



*La Universidad que siembra*

ISSN 1012-7054

**REVISTA  
UNELLEZ DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Volumen 19 - 2001

Depósito legal pp 198302 BA 171

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES  
EZEQUIEL ZAMORA  
Guanare - VENEZUELA**

## CALIDAD DEL AGUA Y CONSERVACIÓN DEL CAIMÁN DEL ORINOCO EN RÍO COJEDES, VENEZUELA \*

Andrés E. Seijas<sup>(1)</sup>, Marcos Campo<sup>(2)</sup> y Evelyn Rodríguez<sup>(3)</sup>

### RESUMEN

En el Sistema del Río Cojedes (SRC) de Venezuela, se encuentra la población más grande conocida del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), especie en peligro de extinción. Uno de los factores que amenazan dicha población es el deterioro de su hábitat. Durante la estación seca y comienzos de la lluviosa de 1997, se midió concentración de oxígeno disuelto (OD), dióxido de carbono, dureza total, pH y otros parámetros indicadores de calidad de agua en el SRC. Comparado con otros ríos de los llanos, las aguas en el SRC mostraron niveles OD bajos; particularmente en la sección norte del Cojedes, donde no superó 4,4 mg/l. Este parámetro y otros indicativos de calidad ambiental (por ejemplo, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes, biocidas) analizados en este estudio y en investigaciones previas en el área, seZalan que el SRC está sometido a un severo estrés debido al vertido de aguas servidas. Todos los años ocurren mortandades masivas de peces y otros organismos acuáticos en el SRC, principalmente al comienzo de la estación lluviosa. El deterioro ambiental en las aguas del SRC reduce la variedad de alimento para *C. intermedius* al impedir el desarrollo de peces e invertebrados poco tolerantes a bajos niveles de OD. La presencia de biocidas (DDT, Aldrín y otros) con reconocidos efectos negativos sobre la reproducción de otros crocodílidos, compromete la viabilidad poblacional, a mediano y largo plazo, de este depredador tope de la cadena trófica.

**Palabras clave:** contaminación, biocidas, fauna acuática, río Cojedes, *Crocodylus intermedius*, Venezuela..

---

(\*) Recibido:04-06-2001

Aceptado: 20-11-2001

(1) Programa de Recursos Naturales Renovables, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3310, Po., Venezuela.

(2) Dirección General de Fauna, Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG) MARN, Maracay

(3) Dirección General de Fauna DGF, MARN, Caracas.

### SUMMARY

The Cojedes River System (CRS) of Venezuela has the largest known population of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*), an endangered species. During the dry season and beginning of the rainy season of 1997, dissolved Oxygen (DO) and carbon dioxide concentrations, total hardness, pH, and other indicators of water quality were measured in the CRS. Compared to other rivers in the llanos region, the waters of the CRS showed low levels of DO, particularly in the north section of the Cojedes river, where it was never higher than 4.4 mg/l. This parameter, and other indicators of environmental quality (for example, nitrates, total hardness, coliformes, biocides), obtained in this and in previous studies in the area, showed that the CRS is under a severe stress due to sewage discharges. There are several events of massive fish kills in the CRS every year, particularly at the beginning of the rainy season. The environmental degradation in the waters of the CRS reduces the variety of food for *C. intermedius*, hindering the development of fish and invertebrates non-tolerant to chronic low levels of DO. The occurrence of biocides (DDT, Aldrin and others) with known negative effects on the reproduction of other crocodylians, jeopardize the medium and long term population viability of this predator at the top of the food chain.

**Key words:** contamination, biocides, aquatic fauna, Cojedes river, *Crocodylus intermedius*, Venezuela.

---

### INTRODUCCIÓN

La calidad de los recursos acuáticos alrededor del mundo, y Venezuela no es la excepción, ha sido alterada por el uso de una población humana en constante crecimiento (Becker y Neitzel 1992, Petts y Calow 1996). Aunque todavía insuficientemente estudiadas, las aguas en el Sistema del río Cojedes (SRC) representan un claro ejemplo de esa situación.

Las cabeceras del río Cojedes, donde éste es llamado río Turbio, se encuentran en las cercanías de Barquisimeto, una de las ciudades más grandes de Venezuela (cerca de un

millón de habitantes). Allí, efluentes de origen urbano, agrícola e industrial son vertidos al río. A medida que el río fluye hacia la región de los llanos, pasa a través o por las cercanías de ciudades y centros industriales menores. Más abajo, parte de sus aguas son desviadas hacia un embalse (Las Majaguas) y una multiplicidad de canales las distribuye hacia campos agrícolas, una porción de las cuales fluye de regreso al curso principal con, presumiblemente, una composición química diferente.

El caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) es una especie en peligro de extinción que presenta un importante

relicto poblacional en el SRC (Seijas y Chávez 2000). Uno de los muchos factores que podrían afectar a este cocodrilo es el deterioro de su hábitat (Ayarzagüena 1987). Campo y Rodríguez (1997) realizaron un diagnóstico general sobre la calidad ambiental de la cuenca del Cojedes, desde sus cabeceras en Barquisimeto hasta su desembocadura en el río Portuguesa, en el cual efectuaron variados análisis sobre el deterioro del hábitat de esta especie. El presente estudio complementa al de Campo y Rodríguez (1997) y se realizó como parte de la evaluación general del hábitat de *C. intermedius* en el SRC. Los resultados se discuten en ese contexto.

Este estudio se planteó como objetivo caracterizar la calidad del agua en distintos sectores del SRC; es decir, identificar y evaluar las pequeñas y grandes alteraciones de sus atributos físicos, biológicos y ecológicos y discutir el impacto que esos cambios pueden haber provocado sobre la fauna del río, y en particular sobre la supervivencia del caimán del Orinoco. Esa caracterización es un paso esencial para tratar de modificar el *status quo*. Este trabajo debe considerarse, sin embargo, como un diagnóstico preliminar que podría facilitar la planificación e implantación de investigaciones más detalladas.

### ÁREA DE ESTUDIO

Para los objetivos de este estudio, se define al Sistema del río Cojedes (SRC) como la porción media y baja de la cuenca del río Turbio-Cojedes. La cual,

cubre una amplia franja de tierras a lo largo de los ríos Sarare y Cojedes, en los estados Cojedes y Portuguesa. El área de estudio abarca las ciudades de Acarigua (hacia el noroeste) y San Carlos (hacia el noreste) y se extiende hacia el sur hasta la confluencia del caño La Culebra con el curso principal del río Cojedes, cerca de El Baúl (Fig. 1). En la parte norte del SRC, la más impactada por actividades humanas, los campos agrícolas forman la matriz del paisaje, mezclado con centros poblados, hatos ganaderos y relictos boscosos. Hacia el sur el paisaje es una mezcla de sabanas arboladas, pastizales, campos agrícolas, manchas boscosas y pequeños centros poblados como Lagunitas, Santa Cruz y Sucre, entre otros.

Como es típico de todos los llanos, en el SRC se presentan dos estaciones climáticas bien definidas: una estación lluviosa que se extiende de mayo a octubre, y una estación seca desde diciembre a marzo. Los meses de abril y octubre son transicionales entre dichas estaciones. La precipitación media anual (1975-1996) en la parte central del SRC es de 1323 mm. Durante la estación lluviosa el río se desborda e inunda las planicies aledañas, principalmente hacia la parte sur. La amplitud entre las temperaturas mínimas y máximas anuales es de 11,6 °C (21,7° - 33,3° C)(MARNR 1995).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la estación seca y comienzos de la lluviosa de 1997, la calidad del agua en sectores del SRC fue

analizada por medio de un equipo portátil (LaMOTTE, Modelo AM-22) para detectar contaminación del agua. Las muestras fueron tomadas a 10-15 cm debajo de la superficie del agua. Los parámetros medidos fueron temperatura, oxígeno disuelto (Método de Winkler, resolución 0,2 ppm), dióxido de carbono (Método de titulación con fenolftaleína), dureza, nitratos-nitrógeno (*diazotization slide method*, resolución 1-2 ppm), amonio-nitrógeno (Método del salicilato, resolución 0,5-2 ppm) y pH (Comparador colorimétrico, resolución 0,5). Se tomaron muestras de agua en diferentes partes del SRC (Fig. 1) a intervalos de tiempos irregulares y a diferentes horas aunque más frecuentemente temprano en la mañana y cerca del anochecer. Muestras de agua de otros

ríos de los llanos (Portuguesa y Guanare) y del río Claro (Tucuragua), uno de los afluentes de la margen izquierda del río Cojedes aguas arriba y cerca de los límites del área de estudio al norte, también fueron analizadas con fines comparativos.

Las comparaciones y correlaciones entre las diferentes variables, y el patrón de cambio en la calidad del agua a lo largo del río, se realizó uniendo los datos de esta investigación con los reportados por Campo y Rodríguez (1997). Este procedimiento incrementó el tamaño muestral y permitió realizar un análisis más global. Los datos de localidades cercanas fueron agrupados y el promedio mayor de cada parámetro entre todas las localidades fue tomado como 100%. El valor promedio de

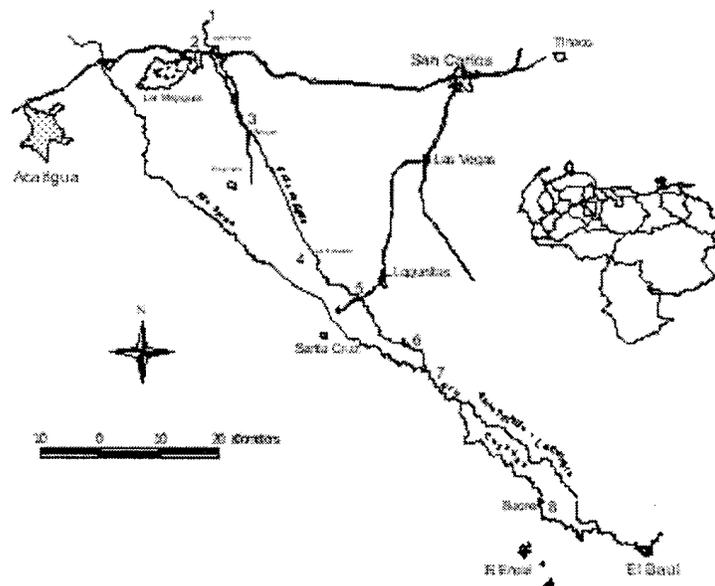


Fig. 1. Localidades del área de estudio donde se colectaron las muestras de agua analizadas. 1, río Claro; 2, Toma Cojedes-Cojedes Norte; 3, Retajao; 4, La Doncella; 5, Puente Nuevo; 6, La Batea; 7, Merecure; 8, Sucre.

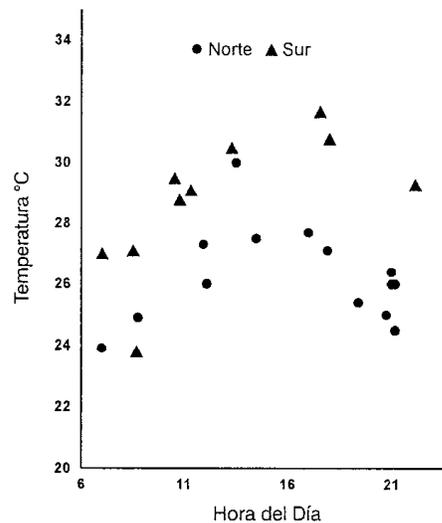
dichos parámetros en otros grupos de localidades fue expresado como un porcentaje del valor máximo. Para determinar el grado de asociación entre variables se utilizó un análisis de correlación simple.

En dos ocasiones, el muestreo coincidió con eventos de mortalidad masiva de peces. La secuencia de hechos ocurridos durante esos eventos es descrita detalladamente. Muestras de peces y otros organismos muertos fueron colectadas y preservadas para su posterior identificación. No se realizaron análisis de biocidas durante este estudio, pero los datos de Campo y Rodríguez (1997) son presentados y discutidos.

## RESULTADOS

### Calidad del Agua

Se analizaron 34 muestras de agua, colectadas entre el 21 de enero y el 1 de mayo de 1997 (Cuadro 1). La temperatura del agua de las muestras varió entre 23,8 y 30,8 °C. La temperatura en las estaciones de colecta situadas hacia el sur del área de estudio fueron entre 2 y 4 °C mayores que las ubicadas más al norte (Fig. 2). El pH estuvo siempre cercano a la neutralidad, entre 7 y 8. Las medidas más precisas de Campo y Rodríguez (1997) mostraron una fluctuación del pH entre 6,6 y 8,5. Solamente siete muestras fueron analizadas para detectar fosfatos y éstas resultaron con niveles por debajo de los 0,2 mg/l. Campo y Rodríguez (1997) detectaron concentraciones de fosfatos (PO<sub>4</sub>-P) mucho mayores, como se discutirá más adelante.



**Fig. 2. Fluctuaciones diarias de temperatura en el área de estudio (Sistema del río Cojedes, Venezuela) durante el período de muestreo. Las localidades al norte incluyen al río Claro, Toma Cojedes y Retajao. Las del sur son las ubicadas desde Puente Nuevo (Lagunitas-El Amparo) hasta Sucre (ver Fig. 1).**

El oxígeno disuelto (OD) fue el único parámetro medido en todas las muestras. En el Cuadro 1 aparece también la concentración de OD como porcentaje de los valores de saturación, ya que la solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura. Los valores de OD más altos se obtuvieron en ríos fuera del área de estudio, en el río Guanare (7,6 mg/l) y en el río Claro o Tucuragua (8,8 mg/l). Incluso el valor de OD en un tercer río fuera del área de estudio, el río Portuguesa, con 5,8 mg/l, fue más alto que el de la mayoría de las muestras dentro SRC.

Cuadro 1. Análisis de calidad de agua en el Sistema del río Cojedes, Venezuela en 1997.

Lugar	Fecha	Hora (h)	Temperatura agua/aire °C	Amonio Nitrógeno mg/l	Dióxido de carbono mg/l	Oxígeno mg/l	%S	Dureza Total mg/l	Nitrato NO <sub>3</sub> -N mg/l
Río Guanare	21 Ene.	0830	----	ND	1	7.6	---	---	<0.2
Río Portuguesa	24 Ene.	0800	----	ND	4	5.8	---	72	<0.2
Río Tucuragua	3 Mar.	1700	27,7/----	ND	3	8.4	133,1	130	<0,2
Cojedes Norte	3 Mar.	1755	27,1/----	0,25	17	4,0	63,0	308	0,6
Toma Cojedes	23 Ene.	0900	----	0,5-1	10	4,0	---	268	0,6
Toma Cojedes	15 Feb.	2100	26,0/----	----	-	2,2	33,3	--	---
Toma Cojedes	16 Feb.	2100	24,6/----	0,25	17	3,0	42,9	268	---
Toma Cojedes	16 Feb.	2110	24,5/----	ND	16	3,4	48,4	284	---
Toma Cojedes	16 Feb.	2045	25,0/----	0-0,25	17	2,2	32,0	--	0,2
Toma Cojedes	21 Feb.	1205	26,0/----	0-0,25	-	4,2	63,2	276	---
Toma Cojedes	3 Mar.	2110	26,0/24,4	ND	16	3,8	57,3	300	0,6
Toma Cojedes	4 Mar.	0700	23,9/20,4	ND	14	4,2	58,4	284	0,6-1
Toma Cojedes	22 Mar	1155	27,3/31,4	0-0,25	12	4,0	63,5	292	0,6-1
Toma Cojedes	20 Abr.	1428	27,5/----	0,25	-	0,4	6,4	--	<0,2
Toma Cojedes	1 May	1330	30,0/34,1	ND	14	4,4	78,6	300	0,4-0,6
Retajao	17 Feb.	1924	25,4/----	0,25-0,5	16	5,0	73,3	332	---
Retajao	4 Mar.	0845	24,9/24,9	ND	11	5,8	83,2	304	>1
La Doncella	28 Abr.	1730	----	-----	-	4,4	---	---	---
Puente Nuevo	5 Mar.	1733	31,7/35,8	ND	13	6,4	123,1	310	1,0
Puente Nuevo	6 Mar.	0840	23,8/25,8	ND	7	5,8	79,9	300	0,4-0,6

Cuadro 1. Continuación.

Lugar	Fecha	Hora (h)	Temperatura agua/aire °C	Amonio Nitrogeno mg/l	Dióxido de carbono mg/l	Oxígeno mg/l	%S	Dureza Total mg/l	Nitrato NO <sub>3</sub> -N mg/l
Puente Nuevo	12 Mar	0830	27,1/26,1	ND	7	5,8	90,8	308	1,0
Puente Nuevo	17 Apr	1316	30,5/38,0	ND	18	4,4	80,5	340	>1
Puente Nuevo	25 Abr.	1800	30,8/33,9	----	-	4,9	90,8	--	---
La Batea	13 Feb.	0700	27,3/----	ND	8	5,4	85,3	264	1,0
La Batea	15 Feb.	---	27,0/----	ND	10	6,0	93,4	248	0,2
La Batea	15 Feb.	---	27,0/----	ND	9	6,0	93,4	244	0,3
La Batea	16 Abr.	2207	29,3/23,2	ND	15	2,0	34,8	360	0,2-0,4
Merecure	10 Mar	---	28,5/28,1	----	--	5,4	89,8	268	0,2
Merecure	26 Abr.	1130	29,1/33,8	ND	9	5,6	95,6	260	0,2-0,4
Merecure	30 Abr.	---	30,3/36,1	ND	7	6,0	108,0	284	0,2-0,4
Sucre	18 Abr.	1050	29,5/----	ND	-	1,0	17,6	280	<0,2
Sucre	18 Abr.	1410	----	ND	-	0,6	---	---	--
Sucre	19 Abr.	1045	28,8/28,5	ND	10	5,2	87,6	292	0,2
Sucre	20 Abr.	0820	----	ND	-	6,8	---	---	---

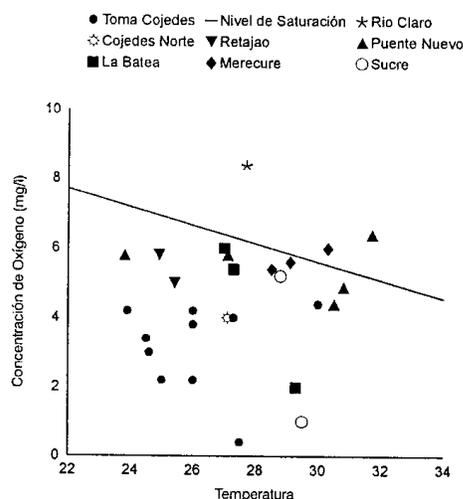
ND: No-detectable. Los valores del pH siempre estuvieron entre 7 y 8. Los niveles de fosfatos estuvieron por debajo de 0,2 mg/l en todas las determinaciones. Los ríos Guanare, Portuguesa y Claro (Tucuragua) sirvieron de control.

Los niveles de OD fueron bajos y muy fluctuantes en la parte norte del área de estudio en Cojedes Norte y Toma Cojedes. El OD de esos sectores nunca excedió 4,4 mg/l y generalmente estuvo muy por debajo de los valores de saturación (Cuadro 1, Fig. 3). Los valores más bajos de OD en dichas áreas se obtuvieron entre varias horas y hasta dos o tres días después de las lluvias caídas en las cabeceras. La disminución en la concentración de oxígeno en los ríos después de las lluvias es un fenómeno bien conocido (Horne y Golman 1994). En contraste con la situación en el norte, los niveles de OD al sur de Toma Cojedes estuvieron generalmente por encima de 4,4 mg/l. Las únicas ocasiones cuando se midieron niveles inferiores ocurrieron el 16 de abril en el sector La Batea (2,0 mg/l) y el 18 de abril en Sucre (1 y 0,6 mg/l). La caída en los niveles de OD en esas dos oportunidades fue la causa probable de la mortalidad masiva de peces, como se mostrará más adelante. Los análisis de OD obtenidos en este estudio se asemejaron, en términos generales a los de Campo y Rodríguez (1997).

La dureza, la cual es una medida de la concentración de cationes en el agua, particularmente calcio y magnesio, alcanzó sus niveles más bajos en los ríos fuera del área de estudio. Una vez más estos resultados se asemejan a los señalados por Campo y Rodríguez (1997).

Niveles detectables de amonio-nitrógeno se obtuvieron solamente en las localidades al norte del área de estudio.

El valor más alto (en el intervalo de 0,5 a 1 mg/l) fue obtenido el 23 de enero en Toma Cojedes. Otros niveles relativamente altos (0,25-0,5 mg/l) fueron medidos en Retajao el 17 de febrero. El dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) se midió en altas concentraciones en las localidades al norte del área de estudio (Cojedes Norte, Toma Cojedes y Retajao). Los niveles de CO<sub>2</sub> alcanzaron sus niveles más bajos en los ríos Guanare, Portuguesa y Claro o Tucuragua (menos de 4 mg/l). Amonio-nitrógeno y CO<sub>2</sub> no fueron medidos por Campo y Rodríguez (1997).



**Fig. 3. Concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en muestras de agua del Sistema del río Cojedes, Venezuela. En la mayor parte de las muestras el OD estuvo por debajo del nivel de saturación para el agua pura a esa temperatura, representada por la línea sólida. Río Claro (\*) es un río de aguas limpias, afluente del propio Cojedes.**

El análisis conjunto de los datos de este estudio con los reportados por Campo y Rodríguez (1997) mostró que hay correlaciones (tanto positivas como negativas) entre parámetros (Cuadro 2). Una explicación fisico-química detallada de estas correlaciones está fuera del alcance del presente estudio. Es suficiente señalar que ellas ayudan a comprender e interpretar el patrón de cambios entre localidades. Las aguas no contaminadas o no eutrofizadas tienden a tener altos niveles de OD (cerca o por encima de sus niveles de saturación) y bajos valores de concentración de CO<sub>2</sub>, nitrito, nitratos, fosfatos, dureza, coliformes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO)(Fig. 4).

Las correlaciones de OD con dureza, sólidos disueltos totales (SDT), nitritos, fosfatos y CO<sub>2</sub> (todas ellas negativas y estadísticamente significativas al  $\alpha=0,01$ ) se muestran en la Figura 4 (a, b y c). La correlación entre CO<sub>2</sub> y dureza (Fig. 4d) fue altamente significativa ( $r=0,743$ ;  $P<0,001$ ), así como entre fosfatos y coliformes totales ( $r=0,679$ ;  $P=0,001$ ) y entre DBO y coliformes totales ( $r=0,973$ ;  $P<0,001$ )(Fig. 4 e y f).

Los parámetros de calidad de agua cambiaron en dirección norte-sur (aguas abajo) (Fig. 5). Las barras 'Ríos Fuera' de dicha figura incluyen a las muestras de ríos relativamente limpios ubicados fuera del área de estudio: el Guanare, el Portuguesa y el Claro. El río Turbio, que es como el Cojedes es denominado en sus cabeceras, posee las aguas más

contaminadas, con los niveles de OD más bajos y los valores relativos más altos de los otros parámetros.

Las concentraciones de fosfatos determinadas por Campo y Rodríguez (1997) en el río Turbio estuvieron cercanas a las consideradas típicas de efluentes con tratamiento secundario (5 a 8 mg/l; Horne y Golman 1994). Similarmente, la DBO del río Turbio medida por esos autores estuvo cercana, e incluso algunas veces por encima, de valores típicos de aguas cloacales (200 mg/l, Laws 1993). La calidad del agua mejoró un poco aguas abajo en Cojedes Norte, aunque ésta fue principalmente muestreada después de su confluencia con el río Claro (o Tucuragua), uno de los ríos de aguas limpias mencionados anteriormente.

La calidad del agua se deterioró nuevamente en Retajao, aguas abajo de los poblados de Cojeditos y Apartaderos, para mostrar nuevamente algunos signos de recuperación en Caño-Amarillo (es decir, niveles de OD relativamente altos, y bajos niveles de nitrito, nitratos y fosfatos).

En las localidades más al sur se observaron nuevamente algunos signos de deterioro (altos valores de DQO y dureza), los cuales podrían ser consecuencia de las descargas cloacales de los poblados de Sucre y El Baúl. La mayor parte de las muestras (88,2%) tomadas por Campo y Rodríguez (1997) en el río Cojedes, excedieron los niveles de coliformes fecales y coliformes totales permitidos para el uso de las

Cuadro 2. Correlaciones entre parámetros de calidad de agua en el Sistema del río Cojedes. Para cada par de variables el valor superior es el coeficiente de correlación de Pearson. El valor inferior representa la probabilidad  $\text{Prob.} > |R|$  bajo la  $H_0: \text{Rho} = 0$ . El número de observaciones aparece entre paréntesis en la fila que identifica a las variables. Datos de Campo y Rodríguez (1997) y el presente estudio. \* Significativo; \*\* altamente significativo

	T (71)	STD (43)	OD (74)	Dureza (64)	$\text{NO}_2$ (43)	$\text{NO}_3$ (43)	$\text{PO}_4$ (41)	DBO (31)	DQO (32)	CT (34)	ST (37)	Deterg. (36)	$\text{CO}_2$ (25)
PH	0,36*	0,07	0,25	0,05	0,02	-0,10	0,06	0,04	-0,30	0,10	0,04	0,10	
Temperatura (T)	0,03	0,69	0,16	0,79	0,90	0,55	0,73	0,86	0,14	0,61	0,83	0,61	-0,13
Sólidos disueltos totales (SDT)		0,59**	-0,18	0,42**	-0,10	0,04	0,33	0,36	0,14	0,12	0,07	-0,02	0,57
Oxígeno disuelto (OD)		<0,01	0,16	<0,01	0,55	0,77	0,06	0,07	0,49	0,55	0,74	0,94	
Dureza			-0,53**	0,79**	0,38*	0,61**	0,74**	0,60**	-0,01	0,50**	0,52**	0,19	
Nitritos ( $\text{NO}_2$ )			<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,97	0,01	<0,01	0,35	-0,82**
Nitratos ( $\text{NO}_3$ )				-0,57**	-0,34	-0,14	-0,56**	-0,38	-0,23	-0,35	-0,17	-0,32	<0,01
Fosfatos ( $\text{PO}_4$ )				<0,01	0,05	0,28	<0,01	0,07	0,27	0,08	0,39	0,10	0,74**
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)					0,31	0,32*	0,48**	0,36	-0,14	0,30	0,42*	0,19	<0,01
Demanda química de oxígeno (DQO)					0,08	0,02	<0,01	0,09	0,51	0,14	0,03	0,36	<0,01
Coliformes totales (CT)						0,72**	0,64**	0,29	0,18	0,36	0,75**	0,72**	
Sólidos totales (ST)						<0,01	<0,01	0,18	0,40	0,07	<0,01	<0,01	0,40
									0,13	0,20	0,43*	0,68**	0,06
									0,54	0,32	0,02	<0,01	0,06
									0,22	0,68**	0,66**	0,73**	
									0,28	<0,01	<0,01	<0,01	
									0,39	0,97**	0,54**	0,43	
									0,06	<0,01	<0,01	0,04	
									0,26	0,06	0,15	0,483	
									0,217	0,790	0,790	0,483	
													0,52**
													0,01
													0,64**

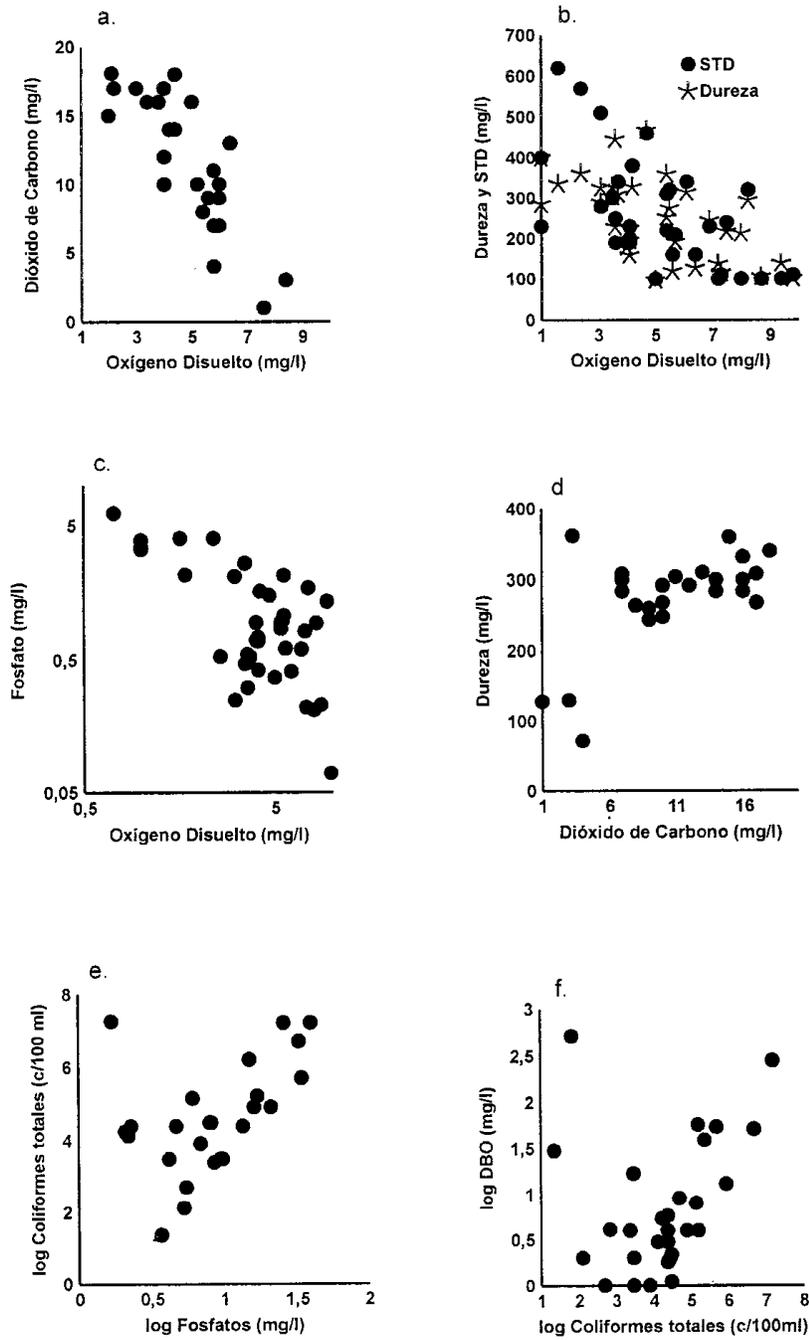


Fig. 4. Relación entre parámetros de calidad ambiental en el Sistema del río Cojedes, Venezuela. En el gráfico b, STD significa, sólidos totales disueltos

aguas con fines recreacionales, 200 y 1.000 c/100 ml, respectivamente (Parra-Pardi 1974, COPLANARH 1976, Venezuela 1995). Incluso los requerimientos para usos no tan restrictivos tales como irrigación y cultivo de peces (5.000 y 1.000 c/100 ml), fueron excedidos en 76,5% de las muestras.

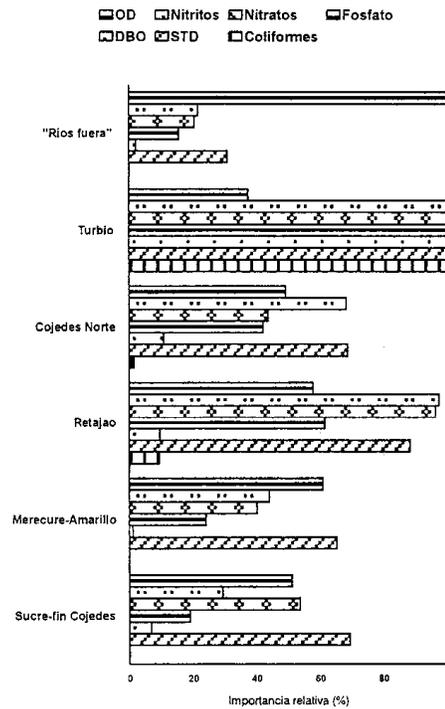


Fig. 5. Variación en parámetros que describen calidad de agua en algunos ríos de los llanos de Venezuela. "Ríos Fuera" se refiere a ríos externos al área de estudio, entre los cuales se encuentra el Guanare, el Portuguesa y el río Claro. Las otras localidades están ordenadas de norte a sur (o aguas abajo). OD, oxígeno disuelto; DBO, demanda bioquímica de oxígeno; SDT, sólidos disueltos totales

La concentración de algunos parámetros decreció con el incremento de la descarga del río (Fig. 6). Este fenómeno es probablemente debido a un efecto de dilución, el cual es típico de muchos ríos (Parra-Pardi 1974, Depretis y Paolini 1991, Martins y Probst 1991, Trihadiningrum *et al.* 1996). La escasez de datos no permitió profundizar en este aspecto.

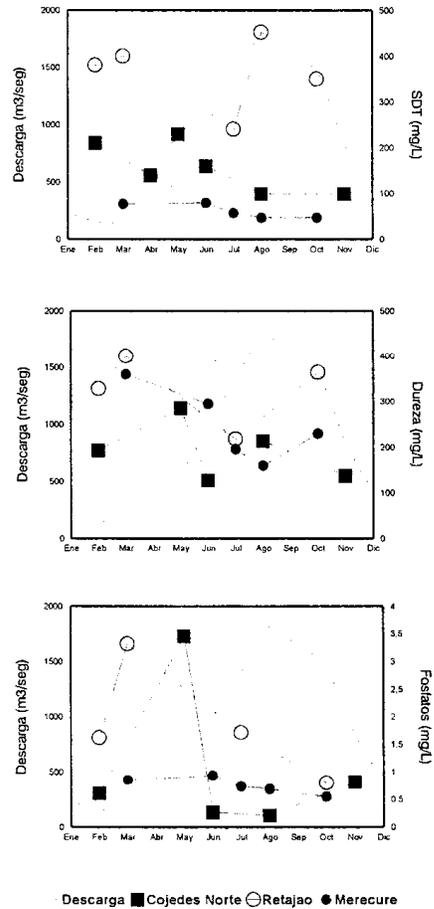


Fig. 6. Variación en sólidos disueltos (STD), dureza total y fosfatos en relación con la descarga del río en algunos sectores del Sistema el río Cojedes, Venezuela

### Mortandad de Peces

El martes 16 de abril de 1997, se observó una masiva mortandad de peces en el sector La Batea de Caño de Agua Sur. Todos los peces estaban en avanzado estado de putrefacción, lo que indicaba que la mortandad había ocurrido 24 a 48 horas antes. Los niveles de OD de las aguas resultaron ser muy bajos (2 mg/l), lo cual sugería que la anoxia fue la causa próxima de la muerte de los peces. El día siguiente (miércoles 17 de abril) las muestras tomadas 20 km aguas arriba de La Batea, en el sector Puente Nuevo de Caño de Agua Norte, los niveles de OD fueron de sólo 4,4 mg/l, los más bajos obtenidos en ese lugar durante el estudio. En este último sitio, no se observaron indicios de haber ocurrido alguna mortandad de peces o, quizás, los peces muertos ya habían desaparecido por completo. El 18 de abril (jueves), mientras se trabajaba unos 40 km aguas abajo de La Batea, en el sector Sucre, se inició una mortandad masiva de peces. Se tomaron muestras de agua inmediatamente (1030 h), que mostraron niveles de oxígeno muy bajos (1 mg/l). Unas pocas horas más tarde (1410 h) los niveles de OD habían caído hasta 0,6 mg/l.

Con la excepción de unos pocos Characiformes, todos los peces colectados mientras morían pertenecían a las familias Loricariidae, Pimelodidae, Potamotrygonidae y Rhamphichthyidae (Cuadro 3). Se observaron y colectaron también camarones y cangrejos moribundos. Los pescadores del poblado de Sucre colectaron muchos de los peces

moribundos, en particular los grandes bagres *Pseudoplatystoma*. Decenas (quizás centenares) de estos peces fueron salados para ser vendidos en el mercado.

Cuando se exploró aguas arriba al atardecer, muchos peces muertos de la familia Characidae (*Mylossoma duriventre* y *Triportheus angulatus*) y Anostomidae (*Leporinus sp*) también fueron observados, aunque en estado de putrefacción más avanzado.

El 19 de abril (viernes) se viajó 3 km aguas abajo de Sucre para remontar unos 12 km por el Caño La Culebra, uno de los brazos del río Cojedes. Allí también se encontraron peces muertos, pero el estado de putrefacción de éstos sugería que allí la mortandad había ocurrido antes que en el sector Sucre.

Al día siguiente (sábado 20 de abril) se tomaron muestras de agua en Toma Cojedes al norte del área de estudio. Los niveles de OD en el agua fueron de 0,4 mg/l, los menores jamás obtenidos en este estudio. De acuerdo con uno de los encargados de operar la presa en Toma Cojedes (señor Pedro Rojas), el agua del río había comenzado a cambiar su apariencia (color oscuro y mal olor) una semana antes. En ese momento, él decidió cerrar la esclusa que desvía el agua hacia Las Majaguas y, consecuentemente, permitió a toda ella fluir hacia El Cojedes-Caño de Agua. Los cambios en la calidad del agua fueron disparados por fuertes lluvias caídas hacia las cabeceras de la cuenca.

**Cuadro 3. Organismos muertos, debido a bajos niveles de oxígeno en el agua el 18 de abril de 1997 en el río Cojedes, cerca de Sucre, Venezuela. La clasificación de los peces se basa en Taphorn *et al.* 1997.**

Grupo taxo	Orden	Familia	Especie		
Peces	Myliobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon orbignya</i>		
	Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus sp</i>		
		Characidae		<i>Pygocentrus cariba</i> <i>Triportheus angulatus</i> <i>Mylossoma duriventre</i> <i>Cynopotamus bipunctatus</i>	
			Gymnotiformes	Rhamphichthyidae	<i>Rhamphichthys marmoratus</i>
	Siluriformes		Auchenipteridae	<i>Parauchenipterus galeatus</i>	
		Doradidae		<i>Agamyxis albomaculatus</i> <i>Orinocodoras eigenmanni</i>	
			Loricariidae		<i>Loricaria cataphracta</i> <i>Lasiancistrus sp</i> <i>Panaque maccus</i> <i>Hypostomus sp</i>
		Pimelodidae			<i>Pimelodella spp</i> <i>Pimelodus blochi</i> <i>Platysilurus barbatus</i> <i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> <i>Zungaro zungaro</i>
				Crustáceos	

La mortandad de peces es un fenómeno común en el río Cojedes que ocurre de manera irregular durante el año (Ayarzagüena 1987, Coromoto Ramírez y Pedro Rojas, com pers.). Éstas ya fueron reportadas por primera vez a finales de los años 70 (Godshalk 1978). Ellas parecen ocurrir con más frecuencia al comienzo de la estación lluviosa. Una de las personas que realizaba labores de mantenimiento del río por encargo del

Gobierno Nacional informó de cuatro de esos eventos entre el 26 de abril y el 12 de junio de 1990 (Coromoto Ramírez, com. pers.). González-Fernández (1995) fue también testigo de uno de estos eventos en La Batea, el 29 de mayo de 1994, justamente después de las primeras lluvias fuertes de ese año. No obstante, Campo y Rodríguez (1997) observaron este fenómeno entre el 17 y 19 de marzo de 1992, época de máxima sequía en la

zona y coincidente con un bajo nivel de OD (1 mg/l) medido en la primera de estas fechas.

### Biocidas

Para este estudio, no se realizaron análisis de biocidas. Campo y Rodríguez (1997), reportaron resultados en este aspecto, los cuales se resumen aquí. Desde 1991 hasta 1993, estos autores analizaron 36 muestras de agua. Veinticinco de ellas (69,4%) mostraron niveles detectables de al menos un biocida. El compuesto encontrado con más frecuencia resulto ser DDT o sus metabolitos (especialmente p, p'-DDE), pero epóxido de heptacloro, lindano, aldrin y dieldrin fueron también detectados. Los niveles de aldrin (tres veces), dieldrin y heptacloro (una vez cada uno) alcanzaron los niveles críticos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA).

El biocida p,p'-DDE fue el único que se detectó para cada una de las estaciones de muestro establecidas por Campo y Rodríguez (1997) (Fig.7). Los niveles de biocidas más altos se encontraron en el río Turbio, cerca de la ciudad de Barquisimeto, y en Retajao. Los menores valores se obtuvieron en río Claro, el cual es considerado un río limpio, sin ninguna ciudad o centro industrial de importancia en su cuenca. Las muestras del Cojedes Norte fueron tomadas unos 100 m aguas abajo de la confluencia del río Claro con el río Cojedes, lo cual podría explicar los niveles relativamente bajos de biocidas en dicha localidad.

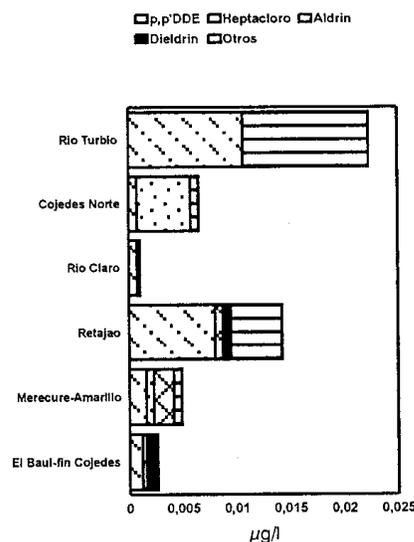


Fig. 7. Niveles medios de biocidas en muestras de agua de distintas secciones del Sistema del río Cojedes, Venezuela. Gráfico realizado a partir de datos en Campo y Rodríguez (1997)

## DISCUSIÓN

### Calidad de Agua

En términos de su calidad de agua, el SRC contrasta grandemente con algunos ríos de la región de origen y características similares. Esas diferencias son causadas por las descargas de efluentes y otros contaminantes en fuentes puntuales de pueblos y ciudades a lo largo de su curso, las cuales se combinan con descargas dispersas y difusas de aguas cargadas con agroquímicos provenientes de campos agrícolas alrededor del río.

Barquisimeto, una de las ciudades más grandes de Venezuela, se encuentra en las cabeceras del río Cojedes, donde

es llamado río Turbio. Todos los parámetros de calidad de agua medidos por Campo y Rodríguez (1997) en el río Turbio (ver también a Mogollón *et al.* 1987) indican un alto grado de contaminación, con bajos niveles de OD y altos niveles de todos los parámetros indicadores de polución y eutroficación. Aguas abajo, el río muestra signos de recuperación, pero descargas difusas y puntuales frecuentes interrumpen esta recuperación.

El oxígeno es probablemente el parámetro más medido en estudios de calidad de agua. Esto se debe al importante papel que juega este elemento en el metabolismo de la mayoría de los organismos acuáticos (Wetzel 1975, Cole 1983). La concentración de oxígeno disuelto en el agua depende de muchos factores, entre estos: temperatura, presencia de sales disueltas y la actividad biológica. Aunque la temperatura pudiera explicar parcialmente las diferencias en OD medidas a lo largo del SRC, la mayor parte de la variación debe ser atribuida a diferencias en la actividad biológica, que es afectada por el influjo de nutrientes (Kadlec y Knight 1996), particularmente de compuestos nitrogenados. De acuerdo con los datos de Campo y Rodríguez (1997), la DBO, una medida que determina la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias aeróbicas para estabilizar la materia orgánica descomponible en el agua, frecuentemente excedió los niveles de calidad del agua limpia (4 mg/l) o incluso los de las aguas utilizables para la pesca deportiva (6 mg/l) (Maitland 1990,

Trihadiningrum *et al.* 1996). El agotamiento de oxígeno puede ocasionar mortandad de peces (como se observó en este estudio), lo cual provoca la acumulación de productos secundarios de la descomposición anaeróbica, y el incremento de la solubilidad en algunos iones metálicos como  $Fe^{+2}$  y  $Mn^{+2}$  (Laws 1993, Mitsch y Gosselink 1993).

Las concentraciones de  $O_2$  y  $CO_2$  en las aguas usualmente están inversamente relacionadas, debido a las actividades fotosintéticas y respiratorias de la biota (Hynes 1970). La actividad fotosintética en el SRC, sin embargo, debe estar bastante limitada debido a la falta de macrofitas acuáticas, la turbidez del agua y, en la parte sur del área de estudio, el sombreado del río por los árboles.

El fósforo es un nutriente requerido por los organismos para crecer. La captura más rápida del fósforo la realiza la microbiota (bacterias, hongos, algas, microinvertebrados; Kadlec y Knight 1996). El fósforo frecuentemente limita la productividad vegetal (Mitsch y Gosselink 1993, Kadlec y Knight 1996) pero, debido a la turbidez del agua y a la aparente falta de macrofitas sumergidas y, presumiblemente, de otros organismos autótrofos en el SRC, la fotosíntesis debería tener un impacto muy limitado en la recuperación de los niveles de OD en sus aguas.

La correlación negativa de OD con STD y dureza, podría explicarse por la menor solubilidad del oxígeno en agua con presencia de sales y por el hecho de que STD y dureza se encuentran en

niveles altos en las aguas servidas, en conjunto con nutrimentos que favorecen la proliferación de microorganismos consumidores de oxígeno. La dureza del agua en los ríos depende de las concentraciones de magnesio y calcio en rocas y suelos por donde ésta fluye y también del contacto del agua con estas rocas, suelos y fuentes de contaminación (Kadlec y Knight 1996). En la mayor parte de los ríos, la dureza parece incrementarse aguas abajo (Hynes 1970, Becker y Neitzel 1992). Este patrón parece revertirse en el SRC debido a que la mayor parte de las actividades humanas en la cuenca se concentran principalmente en las cabeceras (Mogollón *et al.* 1987).

La relación entre la DBO y los coliformes era de esperarse, ya que la DBO es una medida del consumo de oxígeno por microorganismos durante la oxidación de materia orgánica. Algunas de las otras correlaciones (por ejemplo fosfatos y coliformes totales, Fig.4e y f) podrían ser parcialmente explicadas por el hecho de que un proceso común, por ejemplo, escorrentía por lluvias, controla sus concentraciones.

#### **Caimanes y sus recursos alimentarios**

El factor inmediato que parece explicar la mortandad masiva de peces y otros organismos acuáticos en el SRC es el agotamiento de oxígeno en las aguas. Niveles de OD por debajo de los 3 mg/l son considerados generalmente como estresantes o incluso letales para la mayoría de los vertebrados acuáticos, en particular para peces de climas

templados. Ese umbral podría ser menor para peces tropicales (Lind 1974, Val y de Almeida-Val 1995). La causa fundamental de la muerte masiva de peces es la descarga de efluentes provenientes de ciudades, industrias y áreas de actividad agrícola. Como ha sido señalado por Laws (1993), las mortandades de peces son probablemente los resultados más dramáticos del agotamiento del oxígeno en las aguas asociados con la eutroficación. Aquellos sectores del río más cercanos a fuentes puntuales de contaminación deberían ser los sometidos a mayor estrés, como lo indican sus bajos niveles de OD. Los efectos de las descargas pueden ser sentidos muy lejos de las fuentes puntuales, como se evidencia con la mortandad de peces descrita en este estudio. Sucre, el sitio donde se detectó este fenómeno, se encuentra unos 60 km aguas abajo de Cojeditos, el más cercano de los sitios conocidos de descargas de desechos. En este caso, la descarga pudo haberse originado incluso muchos kilómetros más arriba de Toma Cojedes.

La mayor parte de los peces que se colectaron moribundos en Sucre el 18 de abril de 1997, son especies de nado lento, pertenecientes al grupo definido por Machado-Allison (1987) como habitantes del fondo. Esto podría indicar que el agotamiento del oxígeno es más severo cerca del fondo del río, que en la superficie, lugar donde las muestras fueron tomadas.

Los peces constituyen uno de los renglones fundamentales en la dieta del caimán del Orinoco en el río Cojedes

(Seijas 1998) Es posible que los caimanes se alimenten de los peces moribundos o recién muertos. En este sentido la mortandad de peces pudiera significar una súbita fuente de alimento en superabundancia por un plazo muy corto. Pero es poco probable que este tipo de eventos signifique algún tipo de ventaja para los caimanes a largo plazo. En las áreas del río sujetas a un estrés permanente, como ocurre en el Cojedes Norte, muchas especies de peces y crustáceos deben haber desaparecido debido a los crónicos bajos niveles de oxígeno, lo cual disminuye la diversidad de presas para el caimán. La poca información disponible (Seijas 1998) indica que el crecimiento de los caimanes en el SRC es muy lento, comparado con lo que ocurre con individuos de esta especie en el caño Guaritico del estado Apure (Chávez 2000). Dichas diferencias pueden deberse a una pobre oferta de alimento (tanto en cantidad como en variedad) del SRC con respecto al caño Guaritico.

#### **Biocidas y reproducción del caimán**

Todos los biocidas que fueron encontrados en las muestras del SRC por Campo y Rodríguez (1997) han sido señaladas como causantes de efectos nocivos en los sistemas neurológico, reproductivo y endocrino tanto de humanos como en la fauna silvestre (Colborn *et al.* 1993, Alvarado y Pérez 1998). La exposición a biocidas, en particular a aquellos denominados contaminantes endocrino-perturbadores (CEP), han sido asociados con baja

fertilidad, decrecimiento en tasas de eclosión, desmasculinización y feminización de machos y alteración del sistema inmunológico de una amplia variedad de organismos (Blus *et al.* 1974, Colborn *et al.* 1993, Mason 1995). El CEP más frecuentemente encontrado en las aguas del SRC fue p,p'-DDE, el cual ha sido ligado al desarrollo de anomalías y baja tasa de reclutamiento en *Alligator mississippiensis* en un lago de la Florida (EE.UU.) (Heinz *et al.* 1991, Guillette 1995, Guillette *et al.* 1994, Guillette *et al.* 1996). Se desconoce hasta que punto las relativas altas concentraciones de CEP en el SRC afectan la supervivencia de los caimanes del Orinoco.

Aunque la concentración de biocidas en diferentes partes de SRC fue variable (Fig. 7), la persistencia prolongada de muchos de ellos; el hecho de que estos se acumulen en los tejidos grasos de los organismos (Carrillo 1983, Alvarado y Pérez 1998) y, por último, a que estos biocidas se concentren (bioacumulación) a medida que se ascienda por la trama trófica (Laws 1993, Hendriks 1995) convierte a los caimanes en animales particularmente vulnerables a sus efectos. Por otra parte, las secuelas a largo plazo de los compuestos tóxicos sobre los animales silvestres son mucho más difíciles de detectar que los impactos a corto plazo (Hendriks 1995), como por ejemplo el agotamiento del oxígeno.

La información disponible indica que la calidad del agua del SRC ha sido altamente impactada por las actividades

humanas. Contrario a lo que sucede con muchos sistemas de ríos, el SRC está más afectado en las inmediaciones de sus cabeceras que cerca de su desembocadura. Algunas secciones del río, particularmente aquellas aledañas a importantes centros poblados, están bajo un estrés permanente. Los efectos de fuertes descargas de aguas contaminadas pueden ser sentidos muchos kilómetros aguas abajo del punto de descarga. El impacto que la eutroficación y contaminación en general del SRC ha tenido sobre su fauna silvestre, y en especial sobre animales en el tope de la cadena trófica como los caimanes, debe ser evaluado. Entre los efectos, directos e indirectos, que el deterioro de la calidad del agua en el SRC pudiera tener sobre los caimanes, se encuentran: (a) Cambios en la cantidad y calidad del alimento disponible, (b) incremento en el riesgo de enfermedades contagiosas, (c) disminución del éxito reproductivo. Es irónico que la población conocida más importante del caimán del Orinoco (Seijas y Chávez 2000) se encuentre en un río contaminado y degradado como Cojedes, mientras que la especie está ausente en muchos ríos de los llanos más alejados de la influencia humana y con hábitat presumiblemente intactos.

#### AGRADECIMIENTOS

El trabajo de campo de A. E. Seijas fue financiado por la Wildlife Conservation Society (WCS) y avalado por la UNELLEZ. Los análisis llevados a cabo por M. Campos y E. Rodríguez fueron financiados por el MARN. Carlos

Chávez apoyó el trabajo de campo. Varios revisores anónimos contribuyeron a mejorar la redacción del documento final. A todas estas instituciones y personas, muchas gracias.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alvarado, Y. y Pérez, C. A.. 1998. El uso de biocidas: un problema ambiental. *Interciencia* 23(1):20-25.
- Ayarzagüena, J. 1987. Conservación del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en Venezuela. Parte I. Río Cojedes. FUDENA, WWF-US, Proyecto 6078.
- Becker, C. D. and Neitzel, D. A. (eds.). 1992. Water quality in North American rivers systems. Battelle Press, Columbus, OH.
- Blus, L. J., Neely, Jr. B. S., Belisle, A. A. and Prouty, R. M. 1974. Organochlorine residues in brown pelican eggs: relation to reproductive success. *Environ. Pollut.* 7:81-91.
- Campo, M. y Rodríguez, E.. 1997. Evaluación de la calidad del ambiente acuático del río Cojedes. (PT) Serie Informes Técnicos PROFAUNA/IT/15. ISBN-980-04-1132-6.
- Carrillo, R. J. 1983. Evaluación de la polución de origen agrícola en las cuencas de los ríos Apure, Guanare y Portuguesa en 1981 (Estudio preliminar). Proyecto MARNR-PAIRHZON/INOS/USB-INTECMAR.

- Chávez, C. 2000. Conservación de las poblaciones del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en Venezuela. Informe Profauna-Corpovent, MARN, Caracas.
- Colborn, T., vom Saal, F. S., and Soto, A. M. 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and Humans. *Environmental Health Perspectives* 101(5): 378-384.
- Cole, G.A. 1983. Textbook of limnology. The C. V. Mosby Company. St. Louis.
- COPLANARH. 1976. Criterios para la clasificación legal y control de calidad de las aguas. Pub. No. 46. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Caracas, Venezuela.
- Depretis, P. J., and Paolini, J. E.. 1991. Biochemical aspects of South American rivers: The Paraná and the Orinoco. Pp. 105- 125. *In* E. T. Degends, S. Kempe, and J. E. Richey (eds.) Biogeochemistry of major world rivers. John Wiley & Sons, Chichester. UK.
- Godshalk, R. 1978. El caimán del Orinoco, *Crocodylus intermedius*, en los llanos Occidentales de Venezuela con observaciones sobre su distribución en Venezuela y recomendaciones para su conservación. FUDENA, Caracas, 58 pp.
- González-Fernández, M. 1995. Reproducción del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en el río Cojedes: Propuesta para su conservación. Manuscrito sin publicar. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales 'Ezequiel Zamora' (UNELLEZ). Guanare.
- Guillette, L. J., Jr. 1995. Endocrine disrupting environmental contaminants and developmental abnormalities in embryos. *Human and Ecological Risk Assessment* 1(2):25-36.
- Guillette, L. J. Jr., Gross, T. S., Masson, G. R., Matter, J. M., Percival, H. F. and Woodward, A. 1994. Developmental abnormalities of the gonad and abnormal sex hormone concentrations in juvenile Alligators from contaminated and control lakes in Florida. *Environmental Health Perspectives* 102(8):679-688.
- Guillette, L. J. Jr., Pickford, D. B., Crain, D. A., Rooney, A. A. and H. F. Percival. 1996. Reduction of penis size and plasma testosterone concentration in juvenile alligators living in a contaminated environment. *General and Comparative Endocrinology* 101:32-42.
- Heinz, G. H., Percival, H. F. and Jennings, M. L. 1991. Contaminants in the American alligator eggs from Lake Apopka, Lake Griffin, and Lake Okeechobee, Florida. *Environmental Monitoring and Assessment* 16:277-285.
- Hendriks, A. J. 1995. Bioaccumulation of pollutants and its consequences. Pp. 175-180. *In* D. M Harper and A. J. D. Ferguson (eds.), *The ecological basis for river management*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. UK.

- Horne, A. J., and Goldman, C. R. 1994. Limnology. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Toronto.
- Kadlec, R. H., and Knight, R. L. 1996. Treatment wetlands. CRC Lewis Publishers, Boca Raton.
- Laws, E. A. 1993. Aquatic pollution. An introductory text. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lind, O. T. 1974. Handbook of common methods in limnology. The C. V. Mosby Company, Saint Louis.
- Machado-Allison, A. 1987. Los peces de los llanos de Venezuela. Un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas.
- Maitland, P. S. 1990. Biology of fresh waters. Chapman and Hall. New York.
- MARNR, (1995). Balance ambiental de Venezuela 1994-1995. Centro de Información y Estadísticas Ambientales. DGSIA, MARNR, Caracas.
- Martins, O., and Probst, J. 1991. Biogeochemistry of major African rivers: Carbon and mineral transport. Pp.127-155. In E. T. Degens, S. Kempe, and J. E. Richey (eds.), Biogeochemistry of major world rivers. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Mason, C. F. 1995. River management and mammal populations. Pp. 289-305. In D. M. Harper and A. J. D. Ferguson (eds.), The ecological basis for river management. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.
- Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Mogollón, J., Colina, J. B, y Bifano, C. 1987. Geoquímica de la contaminación de dos cuencas hidrográficas de Venezuela. Interciencia 12(2):70-78.
- Parra-Pardi, G. 1974. Estudio sanitario integral del Río Yaracuy. Pub. No. 74-01, Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental, MSAS, Caracas, Venezuela.
- Petts, G., and Calows, P. 1996. River restoration. Blackwell Science. Oxford.
- Seijas, A. E. 1998. The Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in the Cojedes River System, Venezuela. Population status and ecological characteristics. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- Seijas, A. E. y Chávez, C.. 2000. Population status of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in the Cojedes River System, Venezuela. Biological Conservation 94(2000):353-361.
- Taphorn, D., Royero, R., Machado-Allison, A. y Mago-Leccia, F. 1997. Lista actualizada de los peces de agua dulce de Venezuela. En: Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela. E. La Marca (ed.). Mérida, Venezuela.
- Trihadiningrum, Y., De Pauw, N.,

Tjondronegoro, I. and Verheyen, R. F. 1996. Use of benthic macroinvertebrates for water quality assessment of the Blawi river (East java, Indonesia). Pp. 199-221 In F. Sciemy and Boland, K. T. (eds.), Perspectives in tropical limnology. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam.

Val, A. L., and de Almeida-Val, V. M. F. 1995. Fishes of the Amazon and their environment. Physiological and biochemical aspects. Springer, Berlin.

Venezuela. 1995. Normas para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883, Presidencia de la República. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 (extraordinario), 11 de octubre de 1995.

Wetzel, R. G. 1975. Limnology. W. B. Saunders Company. Philadelphia.