en el Brazo de Loba, una vía alterna del río Magdalena. La cuenca hidrográfica del San Jorge cuenta con un área total de 9.901 km². El sistema hidrológico del Río San Jorge se estructura por un plano inundable y por una cuenca aportarte, compuesto el primero por caños y ciénagas y el segundo por el río principal y un sinnúmero de ríos secundarios y quebradas. El San Jorge tiene una longitud próxima a los 368 km (215 km en Córdoba), su recorrido se da en dirección sur-norte, con un caudal promedio mensual de 204 metros cúbicos por segundo.

Para los años 2017, 2018, 2019 y 2020 en el Rio San Jorge fueron seleccionados varias estaciones de monitoreo que fueron distribuidas sobre el cauce y algunos de los parámetros analizados fueron: DBO5, pH, Nitrógeno Total, Sedimentos, SDT – ST, Coliformes fecales, oxigeno disueltos entre otros.

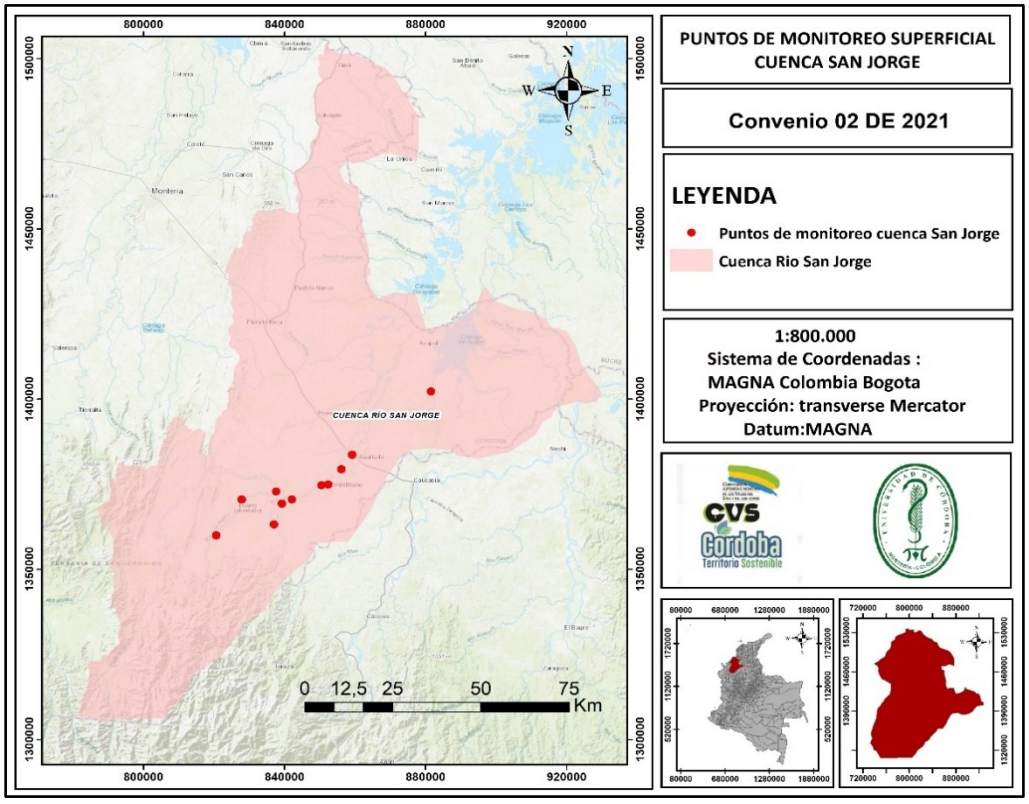


Figura 1. Mapa cuenca Río San Jorge.

Tabla 9. Valores de Ica cuenca Río San Jorge – 2017, 2018, 2019 y 2020

	2017	2018	2019	2020
Primer Monitoreo	Durante el primer monitoreo las estaciones Bocas de Uré, Bocatoma acueducto Montelíbano y La Balsa, reportaron los menores valores de ICA en el intervalo ***0,59 - 0,69*** con ***CALIFICACIÓN REGULAR***, siendo la estación Bocas de Uré la de menor condición de calidad. Por otro lado, las estaciones Barrio La Pesquera y Puente Metálico, La Apartada reportaron ICA superiores a ***0,71*** con ***CALIFICACIÓN ACEPTABLE.***	Los ICA calculados en las estaciones ubicadas sobre el cauce principal del Río San Jorge, durante la jornada No. 1 de monitoreo, registraron valores entre el intervalo ***0,59 y 0,68*** con ***calificación Regular*** en términos de calidad de agua.	Los ICA determinados en las estaciones de monitoreo ubicadas en el cauce del Río San Jorge, durante el monitoreo No. 1, registraron calificaciones entre ***ACEPTABLE Y REGULAR*** en términos de calidad de agua, siendo las estaciones Bocatoma de Acueducto, La Pesquera y La Balsa las de mejor calificación presentando valores superiores a **0,70.**	Los índices de Calidad de Agua-ICA determinados en las estaciones de monitoreo localizadas en el cauce principal del Río San Jorge, durante el año 2020, se determinaron en diferentes intervalos entre ***0.51 a 0.70*** y ***0.71 a 0.90*** con clasificación ***REGULAR Y ACEPTABLE***. Siendo las estaciones La Pesquera y la Balsa la de menor registro específicamente durante el monitoreo No. 1. Es de resaltar que, la estación La Pesquera se localiza aguas debajo de la confluencia entre el caño Burgos y Río San Jorge, siendo el primero la fuente receptora de sectores con deficiencias en cobertura del servicio de alcantarillado en el área urbana del municipio de Montelíbano.
Segundo Monitoreo	En este se registraron valores de ICA entre ***0,61 - 0,64*** con ***CALIFICACIÓN REGULAR*** en calidad de agua, presentándose una disminución de la calidad en relación al mes de Julio en las estaciones del Puente Metálico la Apartada (***0,73 a 0,64***) y Barrio la Pesquera (***0,73 a 0,62***) pasando de ***ACEPTABLE A REGULAR***	Los ICA calculados en esta jornada, en las estaciones de monitoreo de calidad de agua ubicadas sobre el cauce del Río San Jorge, presentaron valores categorizados como ***ACEPTABLE***, a excepción de la estación ubicada en La Balsa que presentó valores clasificados como Regular en términos de calidad de agua.	Los valores del ICA durante la segunda jornada de monitoreo de calidad de agua del Río San Jorge, registraron clasificación Regular presentando valores entre ***0,64 a 0,70***, a excepción de la estación Bocas de Uré con reporte de ***0,71*** clasificado en ***ACEPTABLE***	
Tercer Monitoreo	Se reporta una condición atípica de las condiciones de calidad de aguas en las estaciones de monitoreo del río San Jorge, registrando valores de ICA con ***CALIFICACIÓN ACEPTABLE*** en las estaciones Bocatoma acueducto Montelíbano, Barrio La Pesquera y Puente Metálico, La Apartada, e ICA de calificación Superior a ***0,91*** en las estaciones Bocas de Uré y La Balsa, siendo ésta última la estación con mejor condición de calidad de agua, reportando valor de ICA de 1.	Se presentaron valores clasificados en Regular en términos de calidad de agua, igual condición registrada en el transcurso del monitoreo No. 1, a excepción de la estación Bocas de Uré, ubicada aguas arriba de la Bocatoma del acueducto del área urbana del municipio de Montelíbano, la cual pasó de presentar un ICA de ***0,67 a 0,72 clasificado en Aceptable.***	Los ICA determinados en las estaciones de monitoreo ubicadas en el cauce del Río San Jorge, durante el monitoreo No. 3, registraron calificaciones de Regular en términos de calidad de agua, con ICAs en el rango de ***0,59 a 0,63***, a excepción de la estación La Balsa con ICA de clasificación Aceptable	

Tabla 10. Valores de Coliformes fecales y totales – Cuenca Río San Jorge

	2017	2018	2019	2020
Coliformes Totales y Coliformes Fecales	Las concentraciones de Coliformes totales y Coliformes fecales durante los meses de julio, agosto y octubre de 2017, registraron valores superiores al límite permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015, a excepción de la estación Bocatoma Acueducto Montelíbano, registrando concentraciones menores a 50 NMP/ml durante el mes de julio de 2017.	Las concentraciones de coliformes fecales durante el monitoreo No. 1, registraron valores superiores a lo establecido.	Las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales durante el monitoreo No. 1 en las estaciones de monitoreo ubicadas en el cauce principal del Río San Jorge, reportaron valores ajustados a los establecidos	Las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales en las estaciones de monitoreo de calidad de agua del Río San Jorge, en el transcurso de las diferentes temporalidades climáticas del 2020, durante el monitoreo No.1 en las estaciones La Pesquera, La Balsa y Puente Metálico, se registraron en valores superiores a los límites permisibles
		Las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales durante el segundo monitoreo registraron valores inferiores a lo establecido	Durante la segunda jornada de monitoreo de calidad de agua del 2019, tanto las concentraciones de coliformes Fecales y Coliformes Totales, registraron valores superiores a los establecidos.	
		Las concentraciones de coliformes fecales en las estaciones monitoreadas en el río San Jorge, superaron los límites permisibles.	Las concentraciones de Coliformes Fecales durante la tercera jornada de monitoreo de calidad de agua del Río San Jorge, tanto en el año 3018 como en el año 2019 registraron valores superiores a lo determinado	

7 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA DURANTE EL PRIMER MONITOREO

7.1 PUNTOS DE MONITOREO CUENCA DEL RIO SINÚ

Los monitoreos de calidad de agua sobre el cauce principal del Río Sinú, durante el año 2021, se realizaron en los diferentes periodos climáticos típicos de la región Caribe. Monitoreo y análisis desarrollados por intermedio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba, acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM por medio de la Resolución 2851 del 16 de noviembre de 2018.

Se determino el índice de Calidad de Agua-ICA para las diferentes estaciones de monitoreo de calidad de agua localizadas a lo largo del cauce principal del Río Sinú, a continuación, se relacionan los diferentes parámetros utilizados para determinar el índice ICA y los puntos monitoreados.

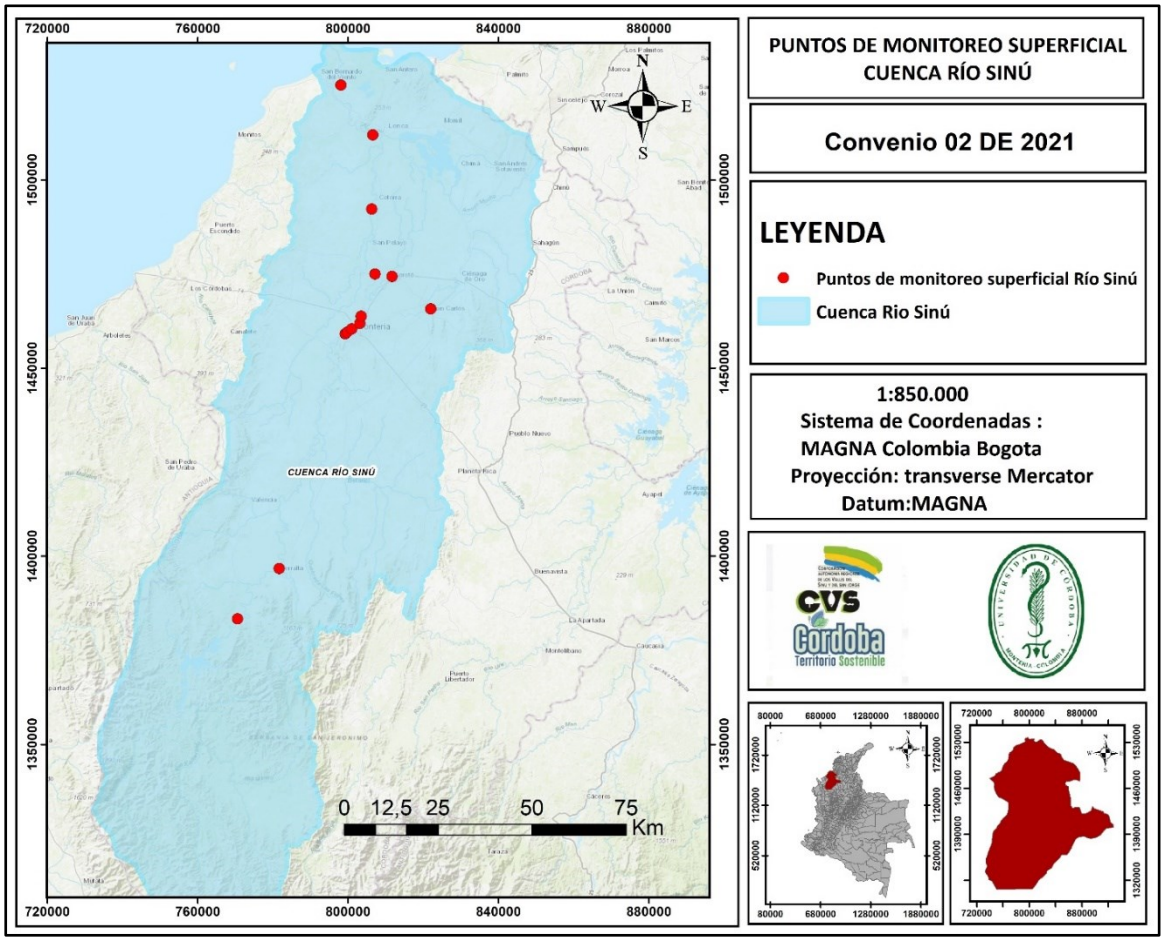


Figura 2. Puntos de Monitoreo Cuenca Río Sinú

OXÍGENO DISUELTO.

Durante la ejecución de la primera jornada de monitoreos de calidad de agua del Río Sinú, el oxígeno disuelto, mediante el método de modificación de azida, codificado en SM 4500-O G en el STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, reportaron valores ajustados a los criterios de calidad definidos en los diferentes usos establecidos en la sección 9 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015).

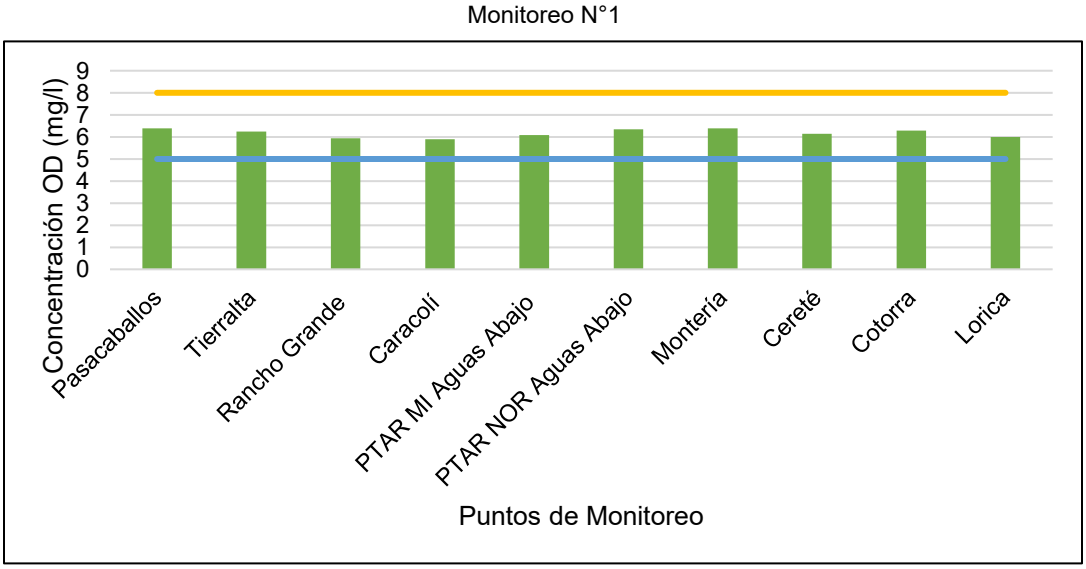
Tabla 11. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

Concentración OD (mg/L)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0 - 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5 - 8	Aceptable	Concentraciones de OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8 -12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: (Guillermo Goyenola - RED MAPSA, 2007)

De igual manera, en referencia a las diferentes condiciones presentadas en los ecosistemas acuáticos, la concentración de oxígeno disuelto se presenta en concentraciones aceptables con un rango de valores entre 5,89 mg/l – 6,4 mg/l, como se muestra en la **Figura 3.**

Figura 3. Concentración de oxígeno Disuelto – Rio Sinú

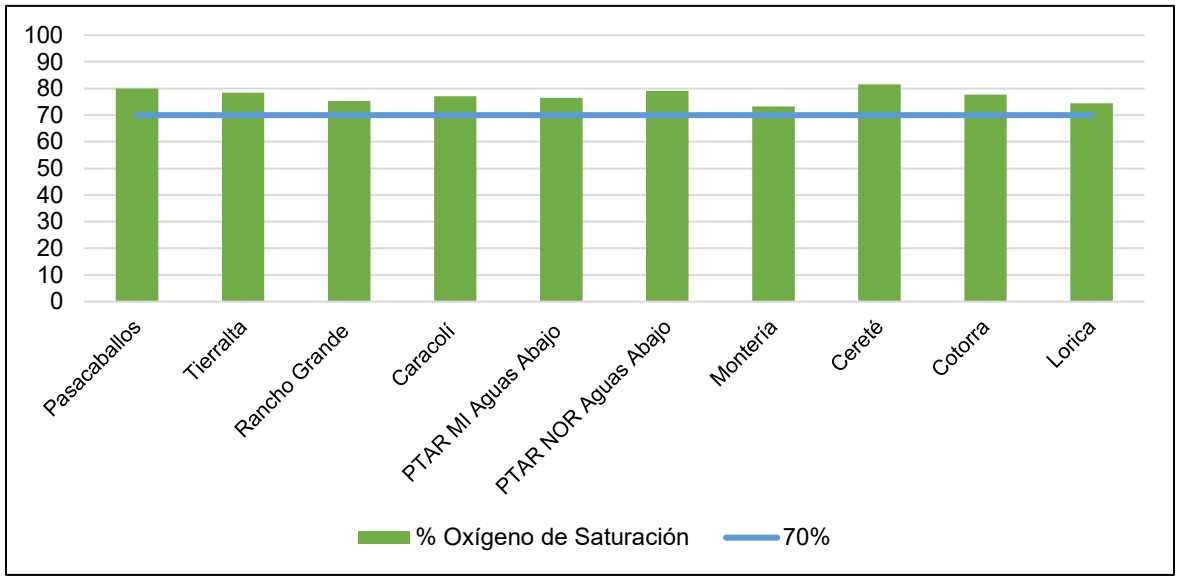


Fuente: Equipo Técnico, 2021.

A partir de los resultados de las concentraciones de oxígeno disuelto y de las temperaturas analizadas in situ, conforme al criterio de calidad para fines recreativos mediante el contacto secundario, definido en el artículo 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, el oxígeno de saturación a lo largo del monitoreo presentó valores superiores al 70 % con un rango entre 74,47% y 81,57% (ver figura 4).

Figura 4. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Rio Sinú

Monitoreo N°1



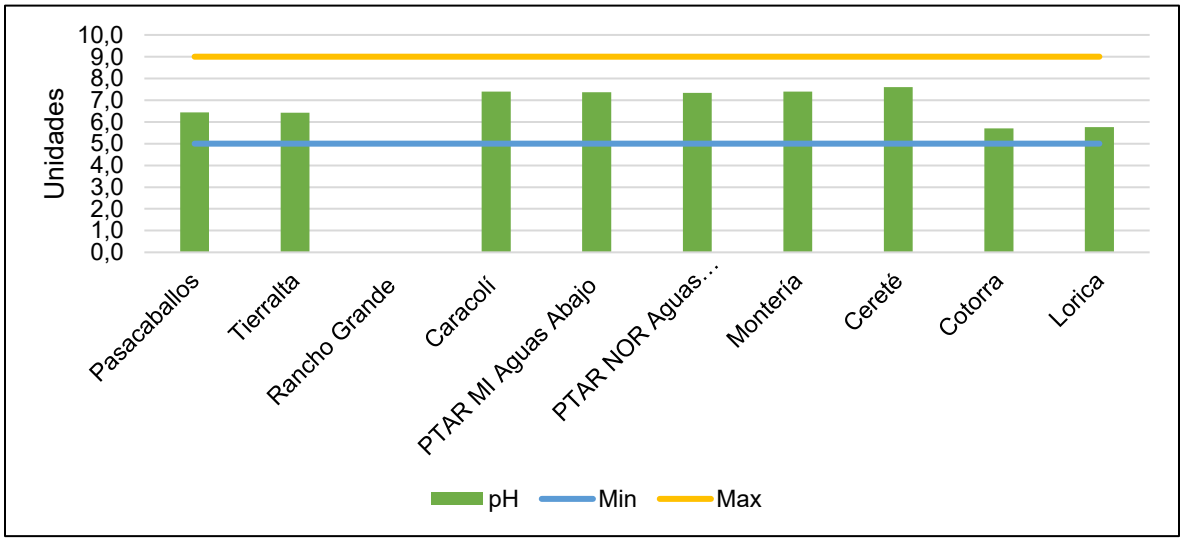
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

pH

El pH presentado en los puntos de monitoreo del Río Sinú, registraron valores con un rango entre 5,7 y 7,7, que de acuerdo el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 se encuentra dentro del rango 5,7 a 7,6 admisible para consumo humano.

Figura 5. Valores de pH – Rio Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica en el agua es directamente proporcional a la concentración de Sólidos Suspendidos Totales - SST. Igualmente, está condicionada con la temperatura del agua, mientras más alta sea ésta última, mayor será la conductividad del medio.

En relación a las condiciones admisibles de la conductividad del agua para uso agrícola, con base a los valores de tabla 9, se clasifica de buena a excelente.

Tabla 12. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos.

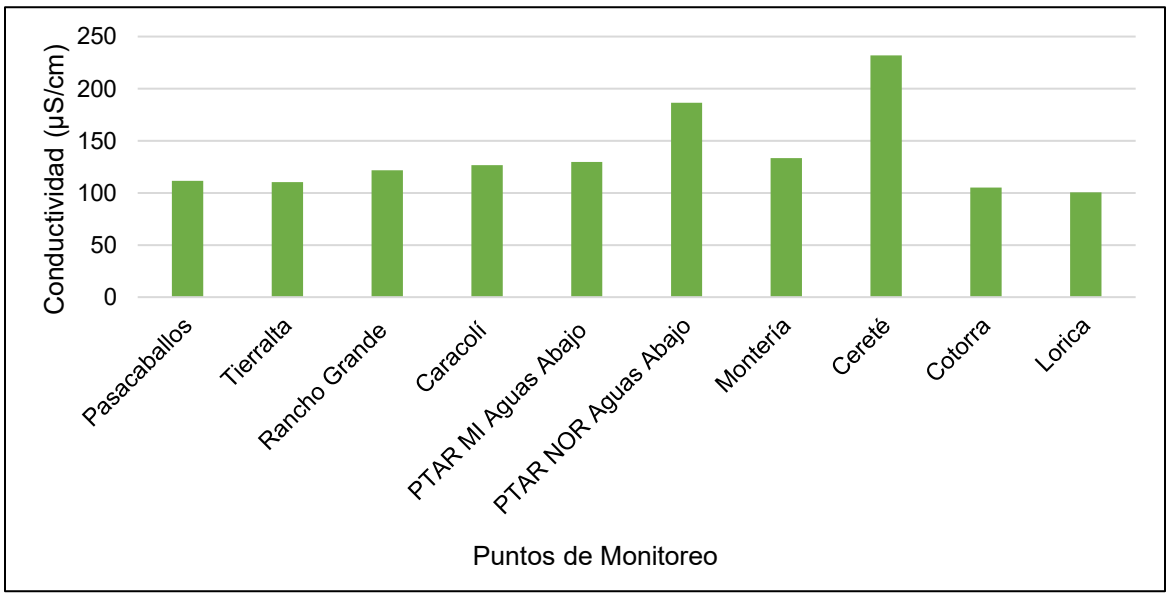
Clasificación	Conductividad (µS/cm)
Excelente	250
Buena	250-750
Permisible	750-2.000
Uso Dudoso	2.000-3.000
Inapropiada	3.000

Fuente: System, 1995.

El comportamiento de este parámetro durante el monitoreo realizado sobre el cauce principal del Río Sinú durante el año 2021, presentó valores mayormente en el intervalo entre 100 µS/cm y 280 µS/cm; clasificándose en el rango entre excelente a buena. Ver figura 6.

Figura 6. Conductividad – Rio Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO TOTAL

El Nitrógeno Total comprende todas las formas inorgánicas y orgánicas de nitrógeno en el agua. Las formas inorgánicas incluyen el nitrato (NO3-), nitrito (NO2-), el amoníaco (NH4+) ionizado, no incluye el amoníaco no ionizado (NH3), y gas del nitrógeno (N2). Las formas

de nitrógeno que afectan los organismos acuáticos corresponden a las inorgánicas especialmente el NO2- y el amoniaco no ionizado (IDEAM, 2007). En tanto, cuando a un cuerpo receptor se vierte un efluente con elevadas concentraciones de nitrógeno, se produce un crecimiento exagerado de algas y plantas, denominado eutrofización, el cual genera un alto consumo de oxígeno disuelto, limitando el desarrollo de las especies acuáticas y otorgándole características organolépticas a través de olores ofensivos, condiciones que interfieren en el uso del recurso hídrico , especialmente cuando se emplea para el abastecimiento de agua, cultivo de peces y/o usos recreativos (Feria & Marrugo, 2006).

Por otra parte, el NO3- es una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para su crecimiento. En cultivos y jardines se usan fertilizantes con nitrógeno para impartirles nutrientes al suelo. No obstante, este tipo de nitrógeno es factible de contaminación de acuíferos y fuentes hídricas superficiales (IDEAM, 2007).

Tal como se indica en la Tabla 10, el nitrógeno-N analizado en las estaciones durante la primera jornada de monitoreo en el 2021, registró valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. Mientras que los valores de fósforo total-P registro valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 13. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Pasacaballos	<3.00	<0.200
Tierralta	<3.00	<0.200
Rancho Grande	<3.00	<0.200
Caracolí	<3.00	<0.200
PTAR MI Aguas Abajo	<3.00	<0.200
PTAR NOR Aguas Abajo	<3.00	<0.200
Montería	<3.00	<0.200
Cereté	<3.00	<0.200
Cotorra	<3.00	<0.200
Lorica	<3.00	<0.200

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

INDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA

El cálculo del ICA se realizó a partir de los siguientes parámetros: Oxigeno de saturación, Conductividad eléctrica, Solidos suspendidos, pH, fosforo y nitrógeno. De acuerdo a esto se obtuvieron valores de ICA entre 0.6 y 0.79, que de acuerdo con lo estipulado en el decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, se encuentra dentro del rango Regular y aceptable (0,51 – 0,9). Los puntos ubicados en el municipio de Montería (Rancho Grande y Caracolí) son los que presentan los valores más bajos de ICA. Ver figura 7.

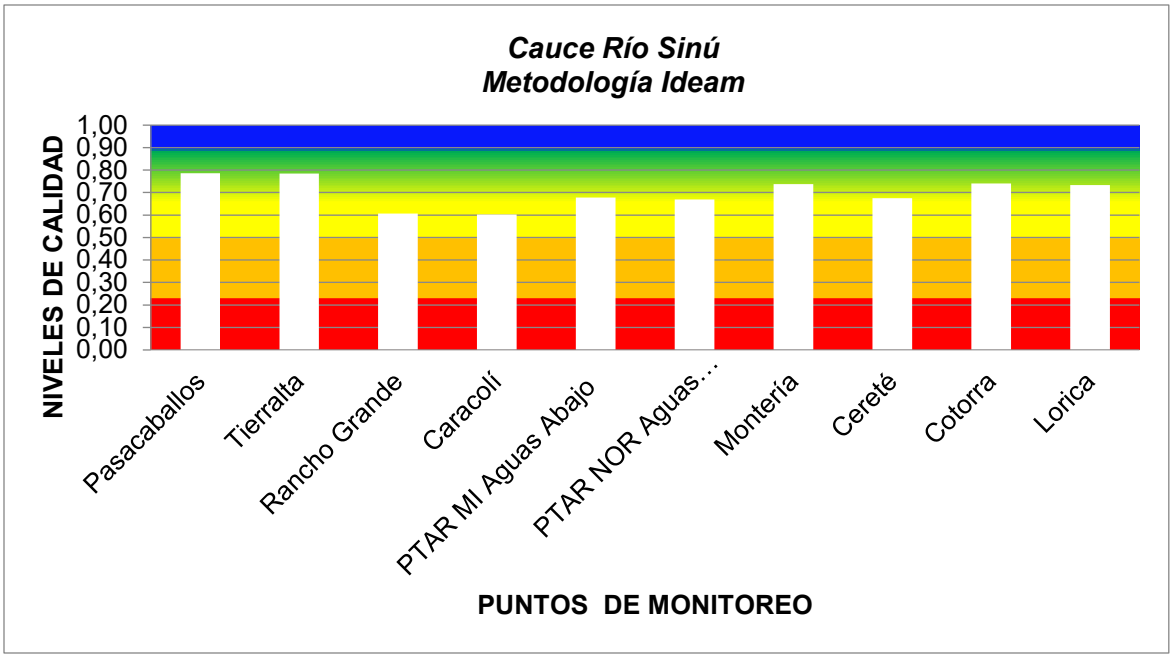
Tabla 14. Clasificación índice ICA

Valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0-0,25	Muy Mala	Rojo
0,26-0,50	Mala	Naranja
0,51-0,70	Regular	Amarillo
0,71-0,90	Aceptable	Verde
0,91-1	Buena	Azul

Fuente: Metodología de cálculo ICA, IDEAM

Figura 7. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

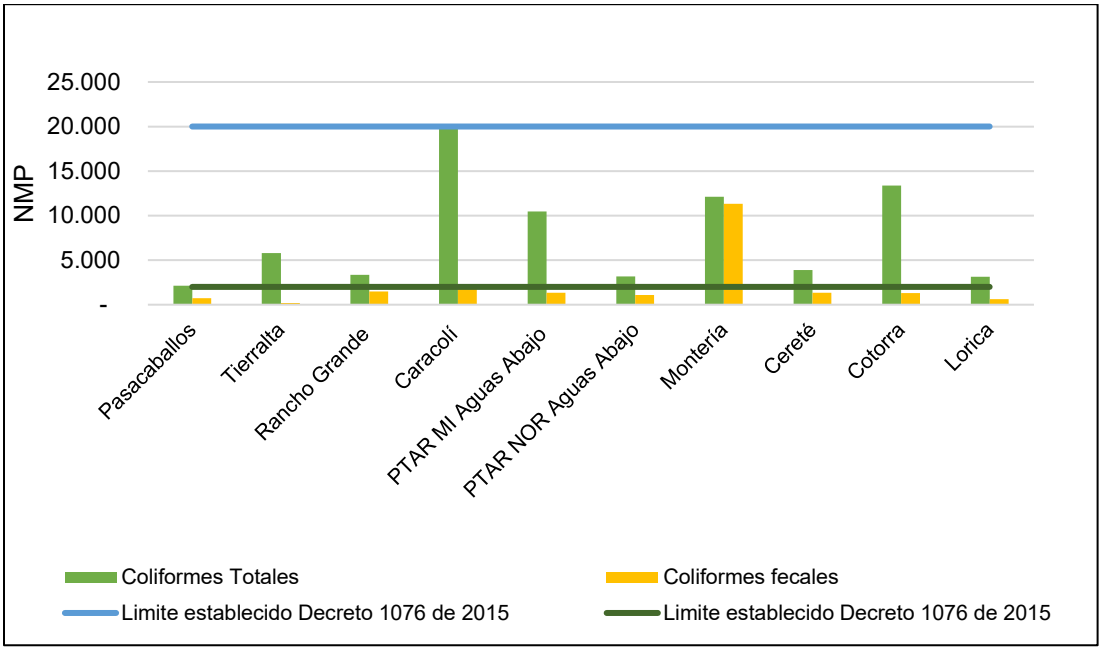
COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES

En la caracterización y determinación de la calidad del agua del Río Sinú, conforme las condiciones microbiológicas, las concentraciones de coliformes totales se registraron en concentraciones ajustadas a los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con tratamiento previo, definido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), presentando una variación entre 2.130 NMP para el punto ubicado en pasacaballos y 19.863 NMP para el punto de monitoreo Caracolí en el municipio de Montería.

En referencia a las concentraciones de coliformes fecales, el punto de monitoreo Montería ubicado a 100 m de la PTAR Nororiental presenta valores por encima del límite permisible 11.340 NMP siendo el límite establecido de 2000NMP/100L. Es importante aclarar que se encuentra en la zona de mezcla del vertimiento, por lo tanto, es admisible este tipo de valores.

Figura 8. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

7.2 PUNTOS DE MONITOREO DE LOS CAÑOS AFLUENTES DEL RÍO SINÚ.

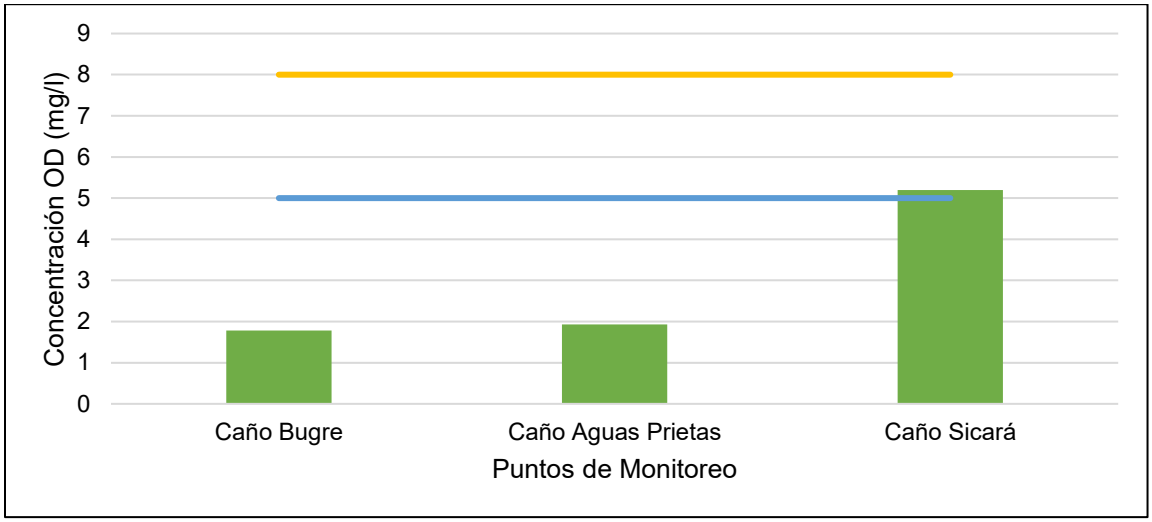
Para la determinación de la calidad del agua en los caños afluentes al río Sinú, a lo largo de las diferentes temporalidades climáticas en el año 2021, se implementó el monitoreo y análisis por medio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM por medio de la Resolución 2851 del 16 de noviembre de 2018, con vigencia hasta 2022.

OXÍGENO DISUELTO

Los valores de oxígeno disuelto en los caños aferentes al Río Sinú registraron concentraciones en el rango de 1,78 y 5,2 mg/l; lo cual, de acuerdo a los criterios de calidad para destinación en la conservación de fauna y flora, según lo definido en el artículo 2.2.3.3.9.10. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), se ajusta a una condición de hipoxia que conlleva a la desaparición de organismos y especies sensibles siendo este el caso para los puntos de monitoreo caño Bugre y Caño aguas Prietas, mientras que para el caño Sicará se presentan valores en el rango de aceptable.

Figura 9. Concentración de oxígeno Disuelto – Caño Afluentes Río Sinú

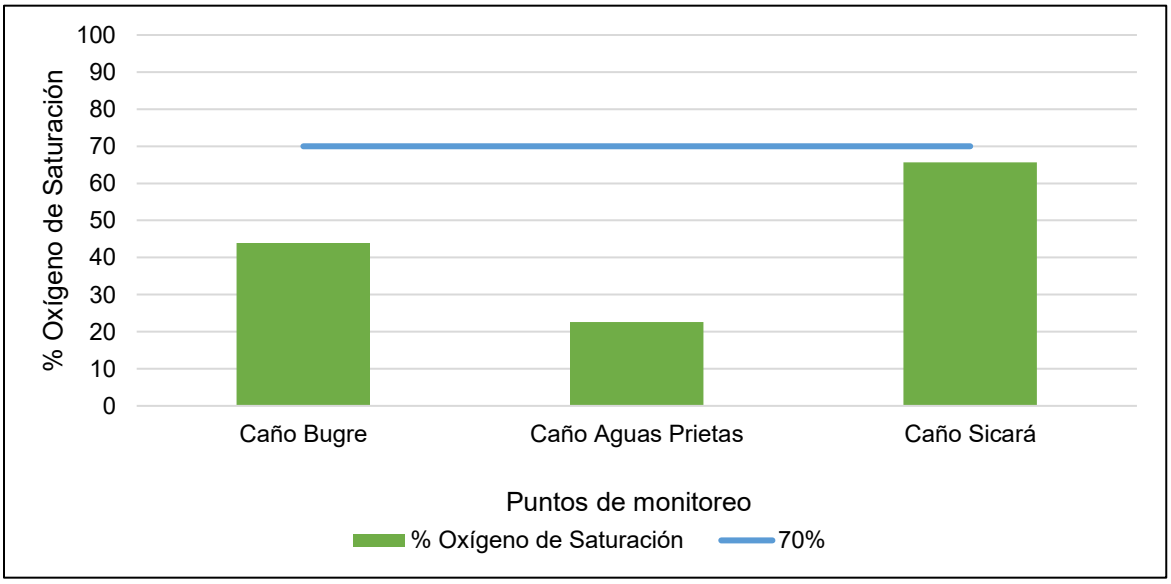
Monitoreo N°1



De acuerdo a la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura tomada in situ, el porcentaje de oxígeno de saturación registró valores inferiores al límite permisible (70%) de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en el artículo 2.2.3.3.9.8. Ver figura 10.

Figura 10. Concentración de oxígeno de saturación – Caño Afluentes Río Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021

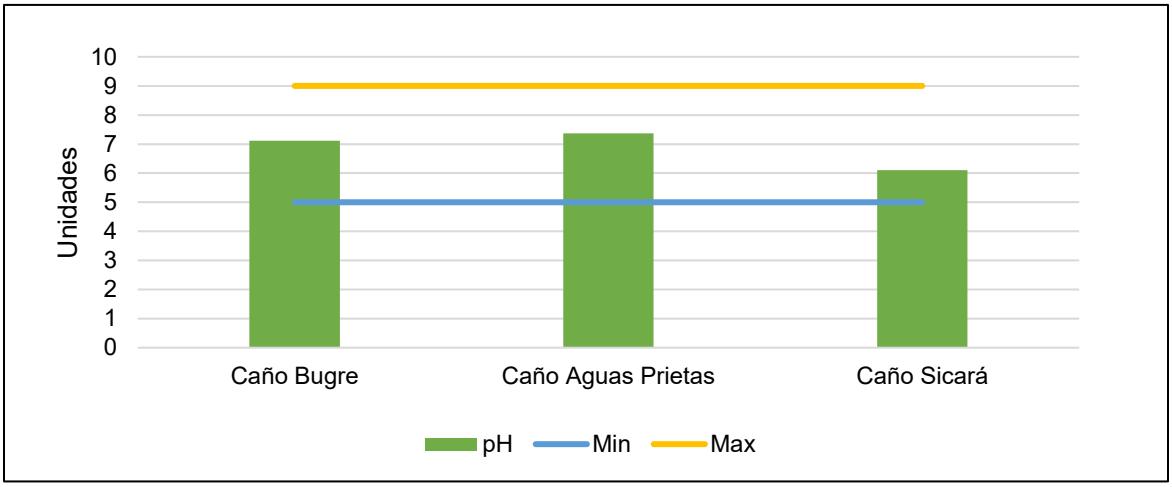
De acuerdo a la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura tomada in situ, el porcentaje de oxígeno de saturación registró valores inferiores al límite permisible (70%) de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en el artículo 2.2.3.3.9.8.

pH

El comportamiento del pH en los caños afluentes al Río Sinú durante la primera jornada de monitoreo en el año 2021, registraron valores ligeramente alcalinos entre 6,1 a 7,37.

Figura 11. Valores de pH – Caño Afluentes Río Sinú

Monitoreo N°1



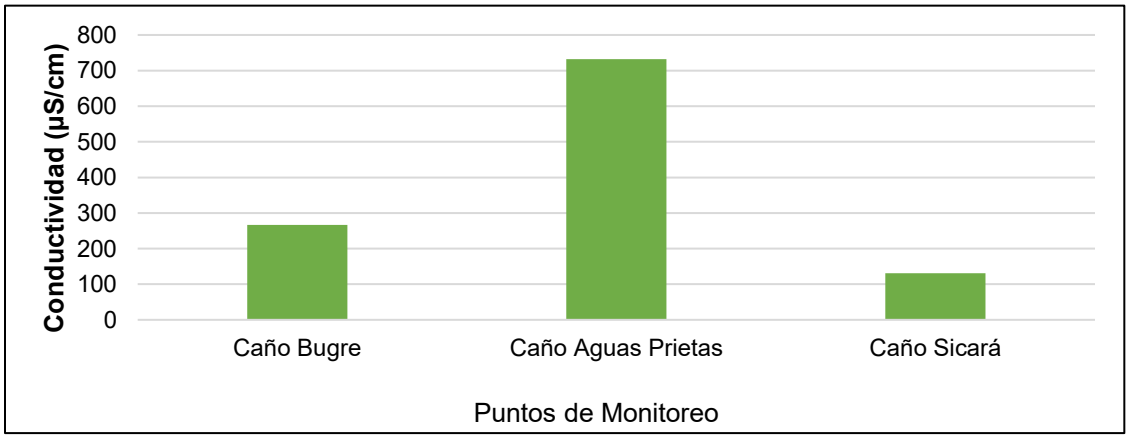
Fuente: Equipo técnico, 2021

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica durante el primer monitoreo registró valores entre 130 µS/cm a 745 µS/cm, siendo la estación localizada en el municipio de Ciénaga de Oro, sobre el cauce principal del caño Aguas Prietas la de mayores valores.

Figura 12. Conductividad – Caño Afluentes Rio Sinú

Monitoreo N°1

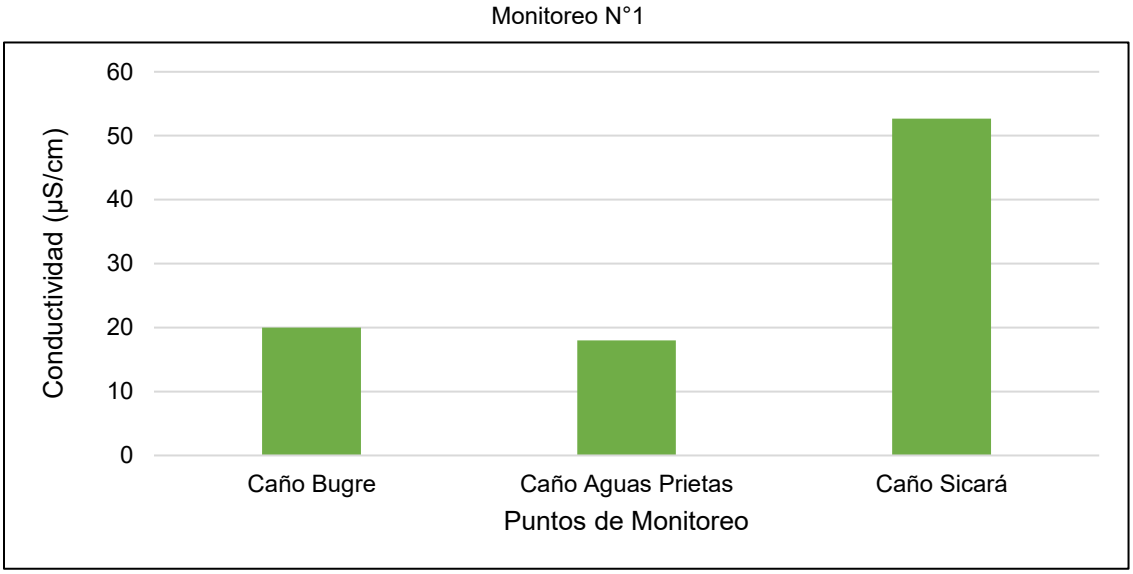


Fuente: Equipo técnico, 2021

SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las concentraciones de los sólidos Suspendidos totales registrados durante los tres monitoreos de calidad del agua en los caños afluentes al Río Sinú, registraron valores inferiores a 100 mg/l, presentando valores superiores en la estación Caño Sicará (ver figura 13).

Figura 13. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú



Fuente: Equipo técnico, 2021

NITRÓGENO Y FOSFORO TOTAL

Las concentraciones de nitrógeno-N analizado en las estaciones de monitoreo, registró valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. por otra parte, las concentraciones de fósforo total-P registraron valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 15. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Caño Bugre	<3.00	<0.200
Caño Aguas Prietas	<3.00	<0.200
Caño Sicará	<3.00	<0.200

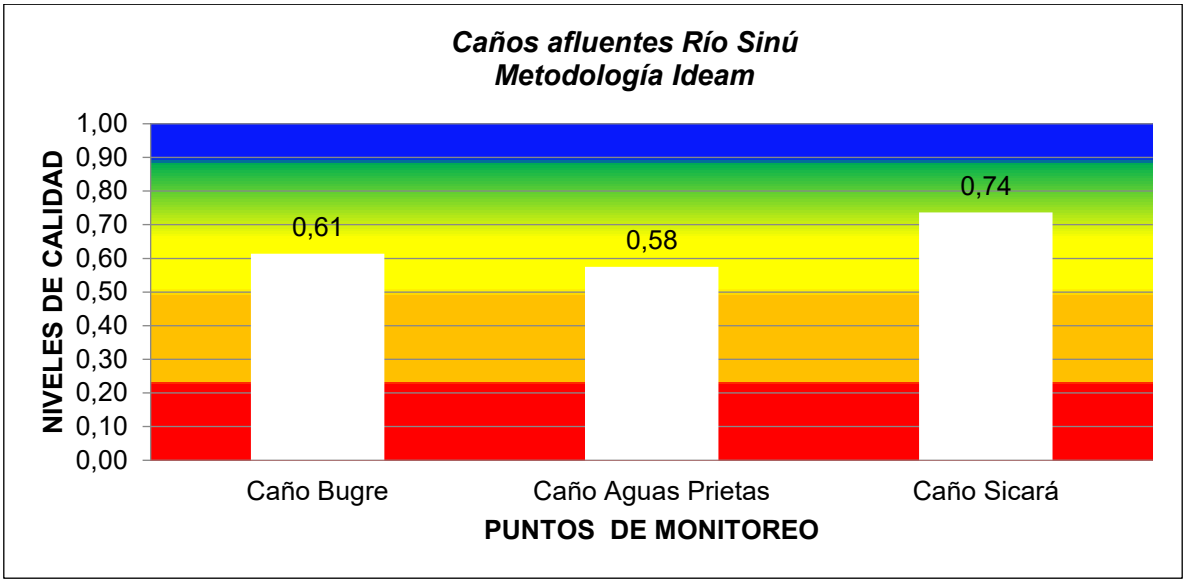
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

INDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA

El índice de Calidad de Agua-ICA para las estaciones localizados en los caños afluentes al Río Sinú, se registraron valores comprendidos en el intervalo 0,58 a 0,74; con clasificación Regular para los caños Bugre y Aguas Prietas, y aceptable para caño Sicará.

Figura 14. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Caño Afluentes Rio Sinú

Monitoreo N°1



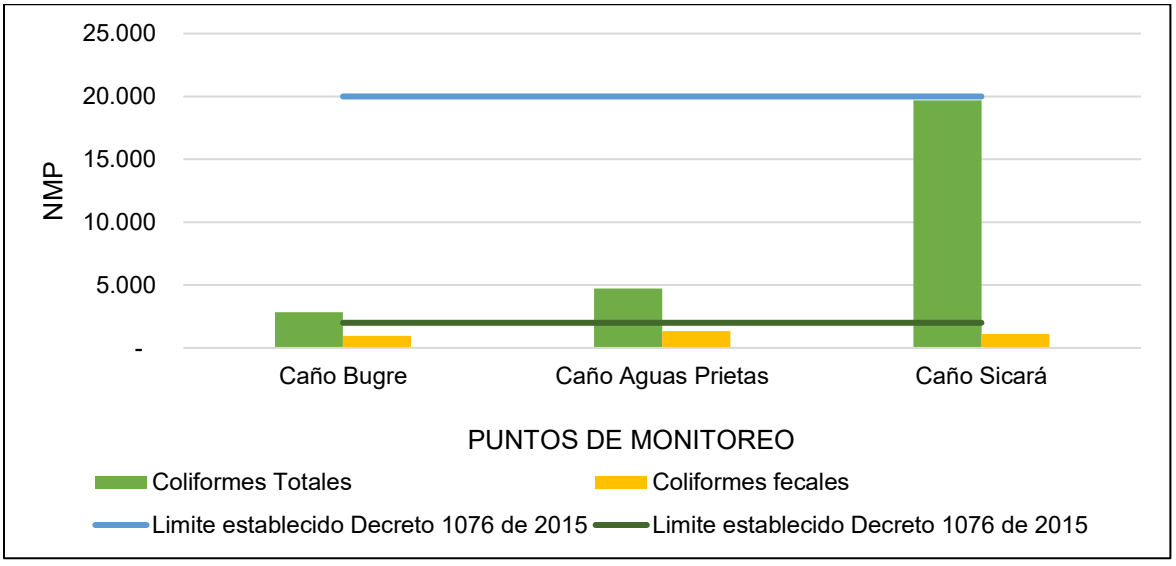
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Se registraron concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales ajustables al criterio de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico, definido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015). Sin embargo, el punto de monitoreo caño Sicará presenta un valor de 19680 NMP/100l para coliformes totales siendo el límite permisible 20000 NMP/100 l.

Figura 15. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Caño Afluentes Rio Sinú.

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

7.3 PUNTOS DE MONITOREO CAUCE DEL RÍO SAN JORGE

Los monitoreos de calidad de agua sobre el cauce principal del Río San Jorge, durante el año 2021, tanto el monitoreo como el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se ejecutaron por intermedio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba, acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM por medio de la Resolución 2851 del 16 de noviembre de 2018, vigente hasta el 17 de diciembre de 2022.

OXÍGENO DISUELTO

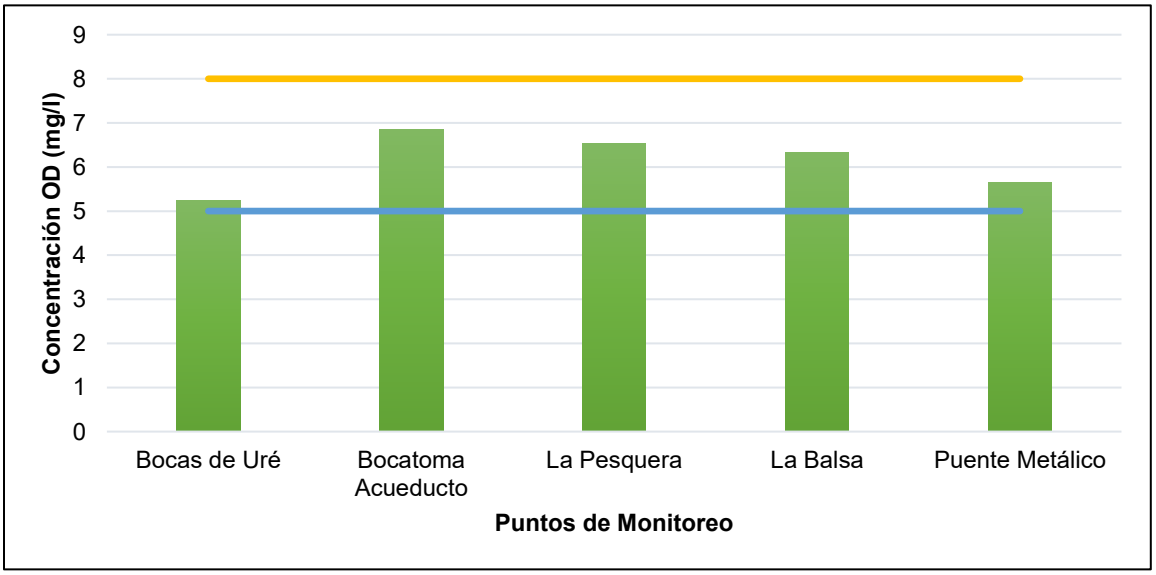
Las concentraciones de oxígeno disuelto, determinado a través del método de modificación de azida, codificado en SM 4500-O G en el STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, en las estaciones de monitoreo implementadas para la determinación de calidad de agua del Río San Jorge en el transcurso del 2020, se registraron en valor superior a los criterios de calidad definidos en los diferentes usos establecidos en la sección 9 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015) .

Tabla 16. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

Concentración OD (mg/L)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0 - 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5 - 8	Aceptable	Concentraciones de OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8 -12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Figura 16. Oxígeno disuelto – Río San Jorge

Monitoreo N°1

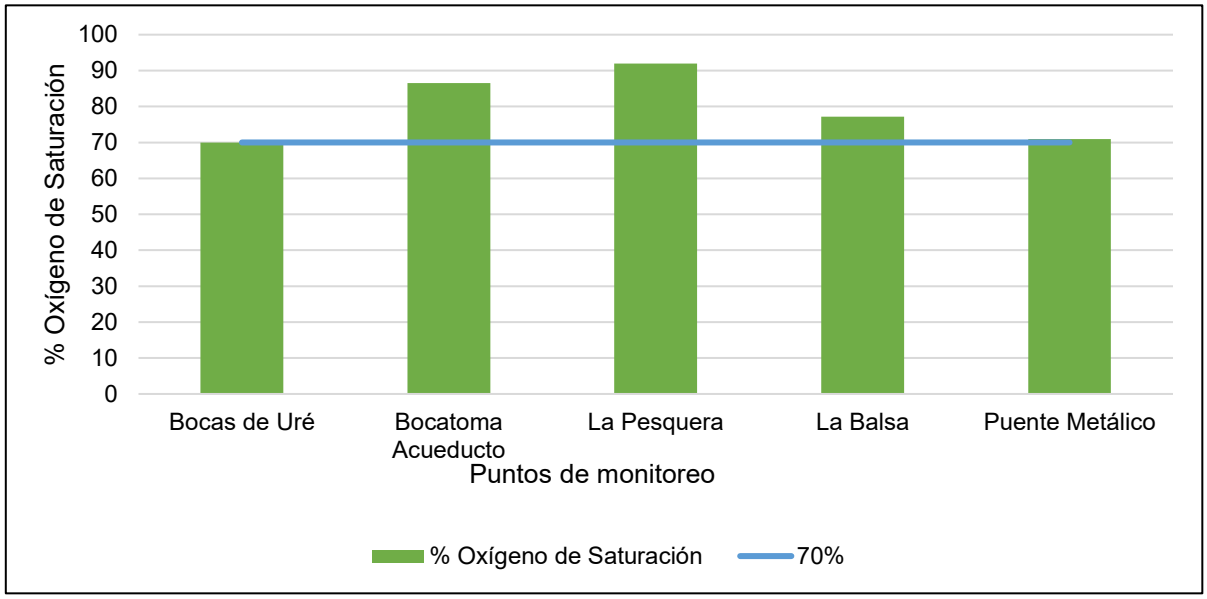


Fuente: Equipo Técnico, 2021.

Conforme al criterio de calidad para fines recreativos mediante el contacto secundario, definido en el artículo 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, el oxígeno de saturación en los puntos de monitoreo de calidad de agua del Río San Jorge presentó valores superiores al 70 %.

Figura 17. Oxígeno de saturación – Río San Jorge

Monitoreo N°1



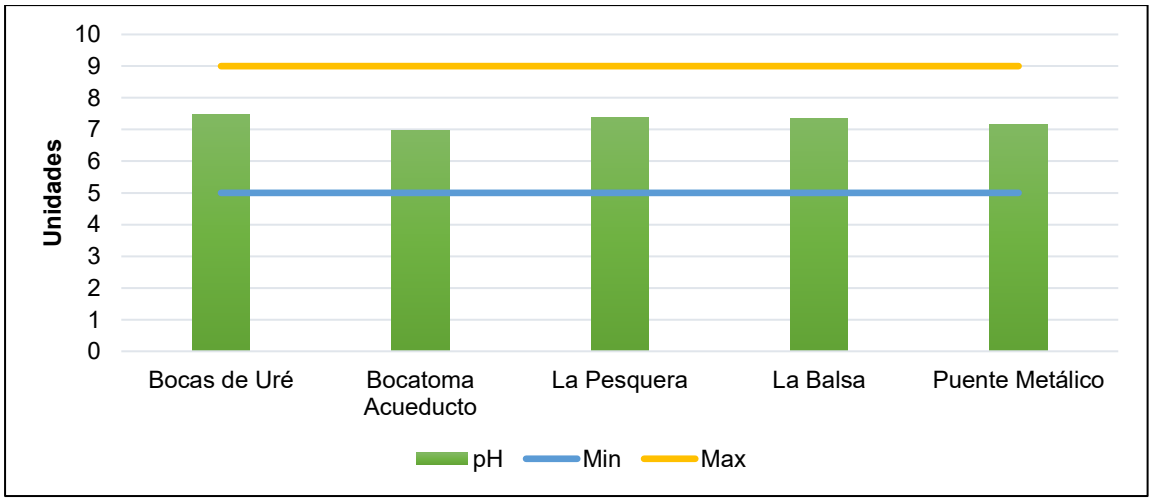
Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

El pH presentó condiciones entre ligeramente alcalinos y ligeramente acido, con valores en un rango entre 6,98 hasta 7,48.

Figura 18. Valores de pH – Río San Jorge

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Durante el primer monitoreo del año 2021, a lo largo del cauce del Río san Jorge se reportaron valores constantes y tendenciales, típicos de aguas superficiales, presentando valores inferiores a 250 µS/cm encontrándose en el rango de excelente.

En relación a las condiciones admisibles de la conductividad del agua para uso agrícola, con base a los valores de la fuente, se clasifica según la 17.

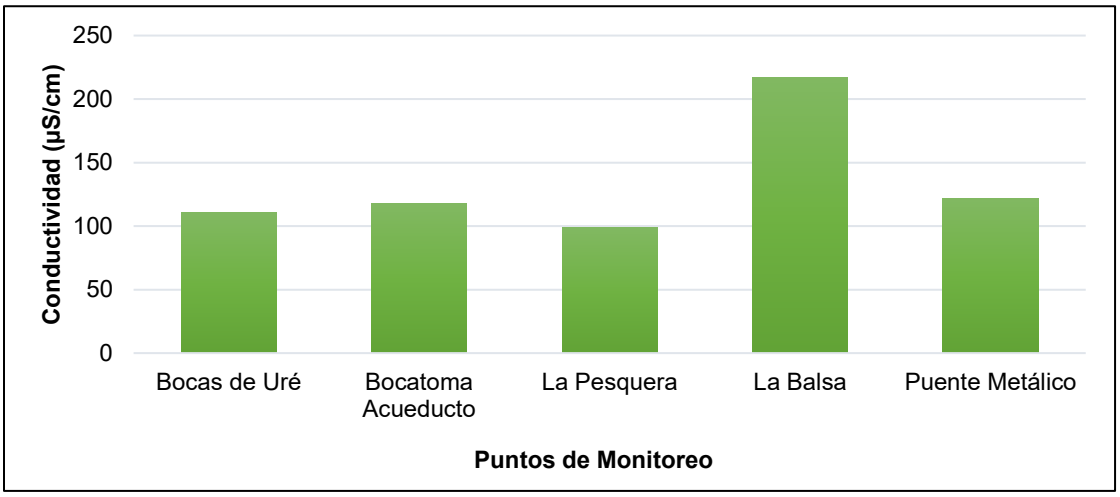
Tabla 17. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos.

Clasificación	Conductividad (µS/cm)
Excelente	250
Buena	250-750
Permisible	750-2.000
Uso Dudoso	2.000-3.000
Inapropiada	3.000

Fuente: System, 1995.

Figura 19. Conductividad – Rio San Jorge

Monitoreo N°1



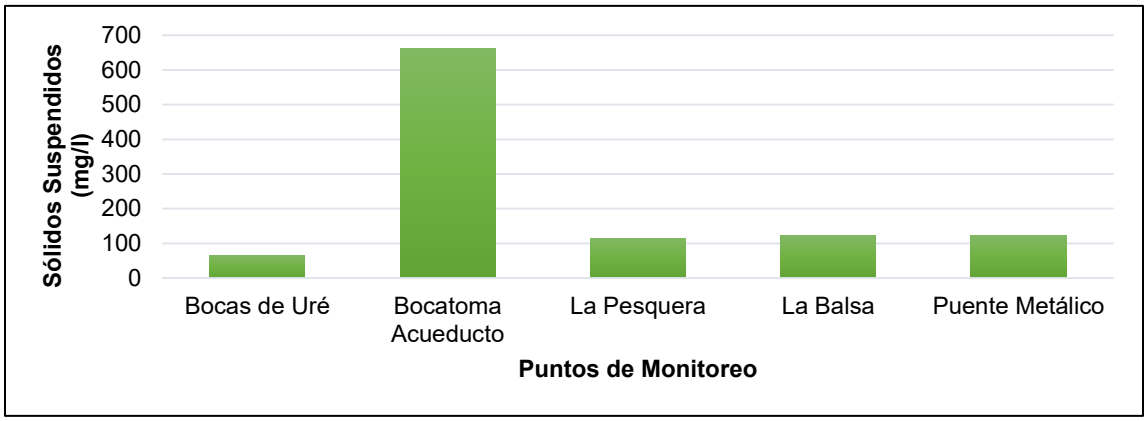
Fuente: Equipo técnico, 2021.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Se registraron concentraciones con rango de valores entre 115 y 662 mg/l en las estaciones localizadas en el cauce del Río San Jorge. Para el caso del punto de monitoreo en Bocas de Uré ubicado en el municipio de San José de Uré, se registró un valor de 66 mg/l.

Figura 20. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Caño Afluentes Rio Sinú

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO TOTAL

Las concentraciones de nitrógeno total analizado en durante los tres monitoreos registraron valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l, mientras que las concentraciones de fosforo total se registraron en valores inferiores 0,50 mg P/l.

Tabla 18. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio San Jorge

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Bocas de Uré	<3.00	<0.200
Bocatoma Acueducto	<3.00	<0.200
La Pesquera	<3.00	<0.200
La Balsa	<3.00	<0.200
Puente Metálico	<3.00	<0.200

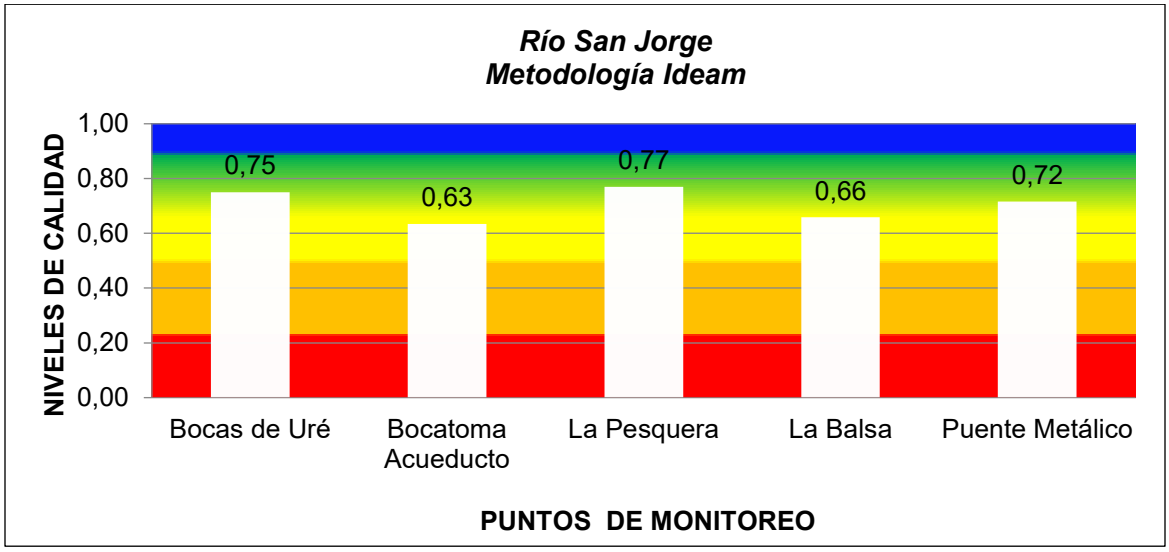
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

INDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA

Los índices de Calidad de Agua-ICA determinados en las estaciones de monitoreo localizadas en el cauce principal del Río San Jorge, durante el año 2021, presentaron una variación en un rango entre 0.63 a 0.77 con clasificación Regular y Aceptable, siendo el punto con menor valor de ICA (Bocatoma Acueducto).

Figura 21. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio San Jorge

Monitoreo N°1



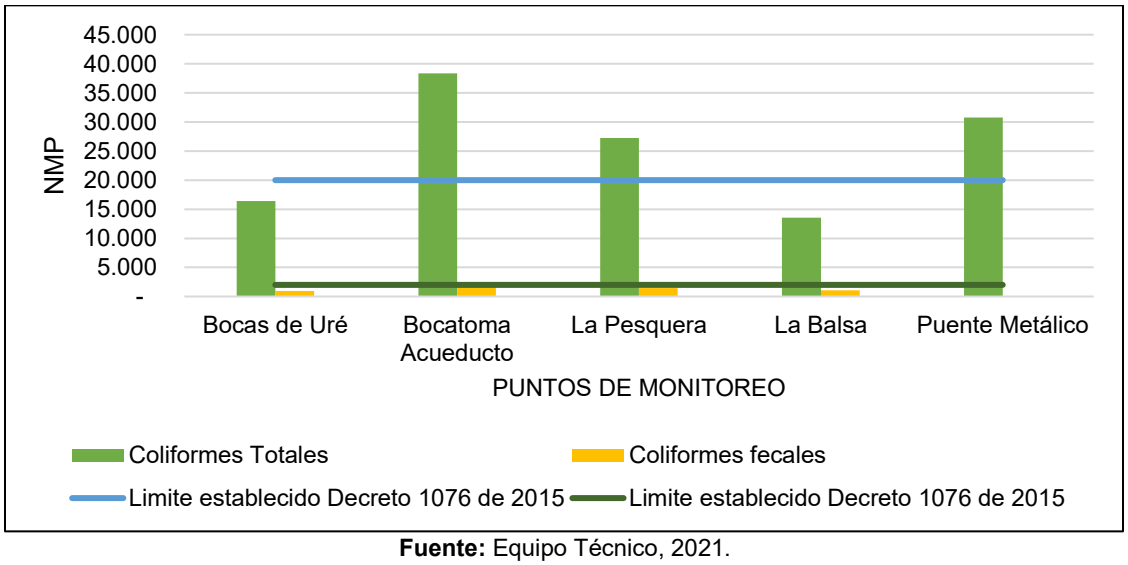
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Durante el monitoreo No.1, en las estaciones de monitoreo de calidad de agua del Río San Jorge, en las estaciones Bocatoma acueducto, La Pesquera y Puente Metálico, registraron concentraciones de coliformes totales superiores a los límites permisibles, definidos en los criterios de calidad de agua para destinación de consumo humano y doméstico con tratamiento previo, definido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, evidenciando de éste modo la injerencia de las descargas de aguas residuales (Minambiente, 2015).

Figura 22. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio San Jorge

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

7.4 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA URÉ.

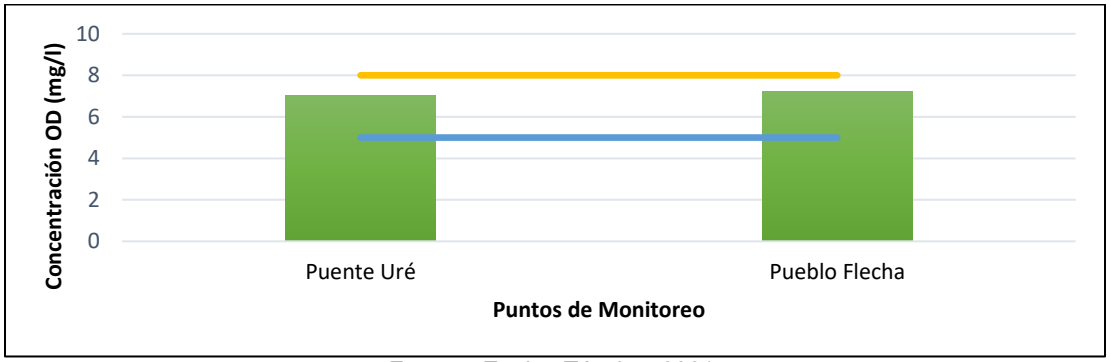
Durante el primer monitoreo para el año 2021, se implementó puntos de monitoreo aguas abajo y aguas arriba en el tramo de la quebrada Uré, receptora de los vertimientos de aguas residuales formalizados por la CAR-CVS. De igual, el monitoreo y análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se realizó por medio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba.

OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto monitoreado en las dos estaciones localizadas en la quebrada Uré, sobre el tramo receptor de las descargas de las aguas residuales provenientes de la actividad de explotación y beneficio del ferroníquel, registraron concentraciones de 7,05 y 7,2 mg/l respectivamente. De acuerdo a esta condición, las concentraciones de oxígeno disuelto registrados garantizan el desarrollo de especies de peces y organismos acuáticos.

Figura 23. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada Uré

Monitoreo N°1

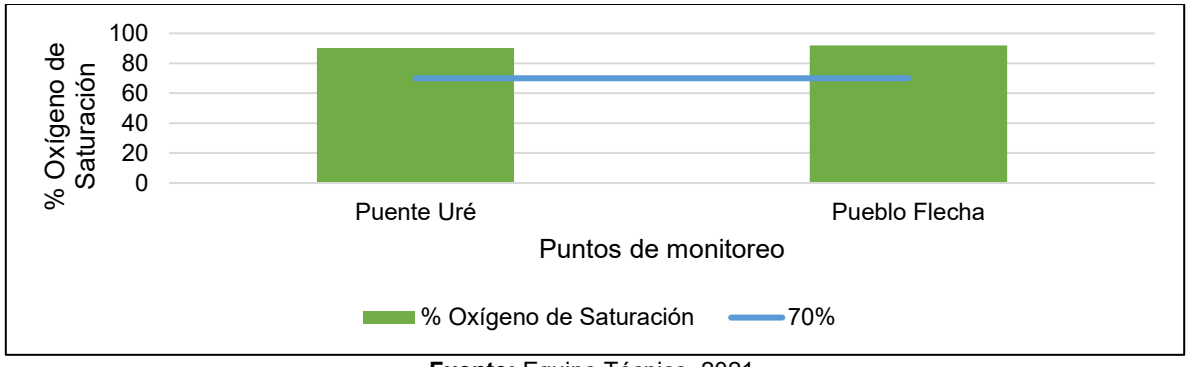


Fuente: Equipo Técnico, 2021.

En referencia a la temperatura tomada in situ y a la concentración de oxígeno disuelto determinado mediante el método de Modificación de azida, el comportamiento de este parámetro registró valores superiores a 70% (Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en el artículo 2.2.3.3.9.8).

Figura 24. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



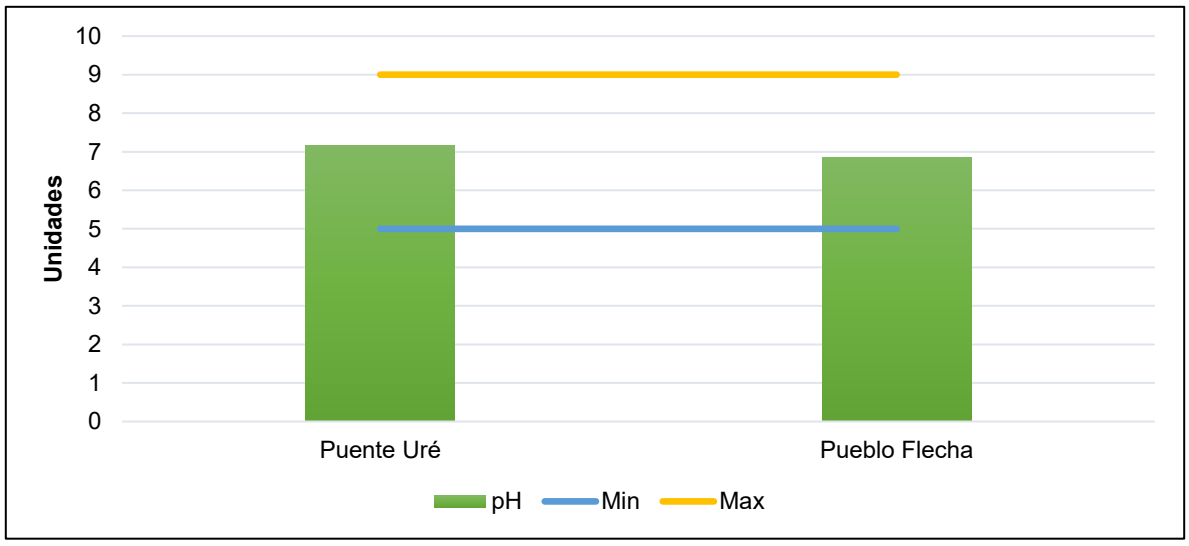
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

pH

El pH del tramo de la quebrada Uré evaluada por medio los dos puntos de monitoreo, durante el transcurso del Monitoreo N°1 - 2021, registraron valores levemente ácidos, con reporte de 7,15 y 6,85.

Figura 25. Valores de pH – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



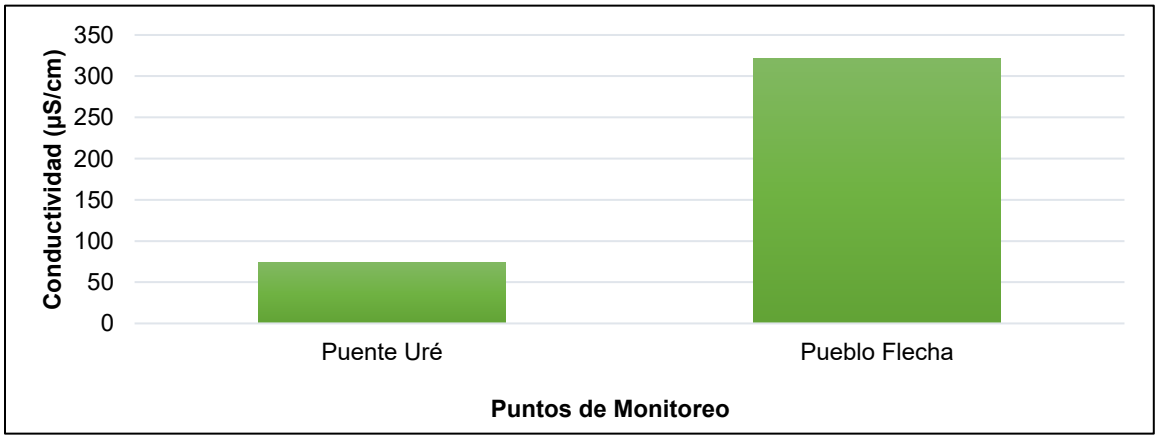
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El comportamiento de este parámetro a lo largo del tramo del monitoreo sobre la quebrada Uré, registró valores inferiores que varían entre 73 µS/cm. Hasta 330 µS/cm.

Figura 26. Conductividad – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



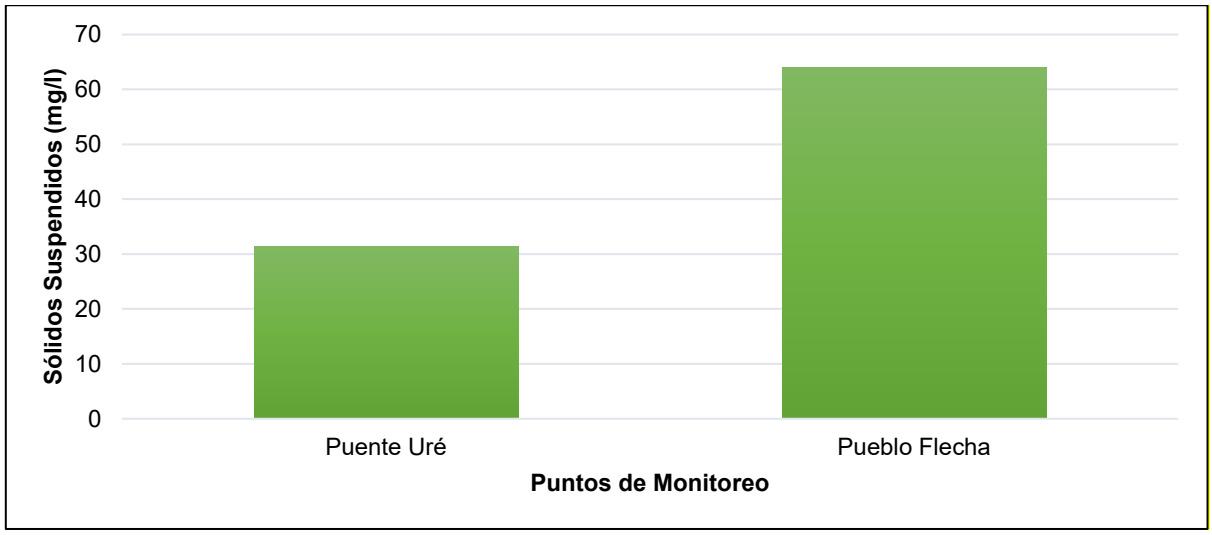
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las concentraciones de los Sólidos Suspendidos Totales - SST durante el primer monitoreo, registró concentraciones inferiores a 70 mg/l.

Figura 27. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO TOTAL

Las concentraciones de nitrógeno total analizado en durante los monitoreos de la quebrada Uré, registraron valores inferiores al límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l, mientras que las concentraciones de fosforo total se registraron en valores inferiores 0,50 mg P/l.

Tabla 19. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Quebrada Uré

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Puente Uré	<3.00	<0.200
Pueblo Flecha	<3.00	<0.200

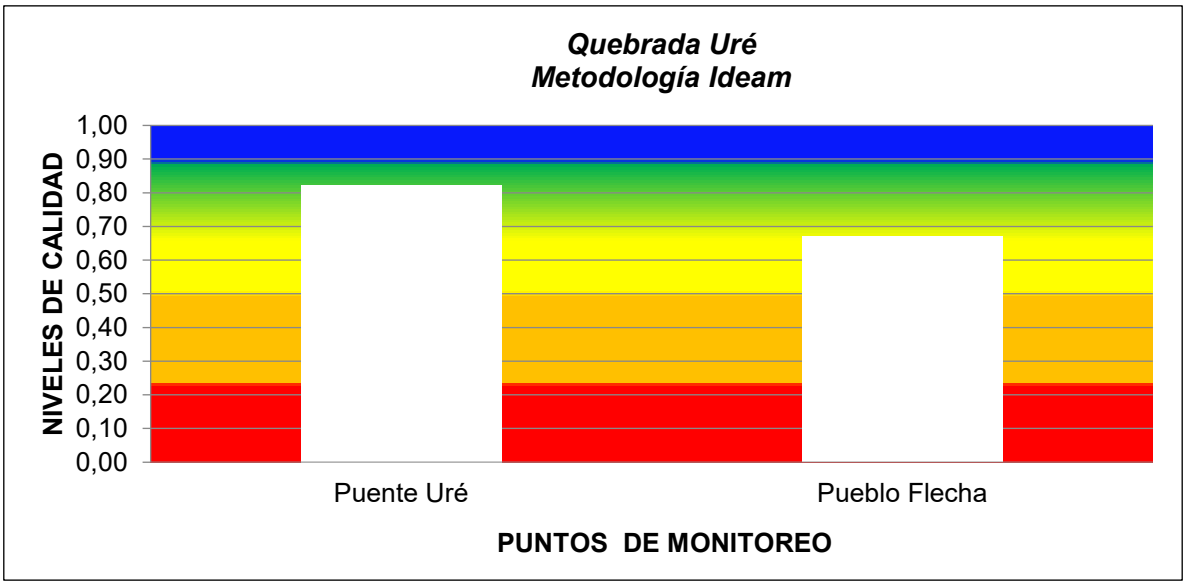
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA

El comportamiento de la calidad del agua de la quebrada Uré, a partir de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos implementados por la metodología elaborada por el IDEAM, registró valores comprendido en el intervalo 0,67 y 0,82, clasificándose como regular para el punto de monitoreo pueblo flecha y aceptable para el punto puente Uré.

Figura 28. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



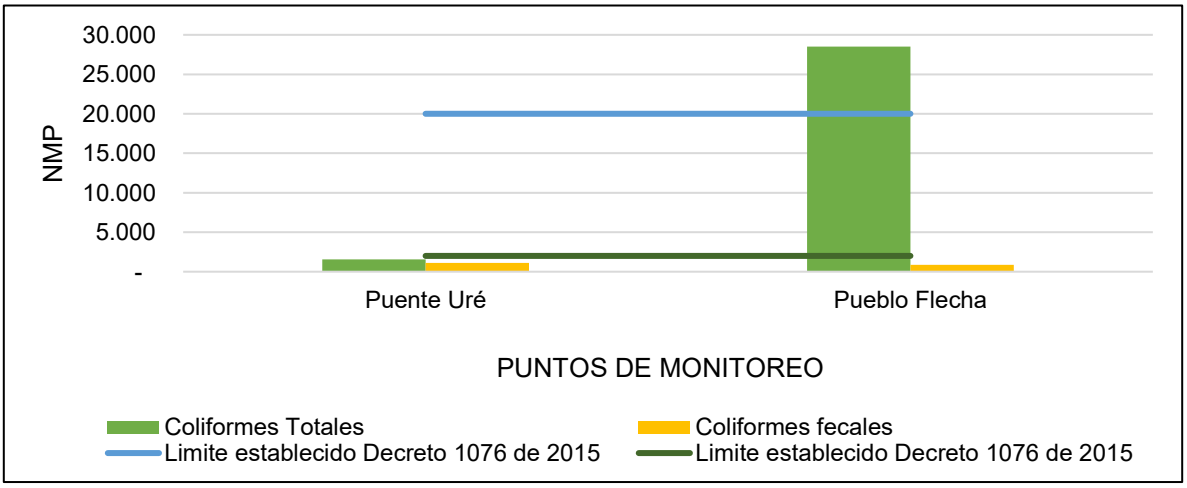
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

COLIFORMES TOTALES Y FECALES

El punto localizado en Pueblo Flecha ubicado aguas arriba de las descargas de aguas residuales provenientes del proceso de explotación y beneficio del ferroníquel realizado por Cerro Matoso S.A., se registra concentraciones de coliformes totales superiores a los límites máximos permisibles definidos en los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con tratamiento previo.

Figura 29. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada Uré

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

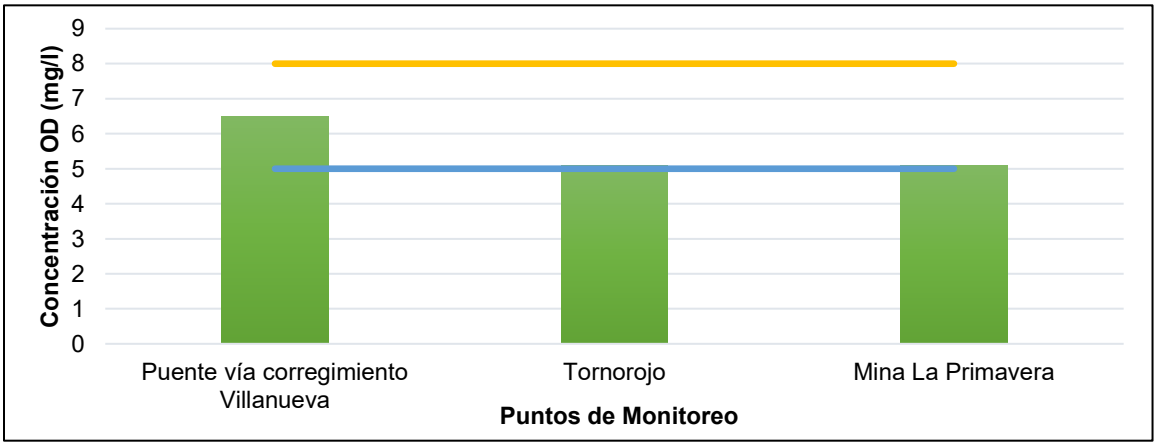
7.5 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO SAN PEDRO

OXÍGENO DISUELTO

El monitoreo de calidad de agua en el Río San Pedro, registró concentraciones que según lo definido en el artículo 2.2.3.3.9.10. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), condiciones factibles para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

Figura 30. Concentración de oxígeno Disuelto – Río San Pedro

Monitoreo N°1

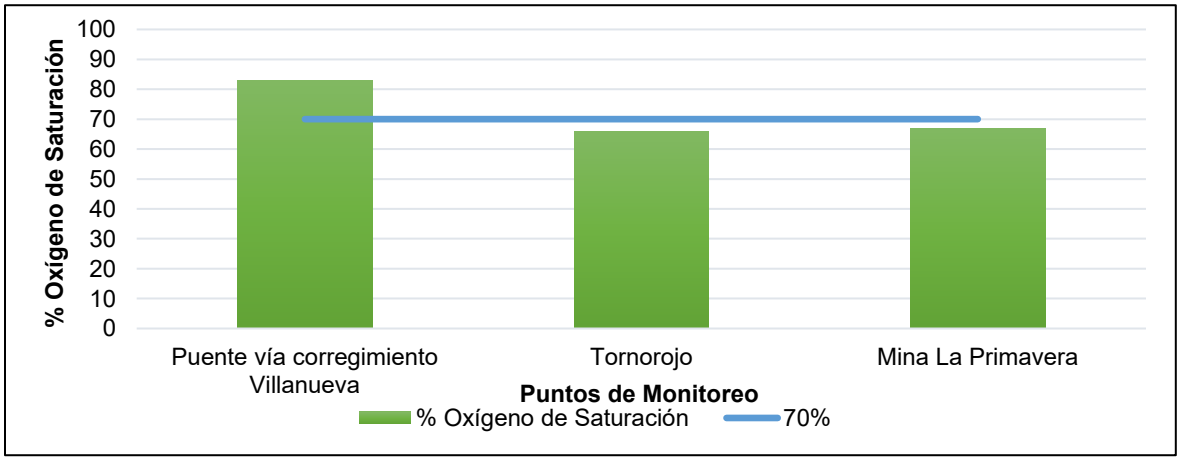


Fuente: Equipo técnico, 2021.

A partir de los resultados de las concentraciones de oxígeno disuelto y de las temperaturas analizadas in situ, conforme al criterio de calidad para fines recreativos mediante el contacto secundario, definido en el artículo 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, el oxígeno de saturación durante el monitoreo, presentó valores entre de 65% y 82%.

Figura 31. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río San Pedro

Monitoreo N°1



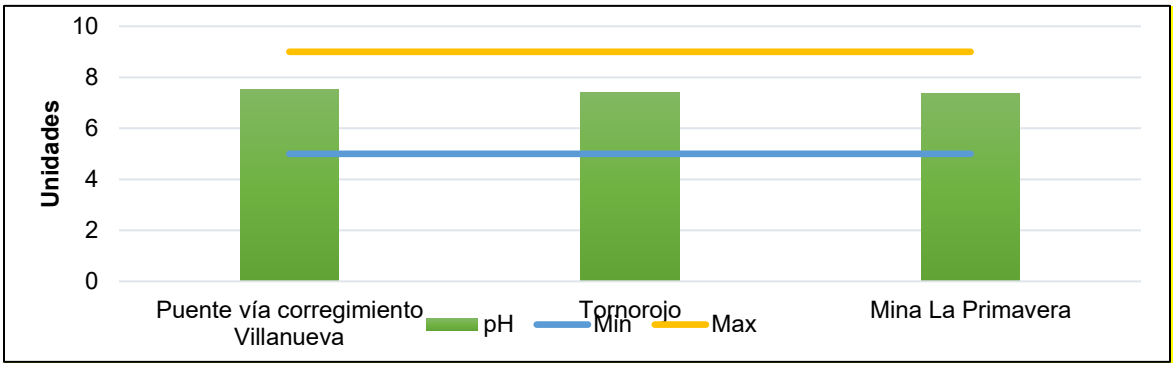
Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

El pH del cauce principal del Río San Pedro, en el transcurso del monitoreo realizado, registró condiciones ligeramente ácido con valores entre 7,4 a 7,5.

Figura 32. Valores de pH – Río San Pedro

Monitoreo N°1



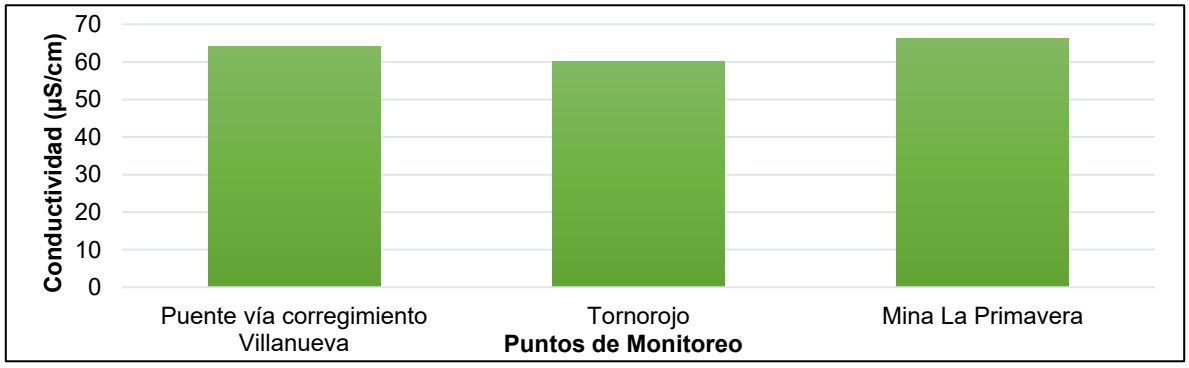
Fuente: Equipo técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El comportamiento de este parámetro a lo largo del tramo del monitoreo sobre el Río San Pedro, registró valores inferiores a 100 µS/cm.

Figura 33. Conductividad – Río San Pedro

Monitoreo N°1



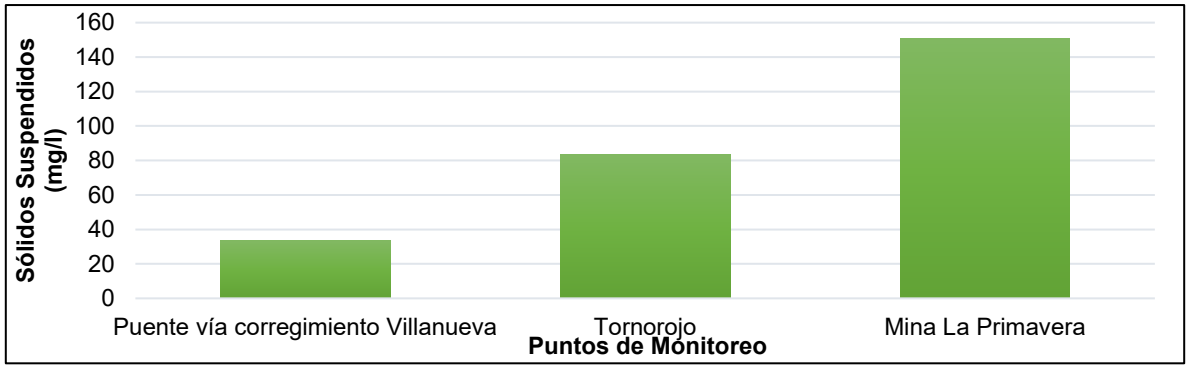
Fuente: Equipo técnico, 2021.

SOLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las concentraciones de solidos suspendidos durante el monitoreo, variaron en un rango entre 33 y 151 mg/l en las estaciones.

Figura 34. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río San Pedro

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO

Las concentraciones obtenidas del nitrógeno-N durante para la primera jornada de monitoreo en el 2021, presentando valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. En tanto a las concentraciones de fósforo total-P, se registraron valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 20. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río San Pedro

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Puente vía corregimiento Villanueva	<3.00	<0.200
Tornorojo	<3.00	<0.200
Mina la Primavera	<3.00	<0.200

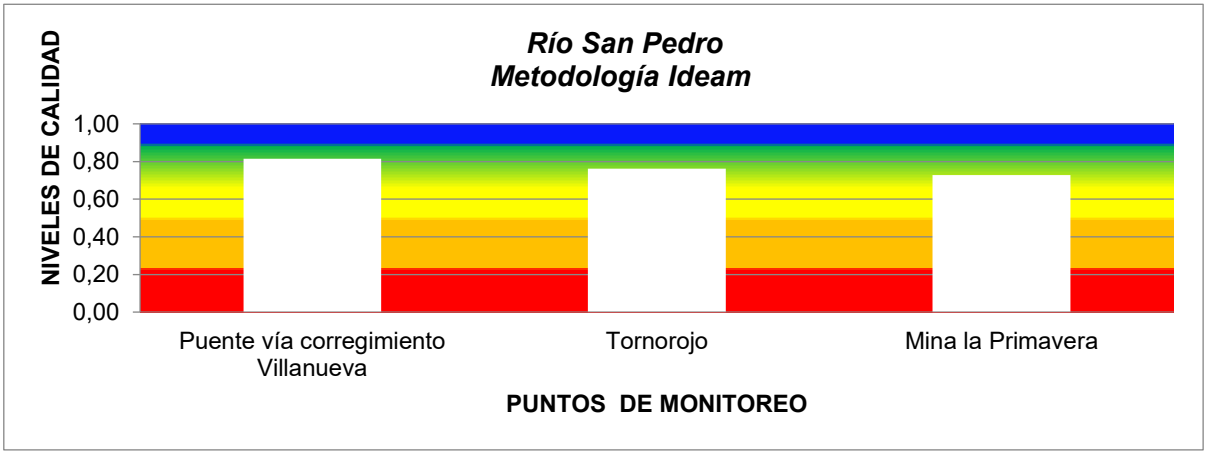
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA

Los índices de Calidad de Agua del Río San Pedro, durante el monitoreo No. 1 presentó valores con un rango de variación entre 0,73 y 0,82; clasificándose como regular según la metodología dispuesta por el Ideam.

Figura 35. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río San Pedro

Monitoreo N°1



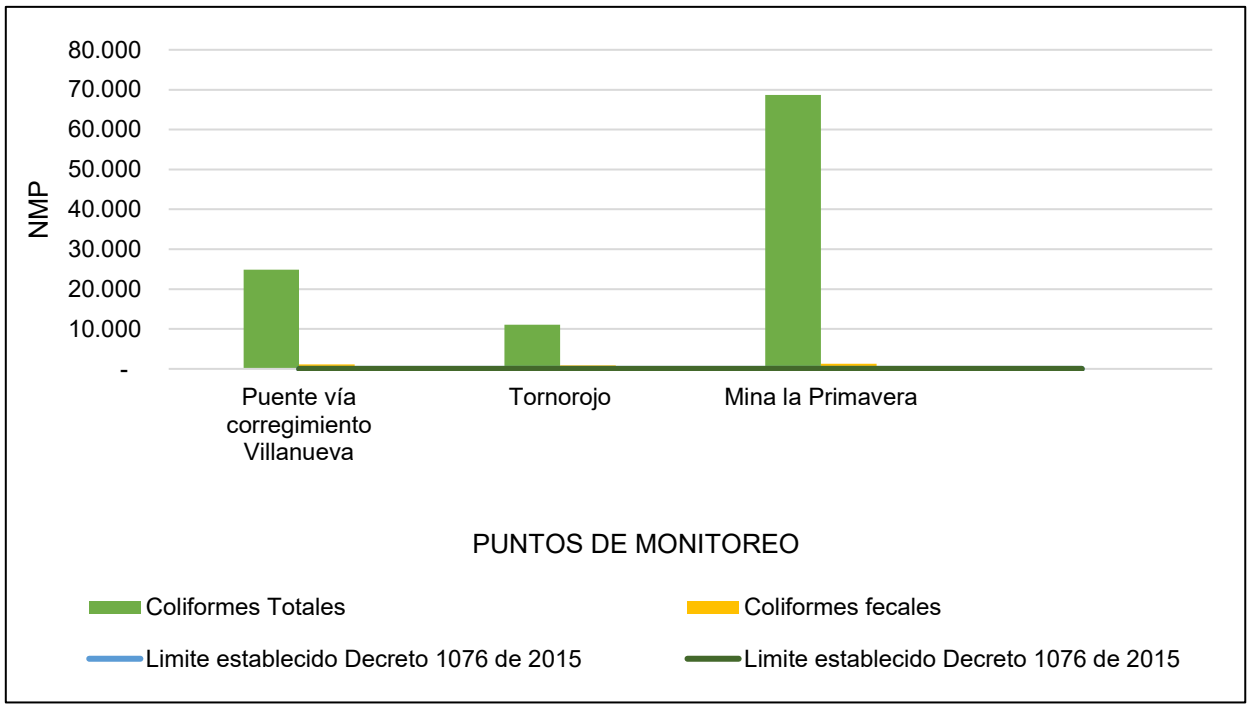
Fuente: Equipo técnico, 2021.

COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Durante el monitoreo No.1, se registraron en valores de coliformes totales superiores a los límites máximos permisibles en los puntos ubicados en el puente corregimiento Villa Nueva y Mina la primavera. Es de resaltar que el tramo evaluado sobre el Río San Pedro, se ubica la estructura de captación del sistema de acueducto convencional del área urbana del municipio de Puerto Libertador. Por lo tanto, se recomienda el seguimiento al Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua por parte de la secretaría de Desarrollo a la Salud, teniendo en cuenta la categoría del municipio.

Figura 36. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río San Pedro

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

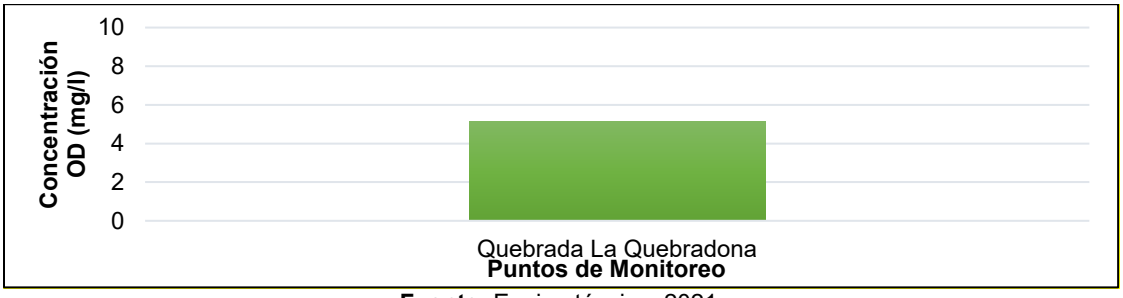
7.6 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA QUEBRADA LA QUEBRADONA

OXÍGENO DISUELTO

El punto de monitoreo de calidad de agua en la quebrada la Quebradona, registró concentraciones que según lo definido en el artículo 2.2.3.3.9.10. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, tiene condiciones aceptables para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

Figura 37. Concentración de oxígeno Disuelto – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1

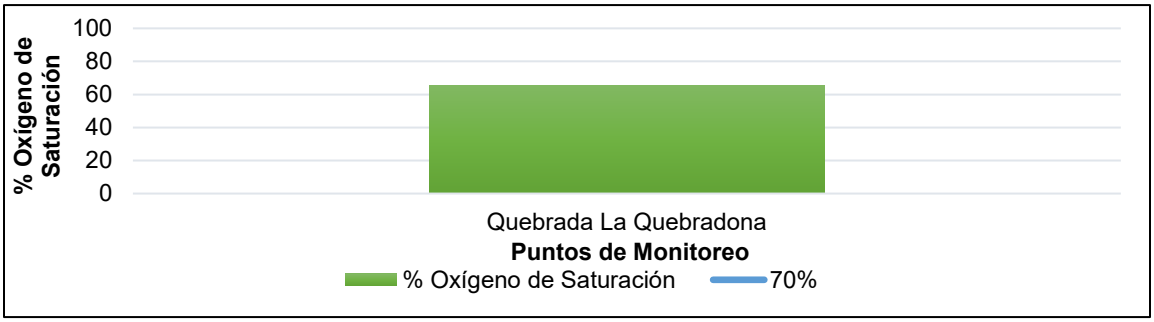


Fuente: Equipo técnico, 2021.

A partir de los resultados de las concentraciones de oxígeno disuelto y de las temperaturas analizadas in situ, conforme al criterio de calidad para fines recreativos mediante el contacto secundario, definido en el artículo 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, el oxígeno de saturación durante el monitoreo, presentó valor menor al 70%.

Figura 38. Porcentaje de oxígeno de saturación – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



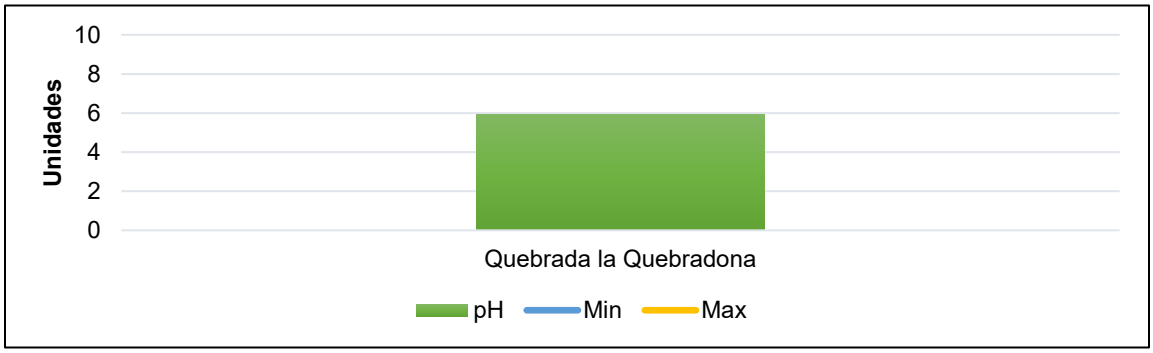
Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

El pH del cauce de la Quebrada La Quebradona, en el transcurso del monitoreo realizado, registró condiciones ligeramente ácido con valor de 5,9.

Figura 39. Valores de pH – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El comportamiento de este parámetro a lo largo del tramo del monitoreo sobre la Quebrada La Quebradona, registró valores inferiores a 50 µS/cm.

Figura 40. Conductividad – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

SOLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las concentraciones de SST durante el monitoreo, fueron menor de 25 mg/l en la Quebrada La Quebradona.

Figura 41. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO

Las concentraciones obtenidas del nitrógeno-N durante para la segunda jornada de monitoreo en el 2021, presentando valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. En tanto a las concentraciones de fósforo total-P, se registraron valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 21. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Quebrada La Quebradona

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Quebrada La Quebradona	<3.00	<0.200

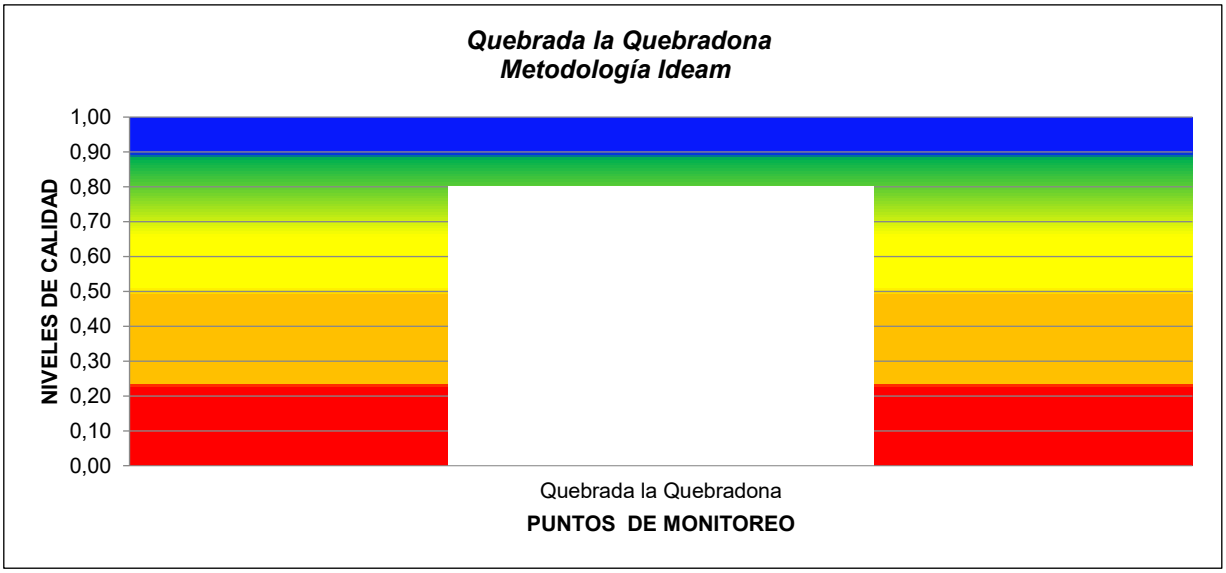
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA

Los índices de Calidad de Agua en la Quebrada La Quebradona, durante el monitoreo No. 1 presento un valor de ICA 0,80 que de acuerdo a los establecido en definido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), se encuentra en el rango de aceptable.

Figura 42. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



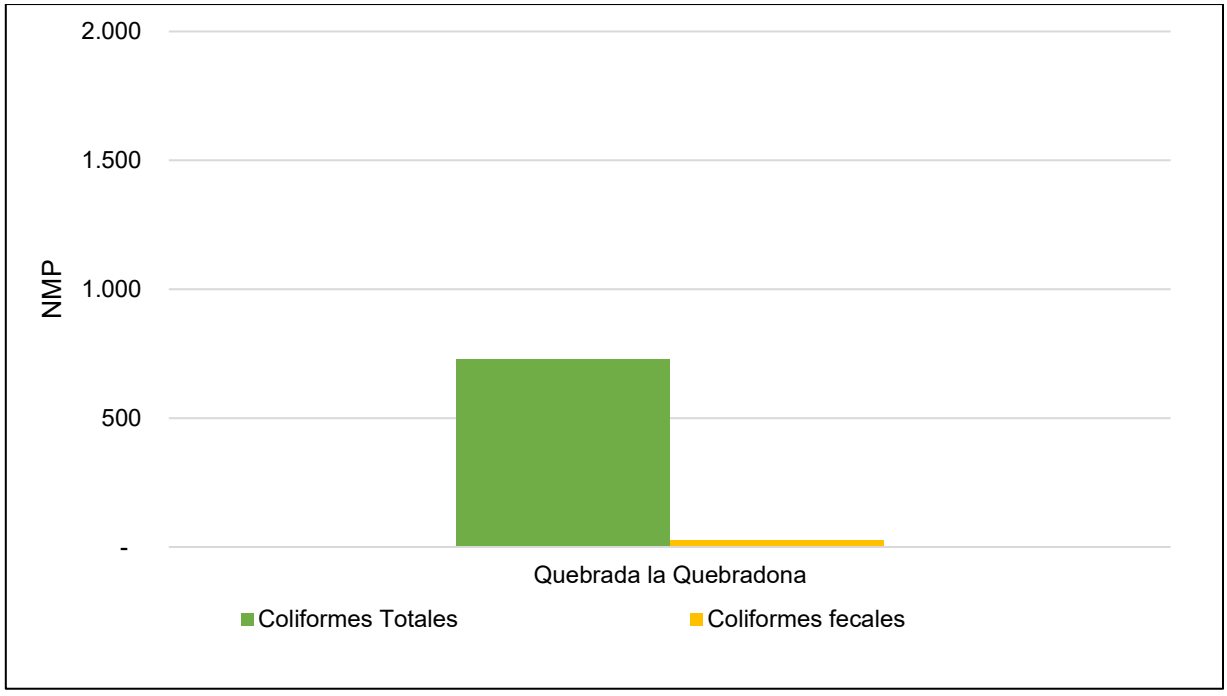
Fuente: Equipo técnico, 2021.

COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Durante el monitoreo No.1 se registraron en valores de coliformes totales y fecales de 727 y 27 respectivamente, los cuales se ajustan a los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con tratamiento previo, definido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015).

Figura 43. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Quebrada La Quebradona

Monitoreo N°1



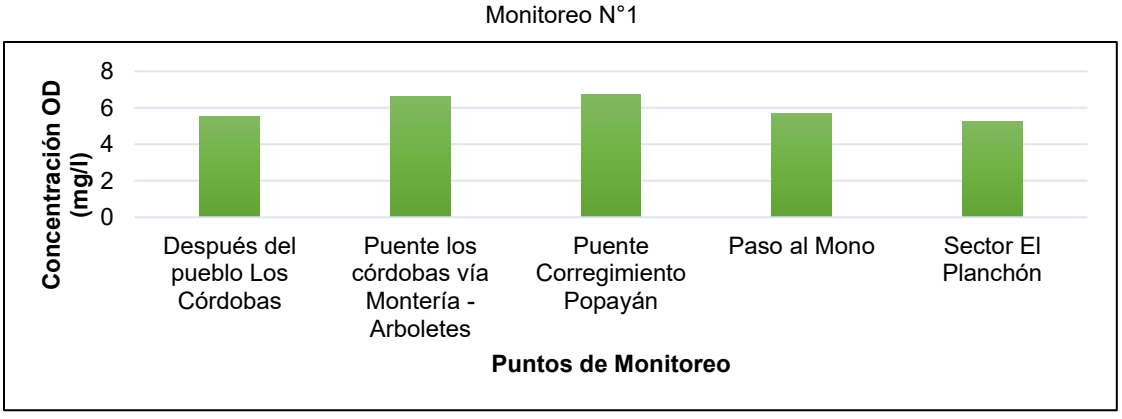
Fuente: Equipo técnico, 2021.

7.7 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE EL CAUCE DEL RÍO CANALETE

OXÍGENO DISUELTO

En las estaciones de monitoreo implementadas para la determinación de calidad de agua del Río Canalete, registraron valores en un rango entre 5,25 hasta 6,75 mg/l.

Figura 44. Concentración de oxígeno Disuelto – Río Canalete

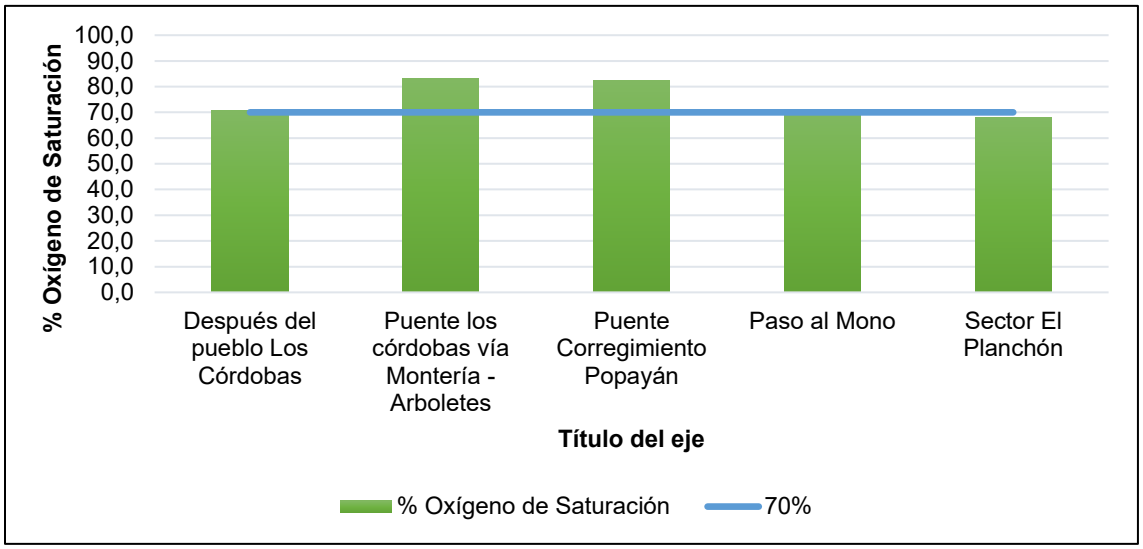


Fuente: Equipo técnico, 2021.

El oxígeno de saturación a lo largo del monitoreo, en las estaciones de monitoreo de calidad de agua del Río Canalete presentaron valores por encima del 70 % exceptuando el punto de monitoreo sector el planchón.

Figura 45. Porcentaje de oxígeno de saturación – Río Canalete

Monitoreo N°1



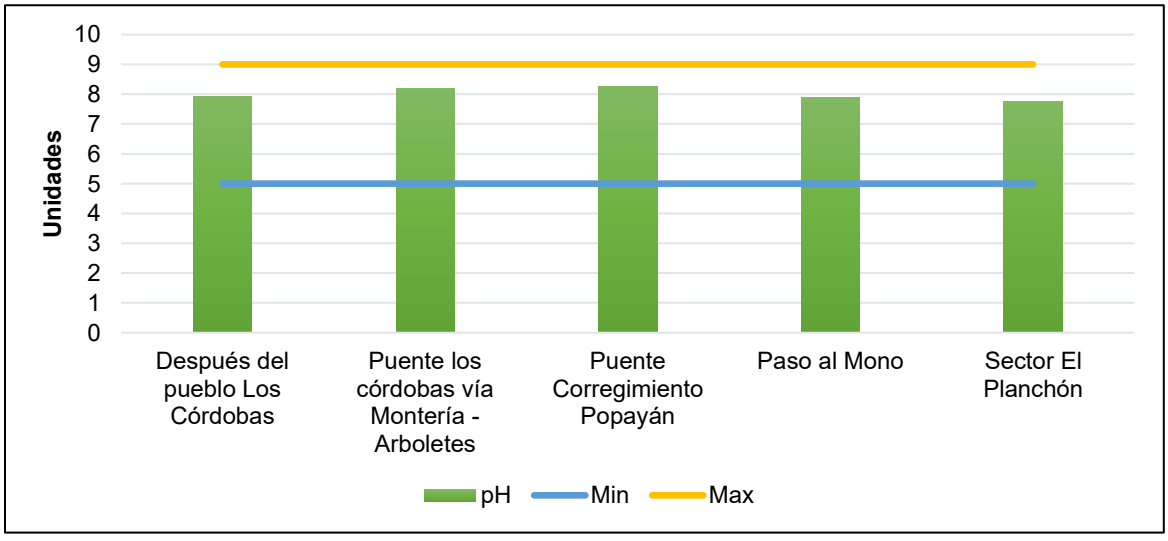
Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

La red de monitoreo de calidad de agua en el cauce del Río Canalete para el primer monitoreo del 2021, presento valores de pH con rango 774 hasta 8,27 asociándose a condiciones ligeramente alcalinos.

Figura 46. Valores de pH – Río Canalete

Monitoreo N°1



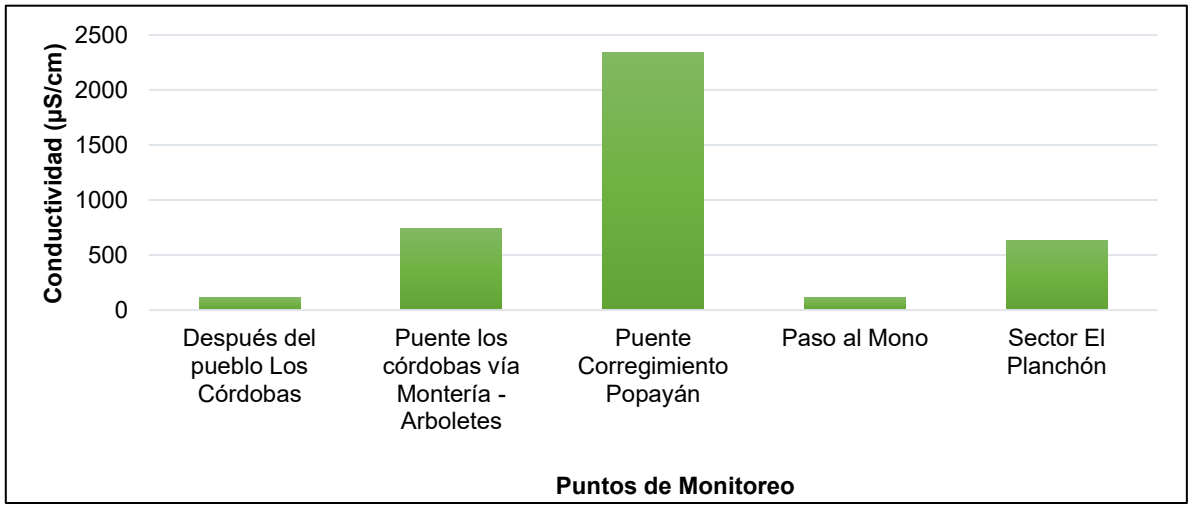
Fuente: Equipo técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Los registros de conductividad eléctrica en el Río Canalete, durante el año 2021, registraron valores heterogéneos con una variación entre 112 µS/cm hasta 2340 µS/cm, presentando tres valores por encima de 600 µS/cm.

Figura 47. Conductividad – Río Canalete

Monitoreo N°1



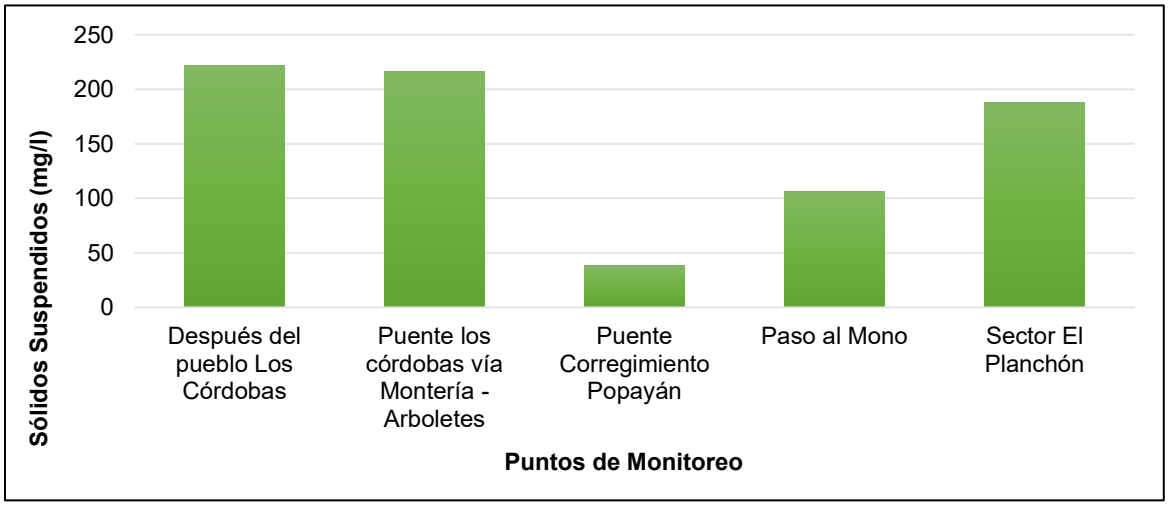
Fuente: Equipo técnico, 2021.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las mayores concentraciones de SST se registraron en las estaciones: después del pueblo los Córdobas, Puente los córdobas vía Montería – Arboletes y sector el Planchón, mientras que las otras dos estaciones presentaron valores por debajo de 150 mg/l.

Figura 48. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Río Canalete

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FÓSFORO

Las concentraciones de nitrógeno-N en el Río Canalete analizado en las estaciones de monitoreo registraron valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. Por otra parte, las concentraciones de fósforo total-P registraron valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 22. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total – Río Canalete

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Puente Corregimiento Popayán	<3.00	<0.200
Paso al Mono	<3.00	<0.200
Sector El Planchón	<3.00	<0.200
Después del pueblo Los córdobas	<3.00	<0.200
Puente los córdobas vía Montería - Arboletes	<3.00	<0.200

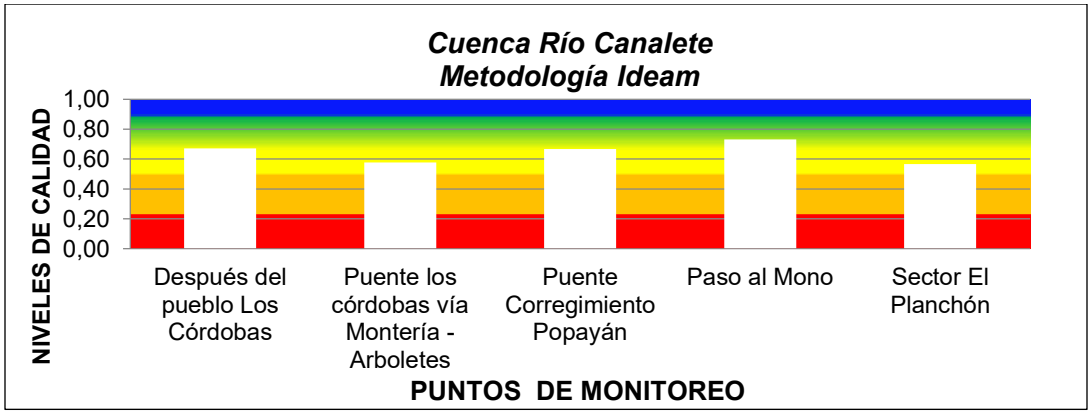
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA

Los índices de Calidad de Agua-ICA en las estaciones de monitoreo localizadas en el cauce principal del Río Canalete, registraron valores con una variación entre 0,57 hasta 0,73 clasificándose como regular según lo establecido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015).

Figura 49. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Río Canalete

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

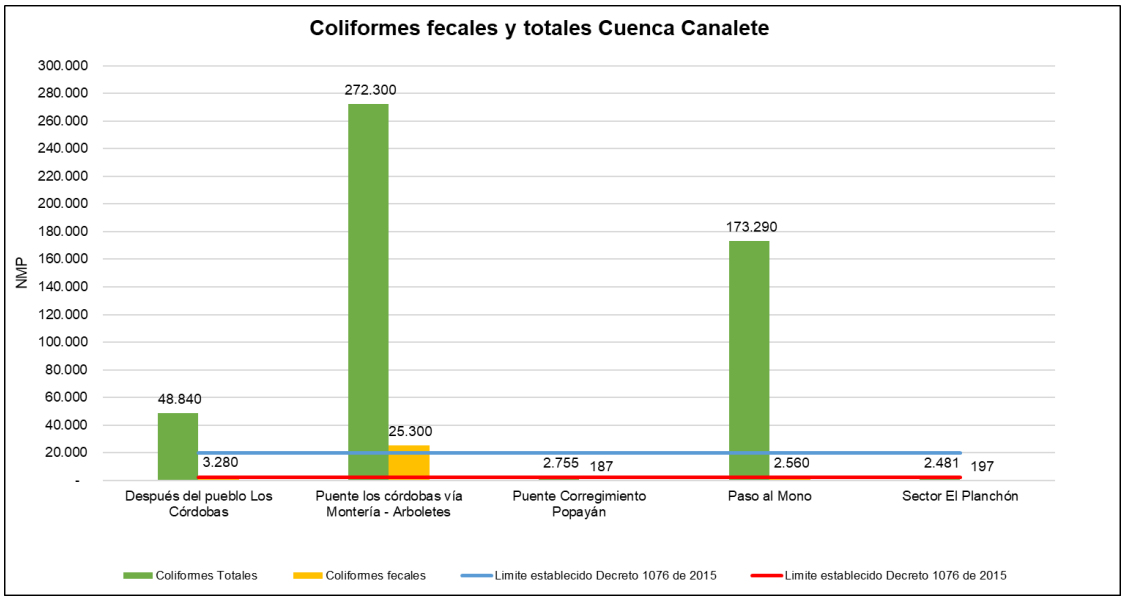
COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Se registraron concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales por encima del criterio de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico, definido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015). Se presentan tres puntos de monitoreo con valores de coliformes totales por encima del límite permitido 20.000 NMP/100L siendo estos puntos: puente los Córdobas vía Montería – Arboletes (272.300 NMP), paso el Mono (173.290 NMP) y después del pueblo los Córdobas (48.840 NMP).

En cuanto a los coliformes fecales, los puntos mencionados anteriormente presentan valores por encima del límite permitido siendo para este caso 2.000 NMP/100L.

Figura 50. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Río Canalete

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

8 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA EN LAS ESTACIONES UBICADAS EN LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DEL DEPARTAMENTO

8.1 ACUÍFERO CERRITO

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Durante el monitoreo N°1 realizado en los puntos ubicados sobre el acuífero el cerrito se presentaron valores entre 0,02 y 2,9 conforme a los índices $\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$ y $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$, presentando características de aguas dulces o continentales. Para el caso del índice $\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$ los valores entre 0,06 y 1,33 para aguas con características oceánicas.

En referencia al índice $\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{\mathrm{Cl}^{-}}$ el valor negativo denota terreno formados por rocas volcánicas, condición presentada en las estaciones ubicados en los municipios de Puerto Libertador, San José de Uré y Buenavista, caso contrario para el punto ubicado en Montelíbano.

Tabla 23. Índices Hidrogeoquímicos - Acuífero Cerrito

Nombre punto de monitoreo	Municipio	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{K^{+}}{Na^{+}}$	$\frac{Na^{+}}{Ca^{2+}Mg^{2+}}$	$\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^{-}}$	$\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$
Vereda Centro América	Puerto Libertador	0,30	0,11	1,06	0,20	1,29	-0,37
Hogar Infantil (Casa de Leydi López)	San José de Uré	0,32	0,03	1,83	0,62	0,36	-0,29
Iglesia Evangélica (Casa Rosa Sáenz)	San José de Uré	0,21	0,08	1,27	0,71	0,50	-0,59
Casa de la señora Leydis Martínez	Montelíbano	2,90	0,13	3,45	8,77	0,09	0,35
Av Colombia	Buenavista	0,06	0,02	10,47	0,06	1,33	-32,26
Casa señora Nancy Conde	Planeta Rica	0,24	0,11	1,26	0,82	0,37	-0,18

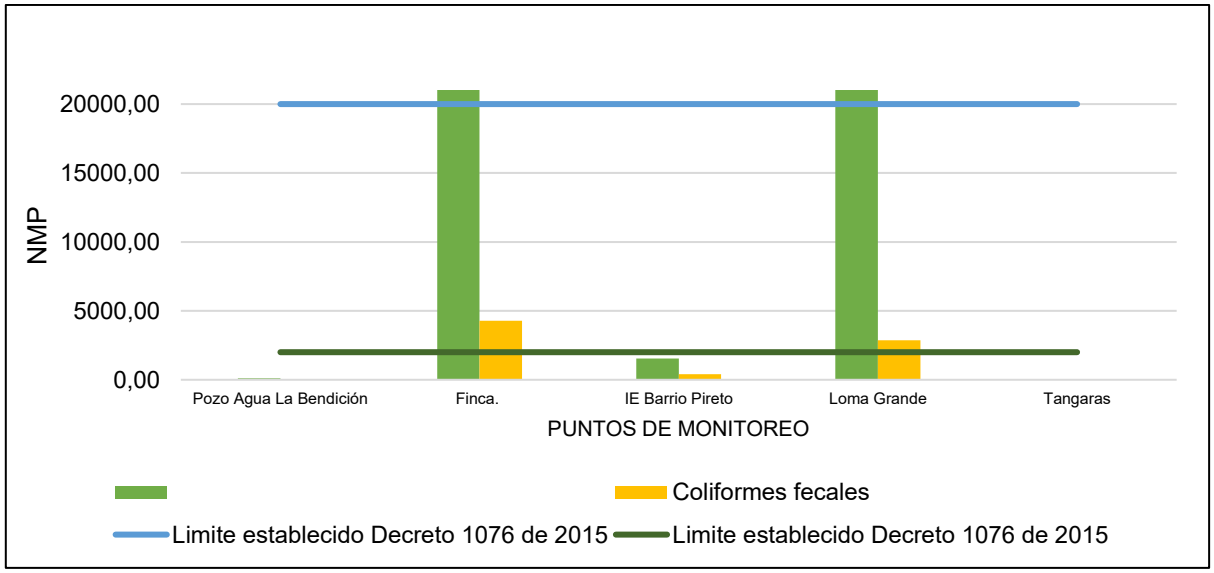
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Las concentraciones de coliformes totales se registraron en valores ajustados a los criterios de calidad definidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), establecidos hasta 20.000 microorganismos/100 ml para coliformes totales. Para el caso de Coliformes Fecales los valores en los puntos ubicados en Hogar infantil (Casa de Leydi López) e Iglesia evangélica (Casa Rosa Sáenz), fueron superiores a lo establecido en el decreto (2.000 microorganismos/100 ml).

Figura 51. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Cerrito

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

8.2 ACUÍFERO BETULIA

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Durante el monitoreo N°1 realizado en los puntos ubicados sobre el acuífero Betulia en cercanías al municipio de Ayapel, se presentaron valores entre 0,07 y 10,23 conforme a los índices $\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$ y $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$, presentando características de aguas dulces o continentales.

En referencia al índice $\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$ el valor positivo denota terreno formados por rocas volcánicas, condición presentada en las estaciones ubicados en los municipios de Ayapel.

Tabla 24. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Betulia

Mo**Nombre punto de monitoreo**	**Municipio**	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{K^{+}}{Na^{+}}$	$\frac{(Na^{+})}{Ca^{2+}Mg^{2+}}$	$\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^{-}}$	$\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$
Cedro Mango Fruit	Ayapel	0,07	0,05	1,29	1,14	0,60	0,70
Casa de la señora Nevis Legia calle 29 – 28 – 17 B/ san Carlos	Ayapel	10,23	0,01	9,48	30,50	0,03	0,37

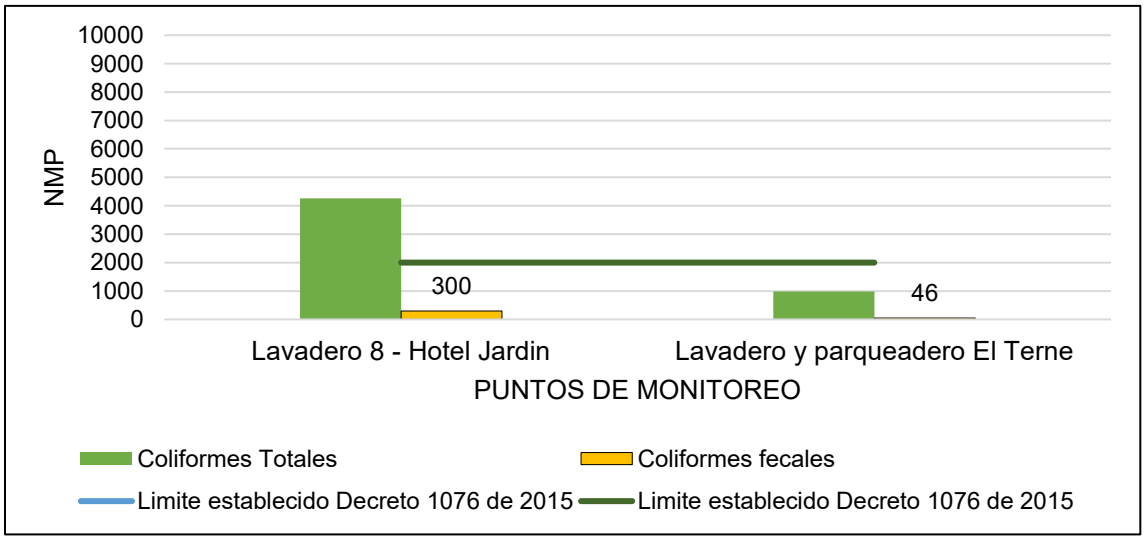
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Las concentraciones de coliformes totales se registraron en valores ajustados a los criterios de calidad definidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), establecidos en hasta 20.000 microorganismos/100 ml para coliformes totales y 2.000 microorganismos/100 ml para coliformes fecales.

Figura 52. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Betulia

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021

8.3 ACUÍFERO ARENAS MONAS

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Durante el monitoreo N°1 realizado en los puntos ubicados sobre el acuífero Arenas Monas se presentaron valores entre 0,01 y 0,52 conforme a los índices $\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$, $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$ y $\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$, presentando características de aguas dulces o continentales.

En referencia al índice $\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{\mathrm{Cl}^{-}}$ el valor negativo denota terreno formados por rocas volcánicas, condición presentada en las estaciones ubicados en los municipios de Canalete, Los córdobas y Puerto Escondido.

Tabla 25. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Arenas Monas

Nombre punto de monitoreo	Municipio	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{K^{+}}{Na^{+}}$	$\frac{(Na^{+})}{Ca^{2+}\mathrm{Mg}^{2+}}$	$\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^{-}}$	$\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{\mathrm{Cl}^{-}}$
Piezómetro Canalete	Canalete	0,23	0,01	0,69	0,52	2,92	-1,35
Piezómetro Casa Finca	Los córdobas	0,52	0,22	1,56	0,26	1,07	-0,57
Casa de la señora Margarita de Mórelo	Puerto Escondido	0,28	0,02	2,55	0,68	1,26	-1,04

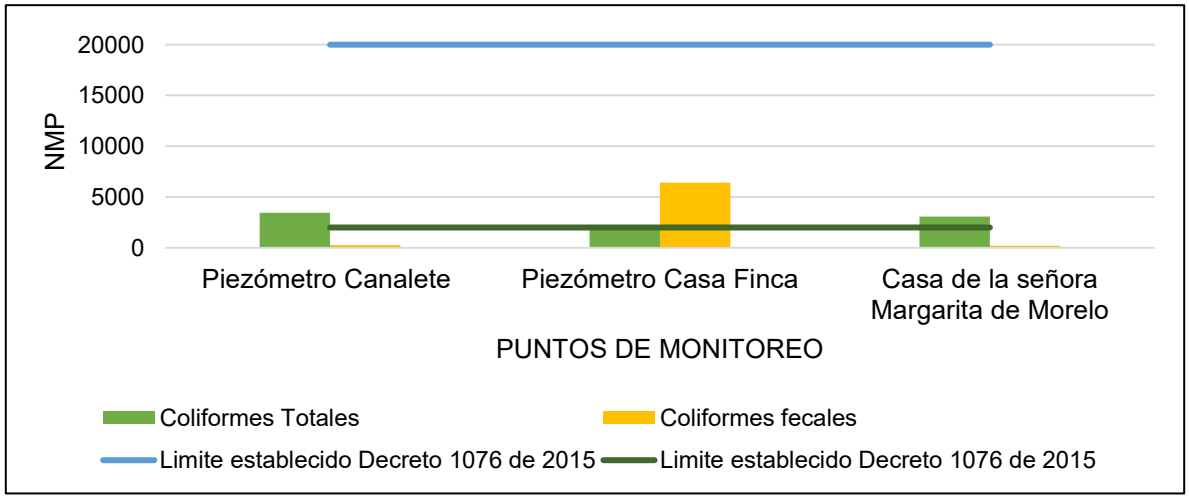
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Se registraron en valores ajustados a los criterios de calidad para coliformes totales definidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), sin embargo, para coliformes fecales se presentan valores por encima del límite establecido 2.000 microorganismos/100 ml para el punto de monitoreo piezómetro Casa Finca ubicado en el municipio de los córdobas.

Figura 53. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Arenas Monas

Monitoreo N°1



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

8.4 ACUÍFERO RÍO SINÚ

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Durante el monitoreo N°1 realizado en los puntos ubicados sobre el acuífero Río Sinú se presentaron valores entre 0,09 y 1,28 conforme a los índices $\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$, $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$ y $\frac{Cl^{-}}{HCO_3}$, presentando características de aguas dulces o continentales.

En referencia al índice $\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$ el valor negativo denota terreno formados por rocas volcánicas, condición presentada en las estaciones ubicados en los municipios de Santa Cruz de Lorica, Ciénaga de Oro y Montería

Tabla 26. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Río Sinú

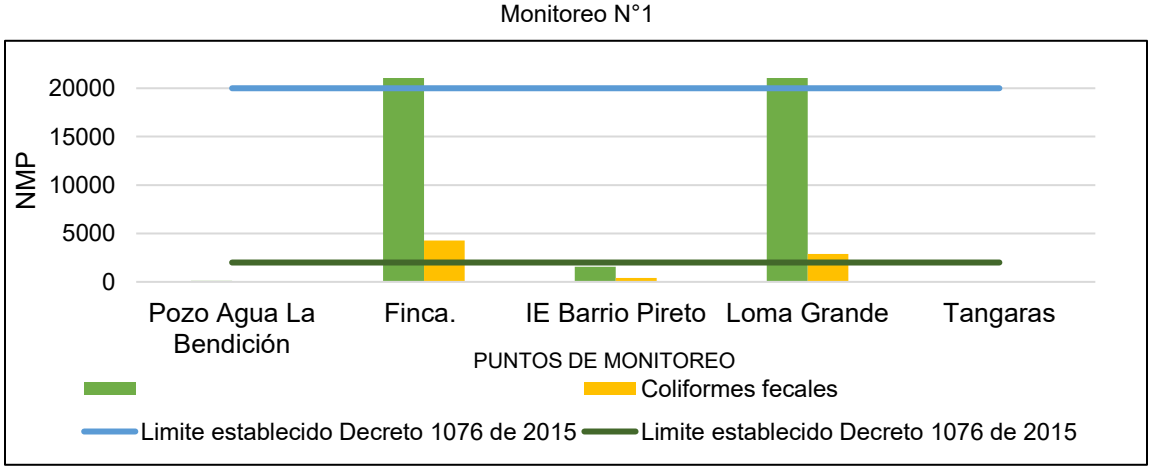
Nombre punto de monitoreo	Municipio	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{K^{+}}{Na^{+}}$	$\frac{(Na^{+})}{Ca^{2+}Mg^{2+}}$	$\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^{-}}$	$\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$
Pozo Agua La Bendición	Tierralta	1,28	0,15	3,98	0,93	0,43	0,30
Finca	Santa Cruz de Lorica	0,12	-	2,02	-	-	-
IE Barrio Prieto	Ciénaga de Oro	0,09	0,02	0,42	0,18	2,21	-3,11
Loma Grande	Montería	0,20	0,01	10,42	1,39	0,41	-3,34
Tangaras	Ciénaga de Oro	0,00	0,31	0,30	0,64	4,30	-6,52

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Se registraron dos puntos con valores por encima de los criterios de calidad definidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), establecidos en hasta 20.000 microorganismos/100 ml para coliformes totales y 2.000 microorganismos/100 ml para coliformes fecales, siendo estos puntos: Finca (Lorica) y Loma Grande (Montería).

Figura 54. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Río Sinú



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

8.5 ACUÍFERO SINCELEJO

ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS

Durante el monitoreo N°2 realizado en los puntos ubicados sobre el acuífero Sincelejo se presentaron valores entre 0,02 y 0,49 conforme a los índices $\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$, $\frac{K^{+}}{Na^{+}}$ y $\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$, presentando características de aguas dulces o continentales.

En referencia al índice $\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$ el valor negativo denota terreno formados por rocas volcánicas, condición presentada en las estaciones ubicados en los municipios de Sahagún y Chinú.

Tabla 27. Índice hidrogeoquímicos - Acuífero Sincelejo

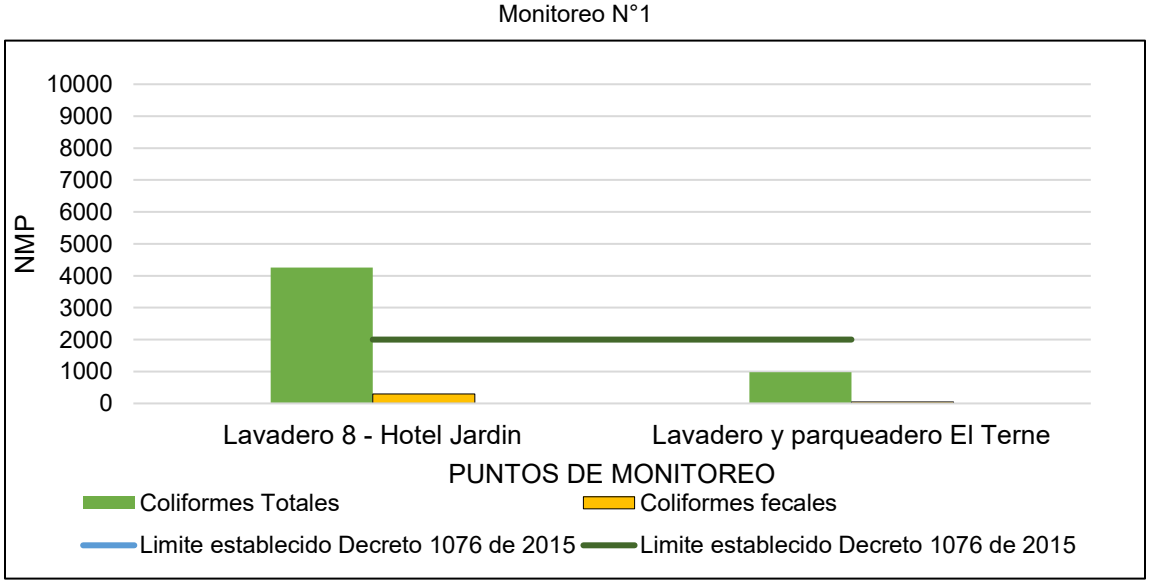
Nombre punto de monitoreo	Municipio	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	$\frac{K^{+}}{Na^{+}}$	$\frac{(Na^{+})}{Ca^{2+}Mg^{2+}}$	$\frac{Cl^{-}}{HCO_3^{-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^{-}}$	$\frac{Cl^{-}\ (Na^{+}+Ca^{2+})}{Cl^{-}}$
Lavadero 8 - Hotel Jardín	Chinú	0,21	0,34	0,43	0,09	0,27	-3,41
Lavadero y parqueadero El Terne	Sahagún	0,49	0,02	1,93	0,33	0,25	-0,84

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Se registraron valores de coliformes totales y fecales acorde a los criterios de calidad definidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), establecidos en hasta 20.000 NMP/100 ml.

Figura 55. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Acuífero Sincelejo



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

9 SEDIMENTOS PRIMER MONITOREO

Con el fin de identificar los impactos generados en las características de calidad del agua, se procedió al monitoreo y análisis de los parámetros fisicoquímicos en los sedimentos de las estaciones de monitoreo en igual frecuencia de los monitoreos y análisis de calidad de agua.

A través de la Tabla 25, se muestran los resultados reportados en el transcurso del monitoreo N°1, evidenciando las mayores concentraciones sobre las estaciones localizadas en el Río San Jorge, a la altura de la Bocatoma del acueducto del área urbana del municipio de Montelíbano y del corregimiento La Balsa, municipio de la Apartada. En relación a las concentraciones de mercurio, en el transcurso de los tres monitoreos, registraron valores inferiores al límite de cuantificación del método. En relación a los valores de pH se determinaron entre ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos en intervalos 6,2 a 7,9.

Tabla 28. Concentraciones de Arsénico y Mercurio monitoreado en los sedimentos de las estaciones de monitoreo de calidad de agua localizadas

Punto de monitoreo	Municipio	Arsénico (mg As/Kg)	Mercurio (mg Hg/Kg)	Ph
Puente vía corregimiento Villanueva	Puerto Libertador	0,566	<0,200	6,54
Tornorojo	Puerto Libertador	0,5	<0,200	6,45
Bocas de Uré	San José de Uré	0,5	<0,200	6,92
Pueblo Flecha	San José de Uré	0,5	<0,200	6,27
Puente Uré	San José de Uré	0,5	<0,200	6,77
Bocatoma Acueducto	Montelíbano	1,18	<0,200	7,9
La Balsa	La Apartada	1,27	<0,200	6,97
La Pesquera	Montelíbano	0,953	<0,200	7,28
Puente Metálico	La Apartada	1,38	<0,200	6,23

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

10 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA DURANTE EL SEGUNDO MONITOREO

10.1 PUNTOS DE MONITOREO CUENCA DEL RIO SINÚ

Los monitoreos de calidad de agua sobre el cauce principal del Río Sinú, durante el año 2021, se realizaron en los diferentes periodos climáticos típicos de la región Caribe. Monitoreo y análisis desarrollados por intermedio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba, acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM por medio de la Resolución 2851 del 16 de noviembre de 2018.

OXÍGENO DISUELTO.

Durante la ejecución de la segunda jornada de monitoreos de calidad de agua del Río Sinú, el oxígeno disuelto, mediante el método de modificación de azida, codificado en SM 4500-O G en el STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, reportaron valores ajustados a los criterios de calidad definidos en los diferentes usos establecidos en la sección 9 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015).

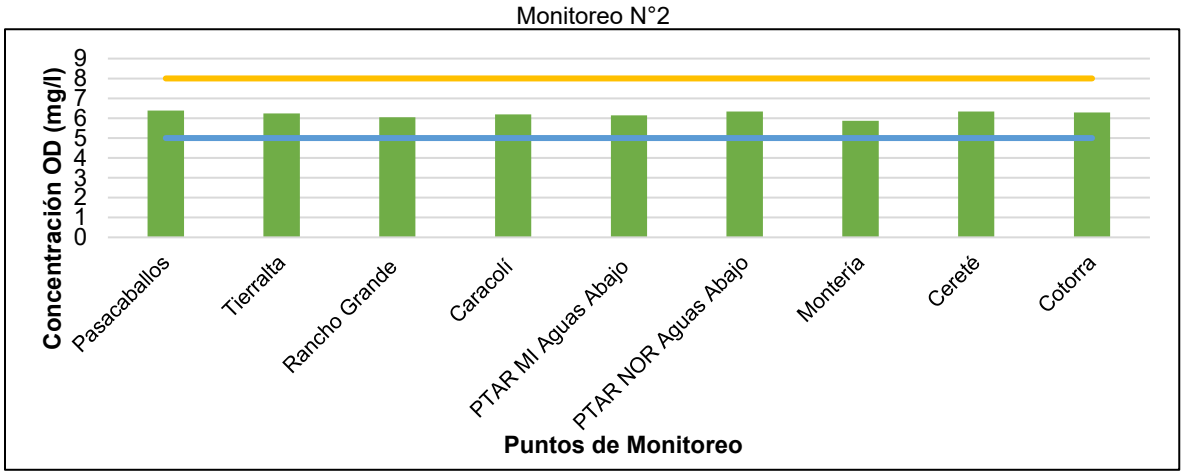
Tabla 29. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

Concentración OD (mg/L)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0 - 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5 - 8	Aceptable	Concentraciones de OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8 -12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: (Guillermo Goyenola - RED MAPSA, 2007)

De igual manera, en referencia a las diferentes condiciones presentadas en los ecosistemas acuáticos, la concentración de oxígeno disuelto se presenta en concentraciones aceptables con un rango de valores entre 5,8 mg/l – 6,4 mg/l.

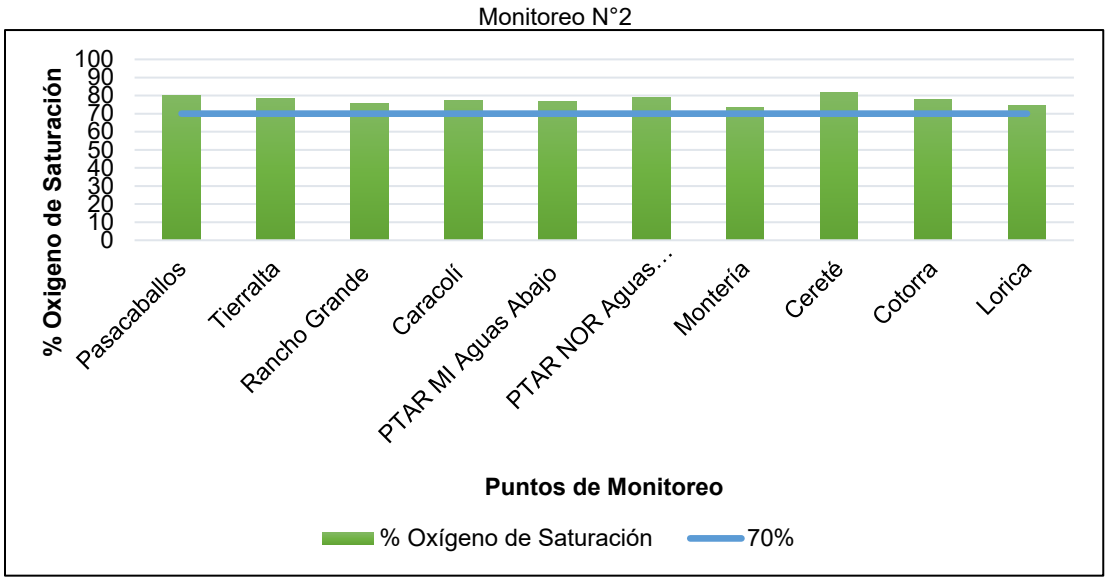
Figura 56. Concentración de oxígeno Disuelto – Rio Sinú



Fuente: Equipo técnico, 2021.

A partir de los resultados de las concentraciones de oxígeno disuelto y de las temperaturas analizadas in situ, conforme al criterio de calidad para fines recreativos mediante el contacto secundario, definido en el artículo 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, el oxígeno de saturación a lo largo del monitoreo presentó valores superiores al 70 %.

Figura 57. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Rio Sinú

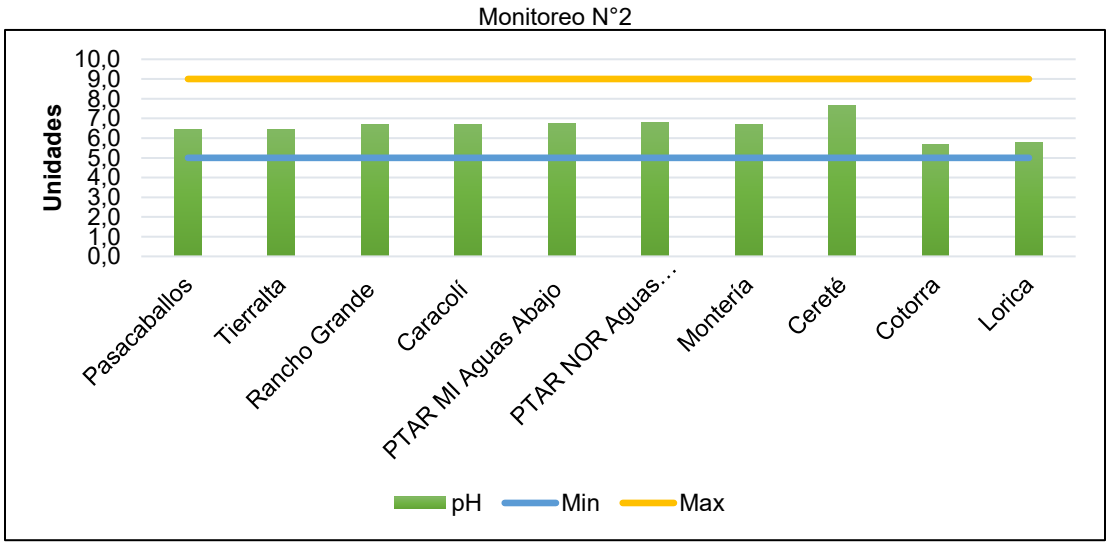


Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

El pH presentado en los puntos de monitoreo del Río Sinú, registraron valores con un rango entre 5,7 y 7,7, que de acuerdo el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 se encuentra dentro del rango 5 a 9 admisible para consumo humano.

Figura 58. Valores de pH – Rio Sinú



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica en el agua es directamente proporcional a la concentración de Sólidos Suspendidos Totales - SST. Igualmente, está condicionada con la temperatura del agua, mientras más alta sea ésta última, mayor será la conductividad del medio.

En relación a las condiciones admisibles de la conductividad del agua para uso agrícola, con base a los valores de la fuente, se clasifica según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**7.

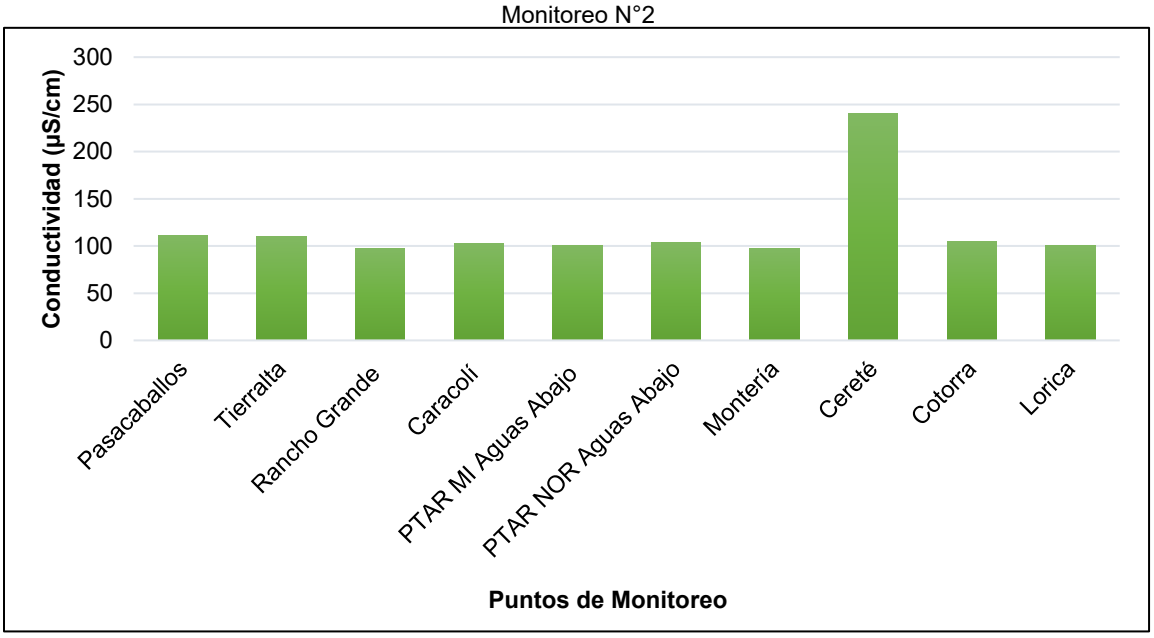
Tabla 30. Clasificación de las aguas según conductividad para uso en riego de cultivos.

Clasificación	Conductividad (µS/cm)
Excelente	250
Buena	250-750
Permisible	750-2.000
Uso Dudoso	2.000-3.000
Inapropiada	3.000

Fuente: System, 1995.

El comportamiento de este parámetro durante el monitoreo realizado sobre el cauce principal del Río Sinú durante el año 2021, presentó valores mayormente en el intervalo entre 100 µS/cm y 300 µS/cm.

Figura 59. Conductividad – Rio Sinú



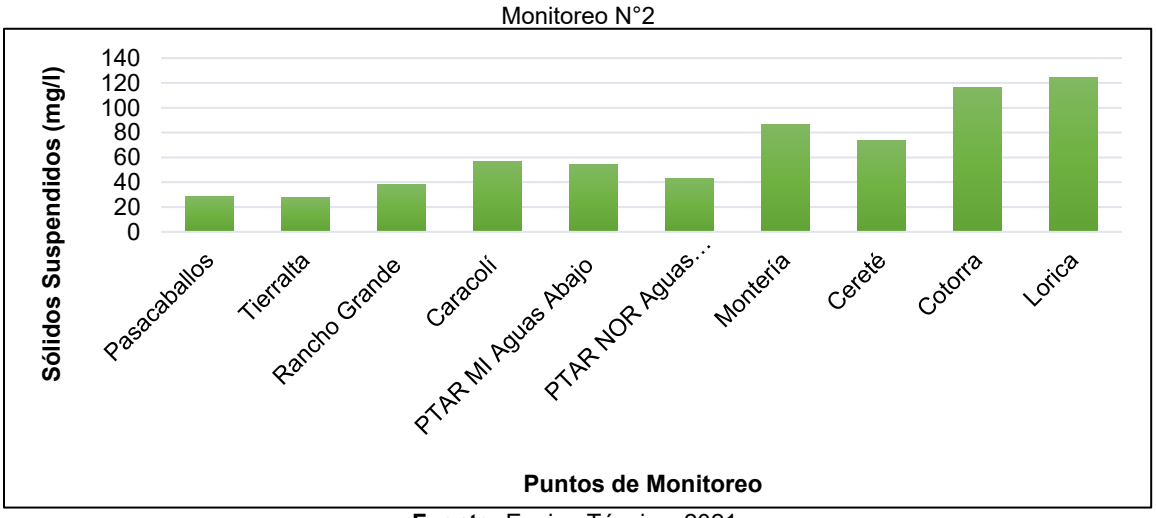
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

SOLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Los Sólidos Suspendidos Totales – SST se manifiestan por medio de la turbidez y el color del agua, correspondiendo a la suma de los minerales, sales, metales, cationes y aniones suspendidos, sustancias que no se disuelven ni sedimentan en el agua. Las fuentes principales de generación corresponden a la escorrentía de áreas destinadas para uso agrícola y áreas urbanas, la lixiviación de la contaminación del suelo y los vertimientos de agua residual de los sistemas de alcantarillado sin tratamiento previo o con tratamiento deficiente.

Durante el monitoreo se registraron concentraciones de solidos suspendidos con valores inferiores a 140 mg/L, siendo este un valor ajustado teniendo en cuenta los niveles de turbidez históricos y la presencia de precipitaciones en el Río Sinú.

Figura 60. Concentración de Sólidos Suspendidos Totales – Rio Sinú



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

NITRÓGENO Y FOSFORO TOTAL

Tal como se indica en la Tabla 31 el nitrógeno-N analizado en las estaciones durante la primera jornada de monitoreo en el 2021, registró valores inferiores al Límite de Cuantificación del Método-LCM, fijado en 3 mg N/l. Mientras que los valores de fósforo total-P registro valores inferiores a 0,50 mg P/l.

Tabla 31. Concentraciones de Fósforo Total y Nitrógeno Total - Rio Sinú

Punto de Monitoreo	Nitrógeno Total (mg N/l)	Fosforo Total (mg P/l)
Pasacaballos	<3.00	<0.200
Tierralta	<3.00	<0.200
Rancho Grande	<3.00	<0.200
Caracolí	<3.00	<0.200
PTAR MI Aguas Abajo	<3.00	<0.200
PTAR NOR Aguas Abajo	<3.00	<0.200
Montería	<3.00	<0.200
Cereté	<3.00	<0.200
Cotorra	<3.00	<0.200
Lorica	<3.00	<0.200

Fuente: Equipo Técnico, 2021.

INDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA

El cálculo del ICA se realizó a partir de los siguientes parámetros: Oxigeno de saturación, Conductividad eléctrica, Solidos suspendidos, pH, fosforo y nitrógeno. De acuerdo a esto se obtuvieron valores de ICA entre 0.5 y 0.67, que de acuerdo con lo estipulado en el decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, se encuentra dentro del rango Regular y aceptable (0,51 – 0,9).

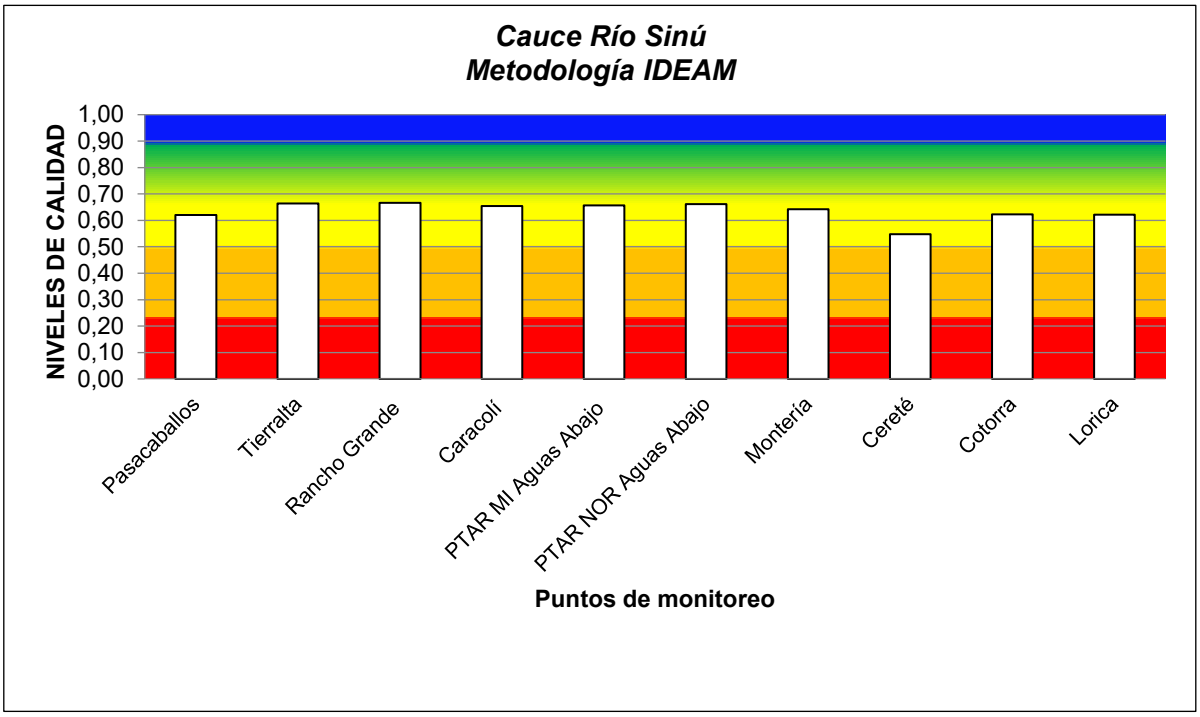
Tabla 32. Clasificación índice ICA

Valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0-0,25	Muy Mala	Rojo
0,26-0,50	Mala	Naranja
0,51-0,70	Regular	Amarillo
0,71-0,90	Aceptable	Verde
0,91-1	Buena	Azul

Fuente: Metodología de cálculo ICA, IDEAM

Figura 61. Índice de calidad de agua en el departamento de Córdoba – Rio Sinú

Monitoreo N°2



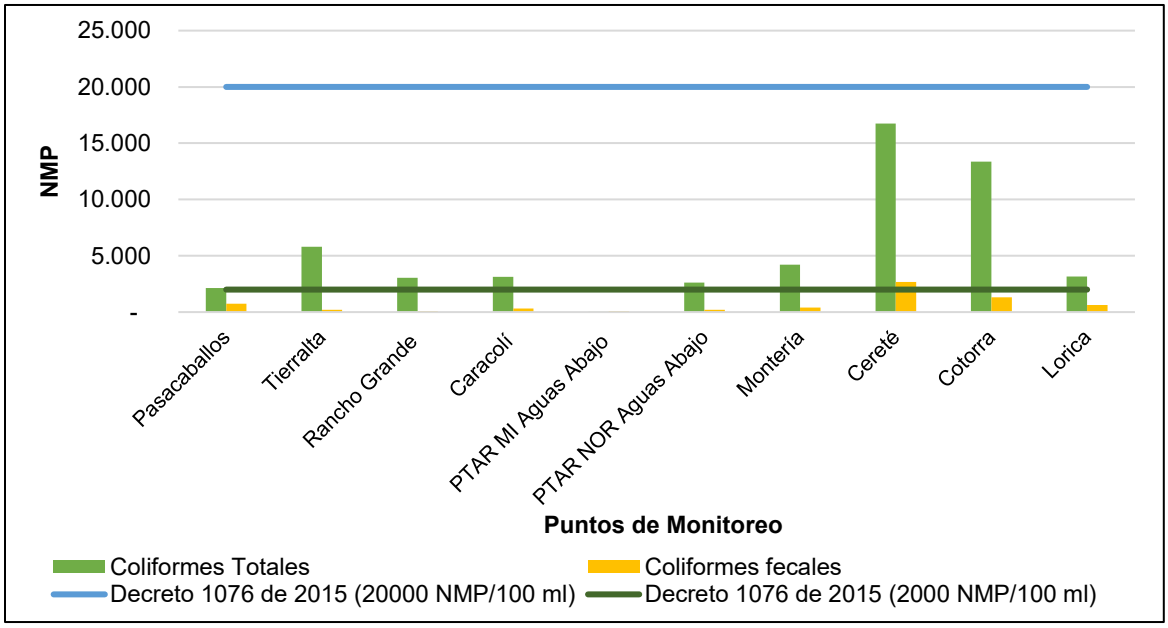
Fuente: Equipo Técnico, 2021.

COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES

En la caracterización y determinación de la calidad del agua del Río Sinú, conforme las condiciones microbiológicas, las concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales se registraron en concentraciones ajustadas a los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con tratamiento previo, definido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015).

Figura 62. Concentraciones de Coliformes Totales y fecales – Rio Sinú

Monitoreo N°2



Fuente: Equipo Técnico, 2021.

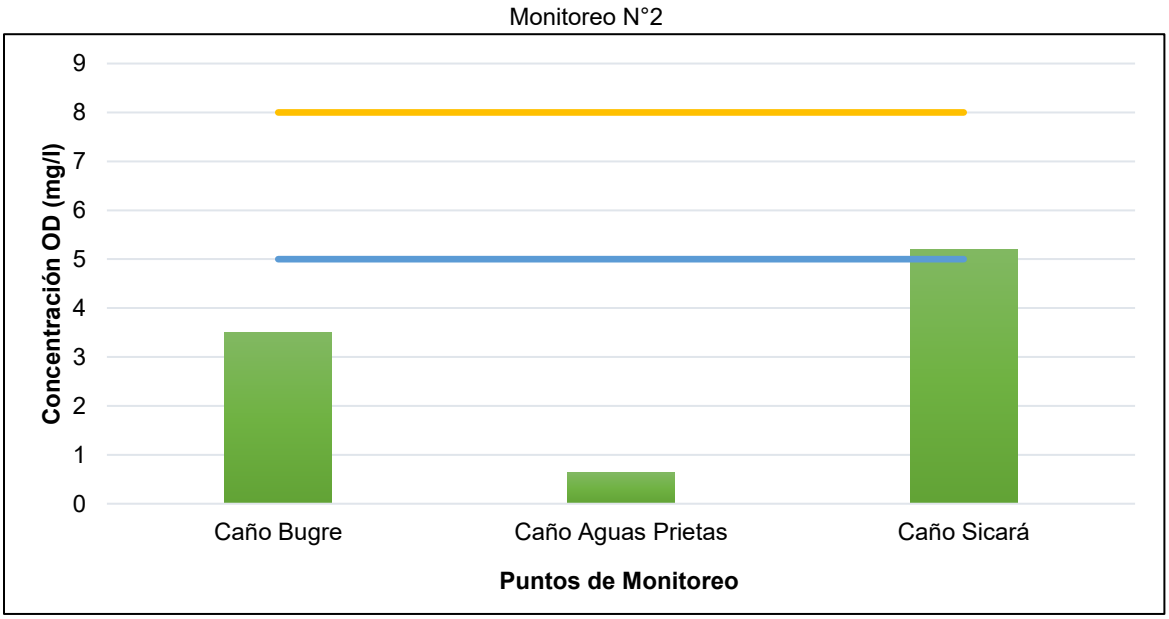
10.2 PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LOS CAÑOS AFLUENTES DEL RÍO SINÚ.

Para la determinación de la calidad del agua en los caños afluentes al Río Sinú, a lo largo del monitoreo N°2 en el año 2021, se implementó el monitoreo y análisis por medio del laboratorio de calidad de agua de la Universidad de Córdoba acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM por medio de la Resolución 2851 del 16 de noviembre de 2018, con vigencia hasta 2022.

OXÍGENO DISUELTO

Los valores de oxígeno disuelto en los caños aferentes al Río Sinú registraron concentraciones en el rango de 0.5 y 5; lo cual, de acuerdo a los criterios de calidad para destinación en la conservación de fauna y flora, según lo definido en el artículo 2.2.3.3.9.10. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 (Minambiente, 2015), se ajusta a una condición de hipoxia que conlleva a la desaparición de organismos y especies sensibles.

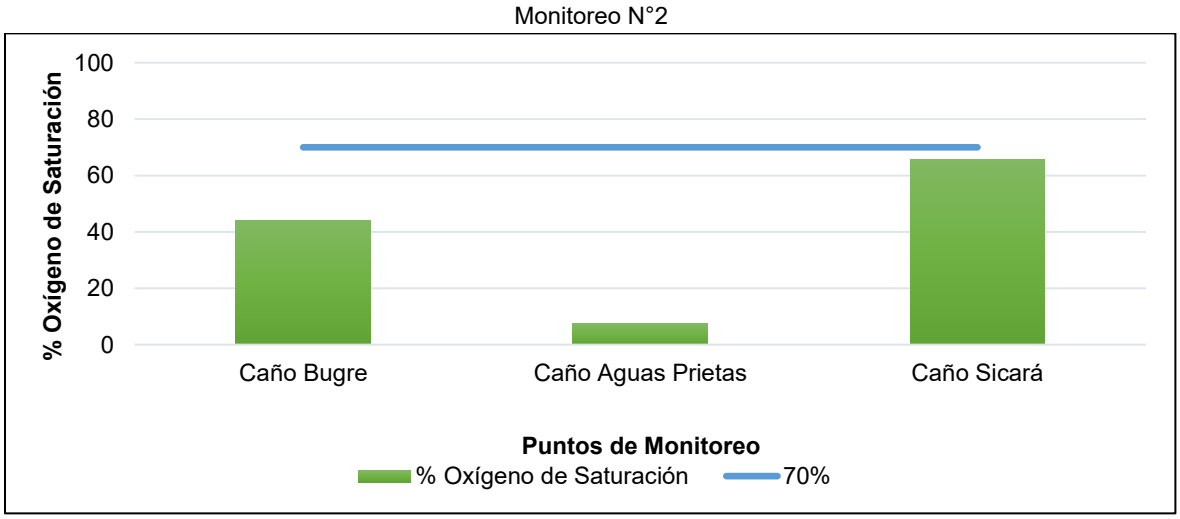
Figura 63. Concentración de oxígeno Disuelto – Caño Afluentes Río Sinú



Fuente: Equipo técnico, 2021.

De acuerdo a la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura tomada in situ, el porcentaje de oxígeno de saturación registró valores inferiores al límite permisible (70%) de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en el artículo 2.2.3.3.9.8.

Figura 64. Porcentaje de oxígeno de Saturación – Caño Afluentes Río Sinú



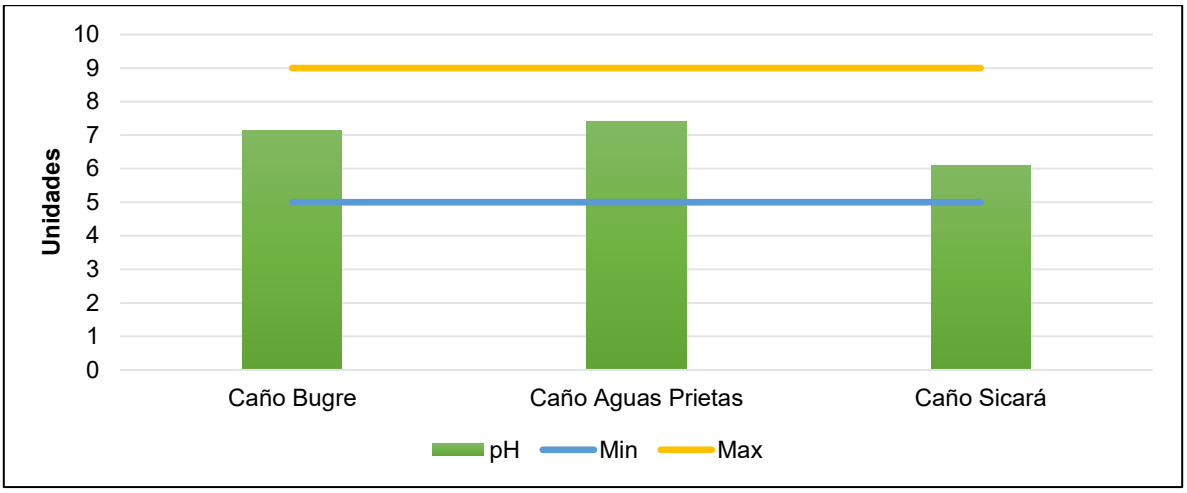
Fuente: Equipo técnico, 2021.

pH

El comportamiento del pH en los caños afluentes al Río Sinú durante la segunda jornada de monitoreo en el año 2021, registraron valores ligeramente alcalinos entre 6 a 7,2.

Figura 65. Valores de pH – Caño Afluentes Río Sinú

Monitoreo N°2



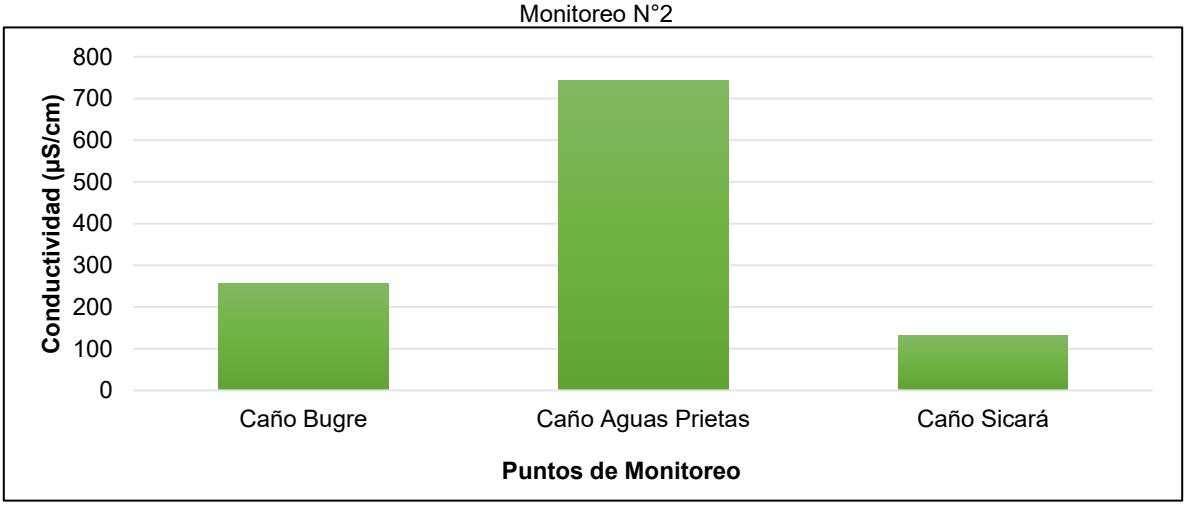
Fuente: Equipo técnico, 2021.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica durante el segundo monitoreo registró valores entre 100 µS/cm a 745 µS/cm, siendo la estación localizada en el municipio de Ciénaga de Oro, sobre el cauce principal del caño Aguas Prietas la de mayores valores.

Figura 66. Conductividad – Caño Afluentes Rio Sinú

Monitoreo N°2



Fuente: Equipo técnico, 2021

SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SST)

Las concentraciones de los sólidos Suspendidos totales registrados durante la segunda jornada de monitoreo de calidad del agua en los caños afluentes al Río Sinú, registraron valores inferiores a 100 mg/l, presentando valores superiores en la estación Caño Sicará.