

Caracterización preliminar de los ambientes fluviales en la cuenca del río Tocuyo, vertiente del Caribe, Venezuela

Douglas Rodríguez-Olarte, Lisbeth Romero, Jorge Coronel y Ahyran Amaro

Resumen. Con la finalidad de aportar información para el manejo de la cuenca del río Tocuyo se efectuó un análisis comparativo de sus afluentes permanentes. En los cauces se midieron sus magnitudes y los componentes granulométricos del sustrato se determinaron mediante cuadratas. En las muestras de agua se analizaron pH, conductividad, cationes, aniones y sólidos totales. Se desarrolló un índice de Interpretación de la Conservación Fluvial (ICF) otorgando valores al sustrato, el cauce, las riberas y expresiones de la actividad antrópica. En la cuenca del Tocuyo existe variabilidad en las características físico-químicas principalmente en el pH (5,19-7,90), conductividad (18,84-480 $\mu\text{hs/cm}$), aniones (18,15-787,33 mg/l) y cationes (10,89-301,09 mg/l), esto con gradientes en la altitud y en cuanto al origen orográfico de los ríos. En los sustratos predominaron las granulometrías gruesas en la cuenca alta y arena en la cuenca baja, pero en ambientes con intervención evidente se notó una disminución considerable de la granulometría (río Guarico). El ICF se correspondió moderadamente con la intervención observada, indicando una mayor conservación en cauces en las vertientes andinas, algunos cauces no represados y en parques nacionales. El cauce principal demostró un ICF decreciente con la altitud y para toda la cuenca se reconoció que el ICF estuvo entre las clases alta y moderada. La influencia de la intervención humana sobre el medio fluvial es evidente y varios descriptores pueden aportar información válida para su uso en programas de monitoreo.

Palabras clave. Caracterización físico-química. Ríos. Índice de conservación fluvial. Tocuyo, Venezuela.

Preliminary characterization of fluvial environments in the Tocuyo River basin Caribbean versant Venezuela.

Abstract. With the purpose of contributing information for the management of the Tocuyo river basin a comparative analysis of their permanent tributaries was made. In the rivers their magnitudes and the component of the substrate were measured with squares. In the samples of water the pH, conductivity, cations, anions and total solids were analyzed. An index of Interpretation of the Fluvial Conservation was developed (ICF) granting values to the substrate, the channel, the riversides and to several expressions of the human activity. In the basin of the Tocuyo river a remarkable variability does exist in the physical-chemical characteristics mainly in the pH (5.19-7.90), conductivity (18,84-480 $\mu\text{S/cm}$), anions (18.15-787.33 mg/l) and cations (10.89-301.09 mg/l), showed the altitudinal and orographic gradients. In the substrates predominated major sizes in the watershed and sand in the low basin, but in those environments with evident intervention a considerable decrease of these was noted (Guarico river) in the middle basin. The ICF corresponded moderately with the observed intervention, indicating a high conservation in channels of mountains in the Andean slopes, not dammed channels and national parks. The main channels demonstrated a decreasing ICF with the altitude and for the whole basin it was recognized that the ICF was between the classes of high and moderate. The influence of the human intervention on the fluvial environments is evident and several descriptors they can contribute with valid information for its use in monitoring programs.

Key words. Physical-chemical characterization. River. Fluvial Conservation Index. Tocuyo. Venezuela.

Introducción

Los ríos son conjuntos complejos y funcionales de hábitat en gradientes variados, además de reflejar el estado y los procesos que ocurren en las superficies que drenan. Esto presupone una notable susceptibilidad a los cambios que ocurren en las cuencas hidrográficas, lo cual se ha evidenciado de manera incesante en la literatura científica mundial, sobretodo en la última década. Es posible que los ríos sean los ecosistemas más modificados de la tierra (Allan y Flecker 1993), por lo que su estudio y manejo son de prioridad.

Los modelos prácticos de evaluación y diagnóstico de los ecosistemas fluviales han sido ampliamente desarrollados como herramientas de manejo de las cuencas hidrográficas, donde los atributos físicos (p. ej. sustrato y magnitudes del cuerpo de agua) son empleados como descriptores primarios para la caracterización o estimación del estado de conservación del medio acuático. Varios índices para la evaluación de hábitat fluviales son de fácil construcción y uso, tales como los índices de parcelas rápidas, sombra de riberas, evaluación de hábitat urbanos y evaluación rápida de la condición ribereña, entre otros (Bain y Stevenson 1999, Boffa 2001, Jansen *et al.* 2004); otros son más complejos y generan más información, como los índices de calidad biológica y carga de polución (Wilson 2003), de valor de modificación de hábitat, banda de amortiguación y de funcionamiento fluvial (Balestrini *et al.* 2004). Las propiedades químicas del agua también tienen una alta frecuencia de uso en tales evaluaciones, demostrándose en las largas bases de datos con fines de monitoreo disponibles en las agencias gubernamentales. Tales propiedades, usualmente pH, sedimentación, O₂, y cationes y aniones, son empleadas para la descripción de ambientes acuáticos (Cressa 2003); sin embargo, éstas no predicen necesariamente la permanencia de la biodiversidad asociada o el estado de conservación del ambiente fluvial y ribereño, y a menudo son destinadas para reconocer sólo la potabilidad de las aguas.

Los modelos para el manejo y monitoreo de los ríos tienen una alta incidencia en las decisiones gubernamentales. No obstante, tal como lo sugiere Stapanian *et al.* (1997), deben ser económicos, simples, rápidos, flexibles, eficientes y suficientes, consideraciones que en la generalidad de los casos no se encuentran en conjunto. Así, el uso de índices y modelos por parte de los organismos que administran los recursos naturales en Venezuela (p. ej. Ministerio del Ambiente) es eventual y no es fundamento general para el monitoreo, ya que por diferentes razones algunos modelos necesitan de: a) capacitación específica o de asesoría especializada, b) la adquisición o pago periódico de materiales, equipos y/o análisis específicos y c) la adaptación y reformulación para determinadas situaciones ambientales en el tiempo y espacio. Esto ha limitado en gran medida la estimación y monitoreo de la condición de los ecosistemas fluviales, disponiéndose de poca información histórica estandarizada que

permita la comparación en el tiempo, por lo que existe la necesidad de generar herramientas de manejo que puedan ser reconocidas en su alcance y en su aplicación. Con este fin se desarrolló una caracterización física y química de los ambientes fluviales en la cuenca del río Tocuyo para conformar un modelo básico y preliminar para la interpretación y monitoreo de la conservación fluvial.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El río Tocuyo nace en las montañas andinas (3585 m s.n.m.) de los estados Lara y Trujillo y en sus 440 km de longitud recibe pocos afluentes de carácter permanente, para luego desembocar al mar Caribe (Figura 1). Los paisajes en la cuenca son muy variados y casi todos intervenidos, destacando los páramos, colinas disectadas, depresiones tectónicas y planicies aluviales. Las importantes variaciones orográficas han producido redes de avenamiento dendríticas. Al sur, en el sistema andino, desde la sierra de Portuguesa y la fila El Paramito descienden ríos caudalosos (Tocuyo, Guárico, Curarigua, Villegas) y al noroeste los ríos Quediches, Camoruco y Ermitaño que provienen de las serranías de Jirajara, Paují y Empalado, respectivamente. En la cuenca media los sistemas que aportan los mayores drenajes son las serranías de Baragua y Bobare (MARN 2003), mientras que en la cuenca baja destacan los ríos que descienden de las prolongaciones de la sierra de San Luis y el cerro Araurima.

La precipitación tiene un incremento desde los 400 m s.n.m. en la cuenca media y depresiones de Bobare y Siquisique, hasta más de los 1500 m s.n.m. en las divisorias de andinas. La temperatura varía en toda la cuenca, en la planicie fluvio-marina tiene promedios de 28,7 °C (MARN 2004); esta disminuye con la altitud y en la cuenca media alcanza de 24 °C para disminuir alrededor de los 20 °C en la cuenca alta (FUDECO 1987). La vegetación en los páramos es de porte bajo y generalmente arrosada (p. ej. *Espeletia*); ésta es reemplazada en alturas menores (1000-1500 m s.n.m.) por formaciones complejas de bosques húmedos y nublados, pero en las tierras medias (~ 500 m s.n.m.) predominan grandes extensiones de formaciones de carácter xerofítico (Smith 1991). En el tramo final del río y en los caños de marea asociados aún se presentan parches de selvas halófitas generalmente muy intervenidas.

La ganadería vacuna es común en la depresión de Carora, el valle de Moroturo y las planicies de Yaracal, pero la cría extensiva de cabras es muy extendida en la región semiárida. Las tierras protegidas son representadas principalmente por los parques nacionales Dinira, Saroche y Cueva Quebrada del Toro (~ 83000 ha). La intervención es diseminada en casi toda la cuenca, siendo expresada por la deforestación y la notable sedimentación de los cauces, muchos de ellos con carácter intermitente de su corriente; igualmente en las riberas de los principales ríos se presentan importantes centros poblados (p. ej. Tocuyo, Carora y Siquisique). Muchos embalses son reconocidos en la cuenca, siendo relevantes Dos Cerritos (900 ha) y Atarigua (1600 ha) al sur, los Quediches y Ermitaño al Norte y el complejo Játira-Tacarigua cerca de la

desembocadura. En la cuenca se reconocieron los ríos de régimen permanente donde se ubicaron estaciones de muestreo, las cuales fueron visitadas sólo en los períodos de sequía y/o de aguas bajas (Figura 1).

Muestreos

En cada estación de muestreo se midieron la anchura (m), profundidad (cm) del cauce y transparencia de las aguas con un disco de Secchi ®. Se determinó la composición de la cobertura del sustrato mediante la aplicación de cuadratas dispuestas en transectos de modo transversal en el cauce. En cada estación de muestreo se aplicaron de uno a tres transectos según las características del cauce situados al inicio, en el medio y al final de un tramo de 50 metros de longitud. Se aplicó una clasificación granulométrica del sustrato para estimar su cobertura en cada cuadrata. Los tipos, dimensiones y códigos de cada elemento del sustrato se basaron en lo sugerido por Bain (1999): arena (0,1 a 1 mm Ø, código 1), grava (0,1 a 5 cm, código 2), guijarros (5 a 25 cm, código 3), piedras (25 a 100 cm, código 4) y rocas (≥ 100 cm, código 5). Se colectaron muestras de agua (2004) en cada estación de muestreo, colocándolas en botellas plásticas cerradas herméticamente, según lo propuesto por Roberti y Gilabert (1997). Estas botellas se trasladaron refrigeradas al laboratorio de suelos del Decanato de Agronomía de la UCLA para su análisis.

Sustrato

El sustrato dominante se determinó mediante la moda en el conjunto de cuadratas de cada transecto, mientras que la estimación de la heterogeneidad del sustrato se basó en los valores de la desviación estándar (DE) (Bain 1999). Así, una DE cercana a cero sugirió una categoría de sustrato homogéneo, con $DE \leq 0,89$ se asignaron sustratos moderadamente homogéneos, los sustratos mixtos se basaron en $DE > 0,89$ y $\leq 1,05$, los complejos en $DE > 1,06$ y $< 1,21$. Estos valores se escogieron reconociendo la distribución natural del sustrato.

Aguas

El pH y la conductividad fueron medidas con un equipo Orión ® (modelo 520 A) e ICM ® (modelo 71100), respectivamente. Los cationes solubles Ca^{+2} y Mg^{+2} fueron determinados con espectrofotometría de absorción atómica, empleando un espectrofotómetro (Pekín-Elmer, modelo 2280), mientras que con los cationes de Na^{+} y K^{+} se utilizó un fotómetro de llama (Korning ®, modelo Flox 410). Los cationes solubles carbonatos y bicarbonatos (CO_3^{2-} , HCO_3^{-}) se realizaron con ácido sulfúrico. Los cloruros (Cl^{-}) se determinaron mediante titulación de nitrato de plata y los sulfatos (SO_4^{2-}) por turbidimetría (Spectronic 20, modelo Milton Rec). Para la cuantificación de la concentración de los sólidos totales se aplicó el modelo propuesto por Eator *et al.* (1985), evaporando alícuotas de agua (100 ml) en cápsulas de porcelana dentro de una estufa (103-105 °C) por un lapso de 24 horas y comparando luego el peso inicial con el final. Todos los valores finales para estas variables se expresaron en mg/l.

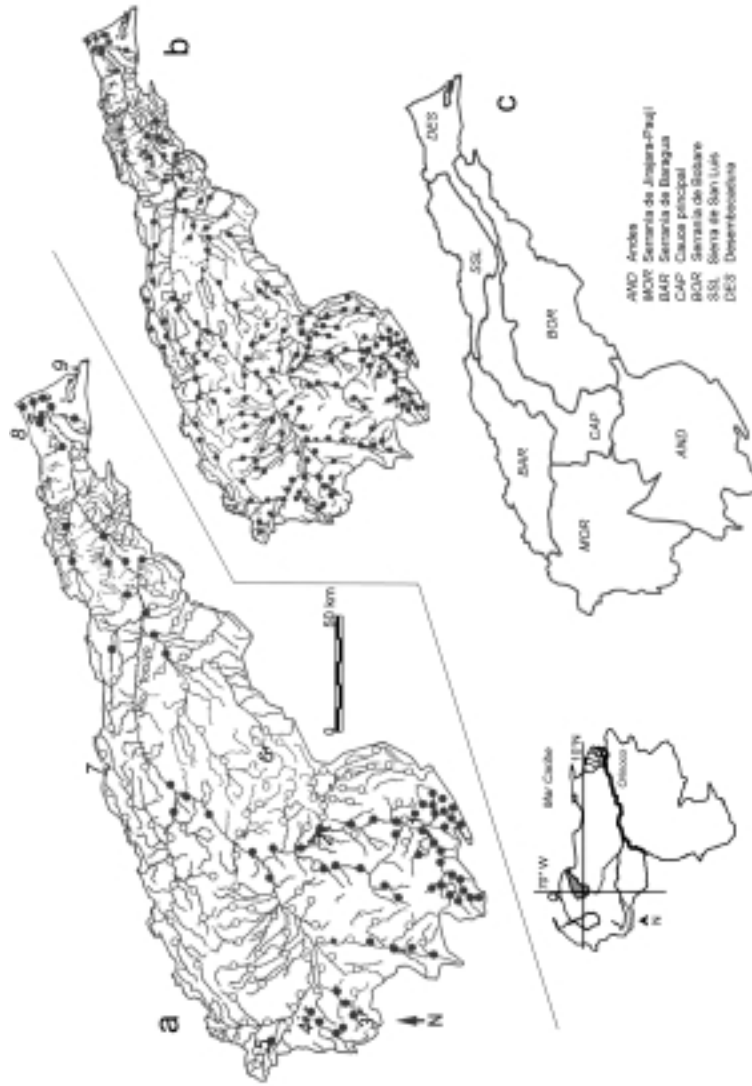


Figura 1. La cuenca del río Tocuyo. a) Estaciones de muestreo en cauces permanentes. Los principales ambientes lénticos son las represas de Dos Cerritos (1), Atarigua (2), Los Quediches (3), Puricaure (4), Ermitaño (5), Uvedal (6), Mapará (7) y Jáira-Tacarigua (8). En la línea costera se encuentra el golfe de Cuare (9). b) Cauces visitados y c) Principales drenajes según su origen orográfico.

Interpretación de la Conservación Fluvial (ICF)

Se construyó un modelo con base en las evaluaciones propuestas por Barbour y Stribling (1991), Amaro (2003) y Romero (2004). El ICF considera la calificación de aspectos relacionados con el medio fluvial en una estación de muestreo. El ICF consta de siete medidas (Tabla 1). Las primeras tres corresponden a las características del medio acuático y ribereño (cauce, taludes y bosque) y el resto a las actividades antrópicas reconocidas: uso del agua y de la tierra, población y turismo. Los valores de las medidas variaron entre 1 y 10 puntos, correspondiendo el valor máximo a la mejor condición de conservación observada. Para cada medida se asignó un valor producto de tres observaciones efectuadas en cada estación de muestreo. Los valores de cada medida se sumaron y produjeron un puntaje de ICF promedio y este fue relacionado con una clase específica (Tabla 1). Una clase de ICF reconocida como muy alta o total (> 54 puntos) correspondió a ríos con elevado estado de conservación.

Resultados

Cauces y sustratos

Los ríos de carácter permanente en la cuenca fueron muy pocos y estos mostraron condiciones variables. El cauce principal mostró un incremento en su anchura (Tabla 2) correspondido por la disminución de la altitud, con promedios entre los 4,92 y 11,59 m en la cuenca alta y entre 6 y 60 m para la baja. En el tramo final del río y la desembocadura la anchura varió (12-60 m) y las profundidades fueron mayores (~ 4 m). Las tierras altas mostraron composición variable con granulometrías mayores (piedras y rocas) en cauces de mayor tamaño. El cauce principal se caracterizó por mayor presencia de piedras y sustratos complejos y heterogéneos antes de la represa Dos Cerritos. En la cuenca media predominaron los guijarros en sustratos mixtos. Mientras que en la cuenca baja y desembocadura el sustrato dominante fue arena para una categoría homogénea (Tabla 2). Los cauces principales de los ríos más grandes se mostraron encajonados en sus cuencas medias y bajas.

En el río Guarico, antes de la población homónima, la clase granulométrica dominante fue la grava en sustrato mixto pero aguas abajo de la población la arena predominó en sustratos homogéneos. En las tierras altas de esta subcuenca, los ríos mostraron dominancia de guijarros y categorías complejas (Tabla 2), pero en el tramo final se constató una importante sedimentación y homogeneidad en el sustrato. En los afluentes del río Morere, donde se contabilizaron más represas, los sustratos dominantes fueron los guijarros con variadas categorías. En afluentes de la cuenca baja la granulometría fue generalmente alta, pero en el río Araurima predominó la arena.

De manera general, en los pequeños ríos o quebradas protegidas por bosques se presentó una considerable proporción de material vegetal alóctono (hojas, ramas) y los sustratos fueron heterogéneos; sin embargo, en los pocos y pequeños cauces en las vertientes secas (p. ej. Morere, Baragua) predominaron las piedras y rocas. En los ríos con intervención evidente el sustrato fue generalmente homogéneo.

Tabla 1. Modelo preliminar para interpretación de la Conservación Fluvial (ICF).

Medidas	Características de las medidas y los puntajes posibles		
	9-10	6-8	3-5
1 Cauce	Estabilidad del cauce y bancos muy baja sedimentación	Estabilidad del cauce. Bancos afectados. Acumulación leve de sedimentos	Cauce alterado. Bancos desmantelados. Acumulación considerable de sedimentos
2 Taludes	Poco desgaste o muy antiguo. Estable con cobertura vegetal elevada	Deslizamientos eventuales. Moderado desgaste. Estable y cobertura moderada	Deslizamientos periódicos. Elevado desgaste. Inestable. Cobertura baja
3 Bosque	Sucesión primaria o secundaria. Extracción eventual. Sin evidencia de fuegos. Sombra continua en las riberas	Intervención actual evidente. Extracción selectiva. Sombra discontinua. Fuegos eventuales	Deforestación parcial. Pocos árboles grandes. Parches de sombra aislados. Fuegos periódicos.
4 Uso del agua	Sin actividad o muy pretérito	Aislado y disperso. Pequeñas tomas o extracción manual	Tomas para caseríos cercanos. Pequeñas accuqias y tuberías con fines agrícolas. Lavaderos
5 Uso de la tierra	Sin actividad o muy pretérita	Puntual y artesanal. Cultivos perennes y anuales	Diversificación en la producción. Mecanización de la tierra. Abrevaderos
6 Población	Sin actividad o muy pretérita	Muy pocas viviendas en las riberas. Muy aisladas y dispersas. Sin servicios básicos	Pocas viviendas. Dispersas efluentes. Basura no tratada
7 Turismo	Sin actividad, muy pretérita o muy eventual Excursionismo especializado	Senderos y rutas específicas. Uso local y eventual	Lugares de campamento y alimentación en las riberas. Acceso vehicular moderado
Interpretación			
Puntaje (%)	>54 puntos (>75%)	37-54 puntos (51-75%)	<18 puntos (<25%)
Clase ICF	Muy alta-Total	Moderada-Alta	Nula-Muy baja

1-2

3-5

6-8

9-10

Medidas

Cauce muy alterado. Bancos removidos o restos. Acumulación muy grande de sedimentos.
Deslizamientos permanentes. Elevado desgaste. Muy inestable cobertura muy baja
Deforestación extensa. Riberas relativamente expuestas. Poca o ninguna sombra. Fuegos constantes.
Pequeños embalses, tomas o pozos de aducción. Canales permanentes.
Diversificación en grandes extensiones de terreno cría de animales intensa
Vialidad. Centro poblados con servicios en riberas o cercanos. Efluentes no tratados
Balcarios y áreas de recreación con varios servicios. Uso periódico e intenso

<18 puntos (<25%)
Nula-Muy baja

18-36 puntos (25-50%)
Baja-Regular

37-54 puntos (51-75%)
Moderada-Alta

>54 puntos (>75%)
Muy alta-Total

Interpretación

Tabla 2. Caracterización de los ríos en la cuenca del Tocuayo. En el cauce se indican los promedios de anchura (A) y profundidad (P). En el sustrato la moda (Mo) contiene: a la arena (1), grava (2), guijarros (3), piedras (4) y rocas (5). Las categorías (C) son heterogéneo (H), complejo (C), mixto (M) y homogéneo (Ho). En la interpretación de conservación fluvial (ICF) para cada ambiente-sector se utilizó el promedio: 1= cauces represados, 2= estimado, 3= posteriores observaciones indicaron mayor presencia de piedras y rocas.

Drenaje	Subcuenca	Ambiente-sector	Altura m s.n.m.	Cauce		Sustrato			ICF				
				A (m)	P (cm)	Mo	λ	DE	C	λ	DE	Clase	
Tocuayo	Cauce principal	Jabón	1403	4,68	32,36	4	3,55	1,08	C	49,3	1,52	A	
		La palomera	1045	7,33	30,87	4	3,20	1,11	H	43	4,35	M	
		Entre Los Humocanos	680	4,77	30,41	3	2,62	1,01	M	42,0	1,0	M	
		Finca Sabaneta	929	3,92	11,54	4	3,11	1,33	H	44,3	1,4	M	
		El Almorzadero	785	11,59	21,34	4	3,16	1,10	C	34	2	R	
		Los Olivos ¹	692	8,00	24,87	3	2,58	0,97	M	36,7	0,57	M	
		San Rafael	580	5,26	13,26	3	2,05	0,89	M	-	-	R ²	
		La Cimarrona	571	4,50	19,63	3	2,53	0,91	M	35,3	3,51	B	
		Puente Torres ¹	450	4,50	37,0	3	2,36	0,79	Ho	41,3	3,05	M	
		Siquisique	550	4 - 7	45,0	1	-	-	M	42	2,64	M	
		Finca Riccio	96	6 - 12	60,0	1	-	-	Ho	38,6	0,57	M	
		Desembocadura	3	12 - 60	1,3-3,5	1	-	-	Ho	32	4,58	R	
		Los Aposentos	Quebrada Las Minas	2200	4,50	5,63	5	3,94	1,25	Ho	60,6	1,54	MA
			Quebrada Badillo	2100	7,0	9,85	4	3,55	0,88	M	59	1,73	MA
		Querechero	Quebrada Querechero	1662	320	28,67	2	2,78	1,07	C	61,3	0,57	MA
Quebrada El Muerto	1534		211	11,29	2	2,91	1,08	C	61	-	MA		
Cauce principal	Quebrada Limoncito	1300	3,25	10,63	1	2,24	1,70	H	40	4,35	M		
	Antes de Guarico	1100	5,37	13,25	2	2,41	0,86	M	38,3	1,53	M		
	Luego de Guarico	1071	3,50	11,67	1	1,53	0,65	Ho	36	2,64	R		
Guagó	Quebrada Guagó ³	1343	2,29	17,57	1	1,96	1,01	M	48,7	3,05	A		
Curumato	Quebrada Corozal	1240	3,50	18,50	3	3,09	1,25	H	41	2	M		
	Quebrada Curumato	1053	3,27	9,33	3	2,44	1,09	C	48,3	2,51	A		
Avispero	Quebrada Villanueva	1434	1,71	22,14	3	2,67	1,08	C	52	3,6	A		
	Qda. Loma Redonda	1200	3,0	18,2	1	2,05	1,10	C	-	-	M ²		
Cercado	Quebrada El Cercado	680	1,50	9,0	1	1,96	1,13	H	27,6	0,57	B		

Tabla 2. Continuación.

Drenaje	Subcuenca	Ambiente-sector	Altura m s.n.m.	Cauce		Sustrato			C	χ	ICF DE	Clase
				A (m)	P (cm)	Mo	χ	DE				
Ríos en la cuenca media-alta		Quebrada Sanare	800	2,20	7,60	2	2,24	1,00	M	38,7	3,51	M
		Quebrada Boro	530	1,50	6,0	1	2,10	1,09	C	37,7	2,08	M
Curarigua	Cauce principal	Antes de Curarigua	772	3,27	12,27	4	2,74	1,07	C	42,7	5,03	M
		Sector El Paso	525	3,45	8,18	3	2,35	1,05	C	52	1,73	A
Morere	Quediches	Sogore	475	3,06	11,67	1	2,27	1,20	H	36,3	3,05	M
		Río Los Quediches ¹	504	2,50	9,25	3	2,87	0,00	Ho	43,6	3,05	M
Villegas	Camoruco	Río Villegas ¹	690	4,82	19,82	1	2,61	1,32	H	48,7	3,05	A
		Río Camoruco ¹	521	3,66	19,11	3	2,59	0,86	M	48	2,65	A
Ermitaño	Tapatapa	Quebrada El Tablón	526	3,0	6,20	3	3,16	0,57	Ho	44	3,46	M
		Río Ermitaño ¹	627	1,80	9,30	2	1,79	0,74	Ho	47,3	0,57	A
Urama	Urama	Quebrada El Toro	520	3,35	18,0	1	2,04	0,94	M	-	-	T ²
		Quebrada Moroturo	140	2,0	9,0	2	1,63	0,57	Ho	46	4,35	A
Ríos en la cuenca baja		Quebrada Totoremo	146	3,0	5,60	4	3,07	0,87	M	84,7	5,5	A
		Quebrada Secca	153	1,33	6,67	4	3,15	1,33	H	45,7	4,7	A

Aguas

El pH no presentó variaciones considerables en cuanto a la altitud (Figura 2, Anexo 1) siendo el promedio de 6,42 ($\pm 0,29$ Intervalo de Confianza) y mostrando un ligero incremento entre los 1200 y 1400 m s.n.m. Los valores extremos para la cuenca fueron 5,19-7,90. La conductividad (\bar{x} = 139,64 μ S/cm $\pm 27,69$ IC) presentó también sus mayores valores en las tierras altas (800-1200 m s.n.m.), esto con diferencias más marcadas (18,84-480 μ S/cm). Los sólidos totales (\bar{x} = 0,56 mg/l $\pm 0,85$ IC) mostraron una ligera tendencia al incremento a medida que disminuyó la altitud, aumentando notablemente las concentraciones por debajo de los 400 m s.n.m. y presentando un intervalo general entre 0,02-7,71 mg/l.

Los aniones (\bar{x} = 219,93 mg/l $\pm 96,39$ IC) y cationes (\bar{x} = 77,66 mg/l $\pm 40,63$ IC) presentaron incremento en sus concentraciones a medida que disminuyó la altura. No obstante, la concentración de cationes mostró dos picos de máxima concentración (Figura 2), uno alrededor de los 200 m s.n.m. y el otro en los 1000 m s.n.m. En la desembocadura del río Tocuyo al mar no se apreciaron valores particulares para todas las variables, con un intervalo para los aniones de 10,89-301,09 mg/l y para los cationes de 18,15-787,33 mg/l.

Con relación a los orígenes de los ríos, el pH mostró los valores menores en la desembocadura (\bar{x} = 6,95 $\pm 0,2$ IC) y la cuenca del Morere (\bar{x} = 6,08 $\pm 0,75$ IC; Figura 3, Anexo 2), siendo mayores en Baragua (\bar{x} = 7,15 $\pm 1,14$ IC). La conductividad fue generalmente baja, siendo elevada en los cauces con origen andino (\bar{x} = 188,49 μ S/cm $\pm 63,75$ IC) y los sólidos totales mostraron la mayor concentración en ríos de la sierra de San Luis (\bar{x} = 2,28 mg/l $\pm 4,07$ IC); sin embargo, las observaciones evidenciaron una mayor concentración de sólidos en la cuenca baja del río Tocuyo y su desembocadura. Los aniones evidenciaron concentraciones variadas (Figura 3), siendo los menores y mayores valores en cauce principal (\bar{x} = 290,05 mg/l $\pm 65,46$ IC) y la desembocadura (3,79), mientras que los cationes mostraron lo mismo para los drenajes del Morere (\bar{x} = 62,05 $\pm 36,14$ IC) y Bobare (\bar{x} =197,96 $\pm 157,11$ IC).

Un dendrograma de similitud para agrupar los cauces según su sistema orográfico de origen (Figura 4) respecto a las características físico-químicas de las aguas, indicó la presencia de tres grandes agrupaciones de tipos de aguas, las que drenan las vertientes andinas y estribaciones asociadas (A), aquellas con relación al cauce principal y la desembocadura (B) y las provenientes de los drenajes del norte y centro de la cuenca (C: Baragua, Bobare y Tapatapa).

Interpretación de Conservación Fluvial

El modelo de ICF demostró correspondencia con la moderada intervención humana en la cuenca. De las ocho clases consideradas (Tabla 1) sólo una estación alcanzó la interpretación de conservación total (quebrada del Toro), 4 estaciones alcanzaron una clase de ICF muy alta, 16 una clase alta, 19 una clase moderada, 3 clase regular y 5 una clase baja. En el cauce principal predominó una clase moderada

(32-51 puntos, Tabla 2). La clase de interpretación muy alta le correspondió a las cabeceras del río Tocuyo por encima de los 1500 m s.n.m. En otros cauces de las tierras altas, así como también en ríos de mayor magnitud al inicio de las depresiones y planicies (p. ej. Villegas, Araurima) la clase fue alta.

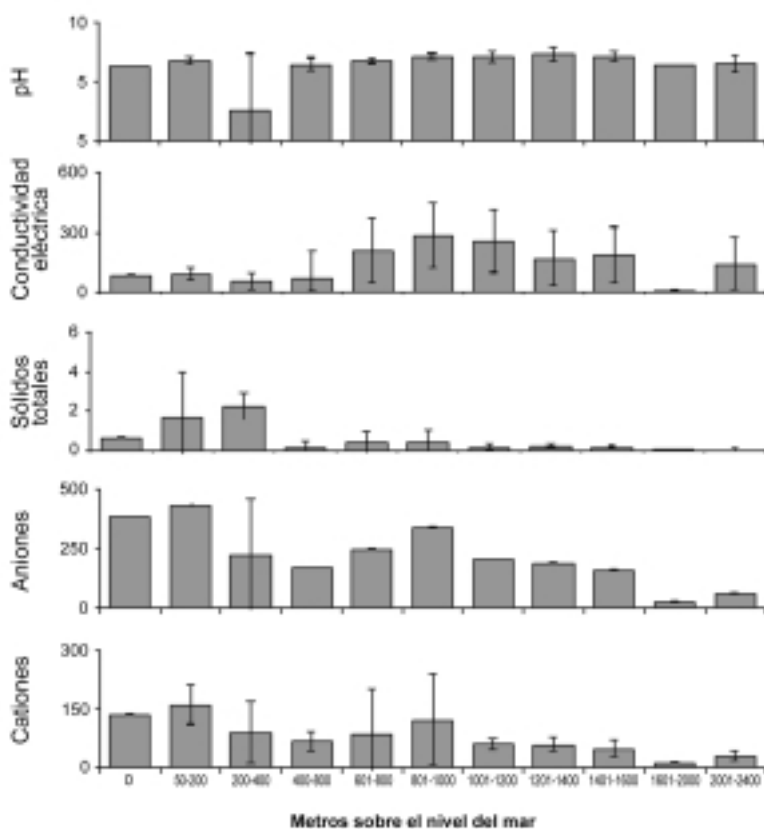


Figura 2. Variación por la altitud en las variables físicas y químicas del agua en la cuenca del río Tocuyo. Las barras indican promedios y las líneas verticales la desviación estándar. Los sólidos totales, aniones y cationes se expresan en mg/l y la conductividad en µS/cm.

La interpretación de la conservación fluvial demostró ser usualmente mayor en los drenajes con mayor estado de conservación aparente, incluso en aquellos con presencia de represas. El ICF promedio por orografía (Figura 5) indicó que las vertientes de la sierra de San Luis mostraron una mayor conservación que el resto ($\bar{X} = 46,67 \pm 3,24$ IC), siendo precedidas por los cauces andinos ($\bar{X} = 43,24 \pm 2,43$ IC) y cauce

principal ($\bar{x}= 42,75 \pm 3,31$ IC). Los intervalos de confianza indicaron mayores valores para el río Curarigua; no obstante, la variación altitudinal del ICF (Tabla 2) mostró resultados con mayor relación al estado de los ríos; esto se reflejó mejor en la tendencia al aumento del ICF respecto a la altura para el cauce principal (Figura 6).

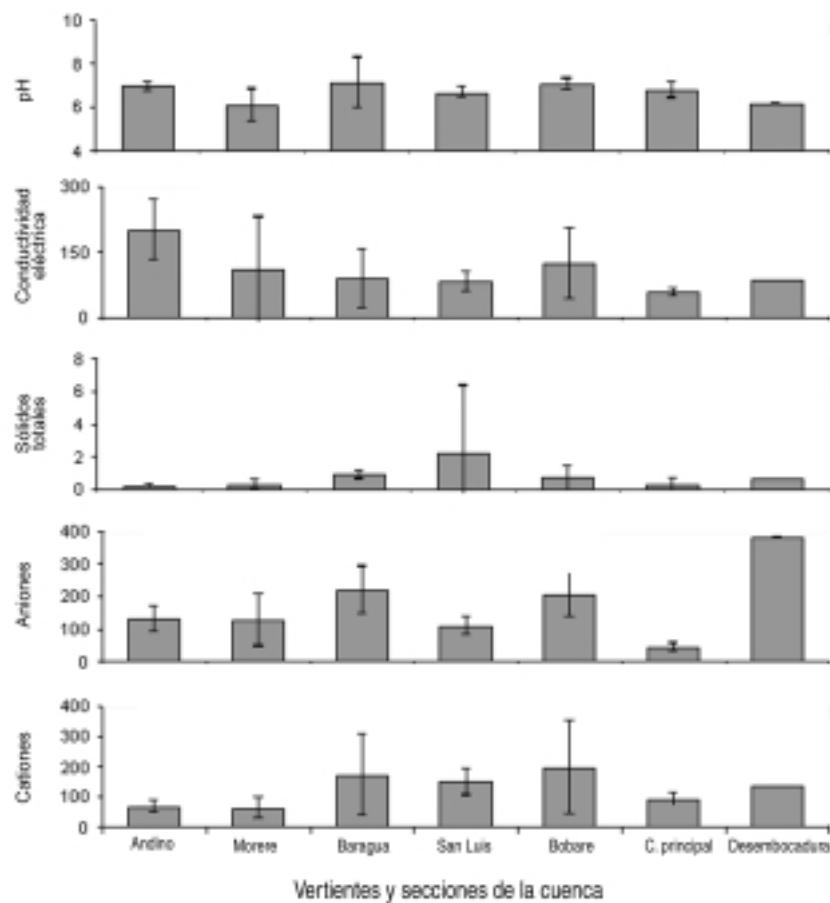


Figura 3. Variación por la orografía en las variables físicas y químicas del agua en la cuenca del río Tocuyo. Las barras indican promedios y las líneas verticales la desviación estándar. Los sólidos totales, aniones y cationes se expresan en mg/l y la conductividad en μS/cm. Las vertientes consideradas son Andino, serranías Jirajara-Paují, Baragua, San Luis y Bobare, secciones cauce principal y desembocadura.

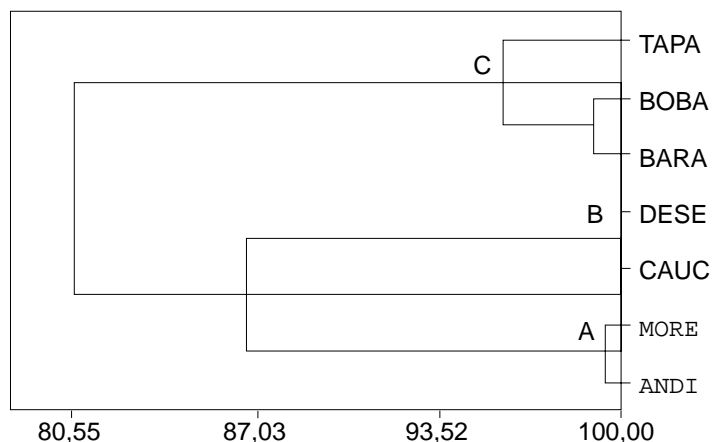


Figura 4. Dendrograma de similitud con base en las características de las aguas en la cuenca del río Tocuyo.

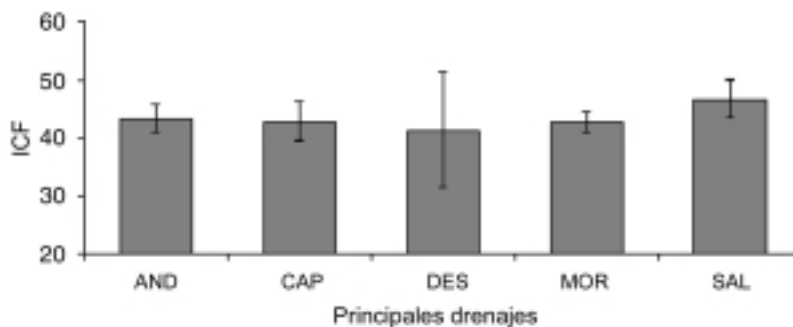


Figura 5. Variación del índice de Interpretación de Conservación Fluvial para los principales drenajes la cuenca del río Tocuyo.

Discusión

Cauces y sustratos

El sistema hidrográfico del río Tocuyo representa un mosaico de ecosistemas fluviales producto de la asociación con la orografía y el clima, lo que ha permitido la existencia de variadas zonas de vida. Estos drenajes, a diferencia de la vertiente llanera de los Andes, discurren en un gradiente importante en el paisaje y en el uso de la tierra. Los afluentes del río Tocuyo presentan características físicas reconocidas en las

cuenclas andinas. Es previsible que la granulometría del sustrato disminuya con la altura, pues los materiales pesados son depositados en la cuenca alta o incluso en los abanicos de explayamiento al principio de las planicies y depresiones. Por esto, el cauce principal del río Tocuyo en su cuenca baja tiene un sustrato con predominio de arena (Tabla 2). En el mismo sentido, las magnitudes del cauce en los ríos (anchura y profundidad) tienden a ser mayor en las planicies.

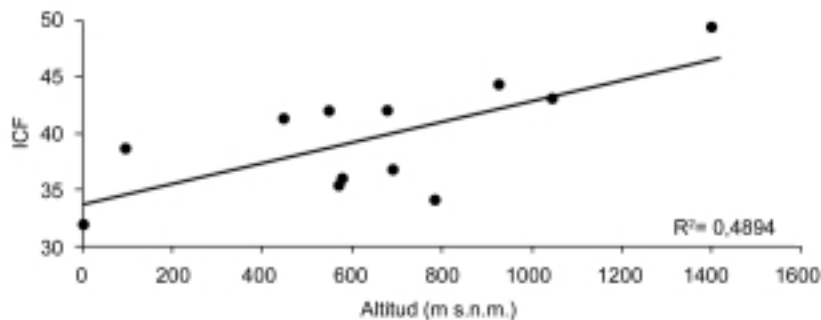


Figura 6. Relación proporcional entre el ICF y la altitud para el cauce principal.

Los disturbios causados a la tierra producido de las prácticas agrícolas, forestales y pecuarias son reflejados en el tamaño y composición del sustrato. Aún la más modesta deforestación ribereña en cuencas conservadas puede resultar en la degradación del hábitat acuático por medio de la incorporación de sedimentos (Berkman y Rabeeen 1987, Fitzpatrick *et al.* 2001). En el área de estudio, varios ríos han sido reconocidos por su elevado arrastre de sedimentos, como el caso del río Guarico, el cual es dragado periódicamente en su cuenca baja, además de representar una de las principales causas de la colmatación progresiva del embalse Dos Cerritos. Sin embargo, dadas las condiciones geológicas y climáticas de la cuenca del río Tocuyo, grandes deposiciones de sedimentos tienen origen en drenajes poco intervenidos en otros ríos de la zona semiárida (p. ej. Baragua). Se ha sugerido que la afectación de los corales en el Parque Nacional Morrocoy, asociado a la cuenca baja del río Tocuyo, es producto del acarreo de sedimentos por parte de los ríos locales, como el Aroa y Tocuyo (Bastidas *et al.* 1999).

Aguas

Los arroyos de tierras altas presentan aguas generalmente ácidas. Lewis *et al.* (1995) reconocen valores de pH ácidos ($\sim 4,5$) para los arroyos bajo cubiertas forestales, y muy bajas concentraciones de aniones y cationes. En ríos de montaña de la cuenca de Magdalena el pH es neutro (~ 7). En el río Orituco, una vertiente del Orinoco que proviene de la cordillera de la Costa, Cressa *et al.* (1993) reconocieron

valores de pH entre 8,1 y 8,28 parecidos a los reconocidos en algunos caños de la cuenca del Lago de Maracaibo (8,06-8,16). Aún cuando Pefaur y Durant (1983) no consideraron al río Tocuyo como de origen andino, ofrecen datos sobre la cuenca vecina del río Chama, donde los valores de pH alrededor de los 2000 m s.n.m. se encuentran alrededor de 7,5, mientras que para el intervalo 500-1000 m s.n.m. se reconocen entre los 7,5 y 8. Los mismos autores (*op. cit.*) indican valores medios para la dureza. En la cuenca del río Tocuyo los valores de pH demostraron una variación pequeña, pudiéndose caracterizar a las aguas con ligera tendencia a la acidez (Anexos 1 y 2).

Algunos autores reconocen variaciones importantes en las variables físico-químicas de la cuenca. Cressa (2003) sugirió que esto es producto de la diversidad de ecosistemas. Así los ríos de los estados Falcón y Lara, según la autora, presentan generalmente un alto contenido de Ca^{++} y Mg^{++} , con promedios alrededor de 50 mg/l, así como para los sulfatos (~ 200 mg/l). Igualmente, tal variabilidad fue reconocida en afluentes del río Tocuyo en el Estado Falcón, según Marín (1979), quien midió la conductividad para el río Tocuyo en su cuenca media y baja, ubicándola alrededor los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y a los sólidos totales en los 260 mg/l. El mismo autor (*op. cit.*) reconoce para el río Araurima una conductividad en 372 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los sólidos totales en 238 mg/l. En manantiales de tierras altas (1600-1900 m s.n.m.) en la cuenca del río Tuy, litoral central de Venezuela, Barrientos *et al.* (2000) reconocieron que la conductividad y los sólidos disueltos mostraron intervalos amplios: 13,5-129,8 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ y 9,19-90,9 (ppm).

Muchos estudios demuestran una relación inversa entre el uso agrícola y la calidad del agua (Johnson *et al.* 1997, Castillo *et al.* 2000). Martínez *et al.* (2001) reconocen también una intervención importante por efluentes urbanos en el río Manzanares, que drena una importante región en el litoral oriental de Venezuela. Para el río Tocuyo, el aporte de efluentes agrícolas y urbanos es importante, pero en muchos ríos se desconocen sus variaciones en el tiempo y el efecto sobre los ríos y su biota.

Interpretación de Conservación Fluvial

Las identificaciones de campo pueden ser influenciadas por el observador, la experiencia, subjetividad e inconsistencia (Bisson y Montgomery 1996). No obstante, es previsible que estas anomalías se reduzcan al refinar, estandarizar y sistematizar los modelos, pues la mayoría de estos consideran la apreciación cualitativa por parte del observador, ya que cuantitativa es difícil de realizar y, sobretodo, repetir en diferentes condiciones. La disponibilidad de índices y modelos para la evaluación y monitoreo del ambiente fluvial es muy diversa, su uso aún es restringido y eventual por parte de muchas agencias gubernamentales en Suramérica. La utilización de modelos sencillos pero estandarizados puede ser de gran utilidad en regiones en donde se dispone de poca información histórica, recursos humanos o monetarios, así como la continuidad de algunos programas de conservación (Montgomery y MacDonald 2002). Así, frente a la acelerada depauperación física y biológica reconocida en la cuenca del Tocuyo, es

necesaria la aplicación de estrategias capaces de ser entendidas y aplicadas por la población en general. Actualmente se desarrollan modelos preliminares para estimar y monitorear la integridad biológica (Rodríguez-Olarte *et al.* 2007) que, junto a la caracterización de los ríos, podrá ser empleada como línea base para el biomonitoreo de las cuencas hidrográficas.

La calidad del hábitat y el ambiente fluvial se relaciona fuertemente con el uso de la tierra. Varios índices atribuyen más influencia sobre el medio fluvial por parte de la cuenca que al uso local, aún cuando la misma no es fácilmente detectable. Los arroyos bajo cobertura forestal tienen usualmente menores temperaturas, amplios canales, pocos sedimentos y notable diversidad de invertebrados y peces. Es conocido también que la diversidad beta en ríos con pérdida de vegetación ribereña (Bojsen y Barriga 2002). En la vertiente llanera de los Andes venezolanos Pérez (1997), Karwan *et al.* (2001) y Allan *et al.* (2002) reconocieron que la deforestación, agricultura, urbanismo y vialidad también demuestran una influencia importante sobre la reducción de los bosques ribereños y tales relaciones sobre los ríos.

En la zona biogeográfica de Falcón, que incluye también gran parte de los drenajes de la cuenca del Tocuyo, la afectación sobre los hábitat, según Bisbal (1988), era generalmente alta en las zonas de vida más extensas: de monte espinoso y bosques secos y muy secos. Esto, al ser sumado a la opinión de Postel *et al.* (1996) quienes estiman que la demanda del agua dulce para satisfacer el crecimiento de las poblaciones humanas, particularmente en regiones áridas y semiáridas supera su oferta, presagia una importante necesidad para el manejo adecuado de los ríos. Actualmente los ecosistemas acuáticos continentales son afectados por la hipoxia, eutrofización, salinización y contaminación por nitratos, metales y poluentes orgánicos persistentes (Meybeck 2001). Los ríos, al contener una minúscula proporción de las aguas dulces del planeta y estar probablemente bajo la mayor presión de uso, tienen el contrasentido que aún no sean objeto de prioridad para su conservación en muchas regiones del planeta.

Agradecimientos. Agradecemos a Héctor Rivera, Carlos E. López, Eddie Aguirre y Ana María Bora por el auxilio en los muestreos, el procesamiento y análisis de información. Este trabajo es el resultado parcial de los proyectos S1-2000000777 del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT, Ministerio de Ciencia y Tecnología) y AG-2002-042 del Consejo del Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT, UCLA). El Laboratorio de Suelos del Decanato de Agronomía (UCLA) facilitó los análisis de muestras de agua.

Bibliografía.

- AGUIRRE, E. 2002. La integridad biológica íctica relacionada a sedimentos arrastrados en la cuenca del río Tocuyo. Trabajo de grado, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Cabudare.
- ALLAN, J. D. Y A. S. FLECKER. 1993. Biodiversity conservation in running waters: identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience* 16: 33-43.
- ALLAN, J. D., A. J. BRENNER, J. ERAZO, L. FERNÁNDEZ, A. S. FLECKER, D. L. KARWAN, S. SEGNINI Y D. C. TAPHORN. 2002. Land use in watersheds of the Venezuelan Andes: a comparative analysis. *Conservation Biology* 16(2): 527-538.
- AMARO, A. 2003. La ictiofauna indicadora de la integridad biológica en afluentes de la cuenca media del río Aroa. Trabajo de grado. Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Cabudare.
- BAIN, M. B. 1999. Substrate. Pp. 95-103. En: B. Bain y N. J. Stevenson (Eds.), *Aquatic habitat assessment: common methods*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- BAIN, M. B. Y N. J. STEVENSON. 1999. Aquatic habitat assessment common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- BALESTRINI, R., M. CAZZOLA Y A. BUFFAGNI. 2004. Characterizing hydromorphological features of selected Italian rivers: a comparative application of environmental indices. *Hydrobiologia* 516: 365-379.
- BARBOUR, M. T. Y J. B. STRIBLING. 1991. Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities. Pp 25-38. En: Biological Criteria: Research and Regulation. Epa-440-5-91-005. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- BARRIENTOS, Y., D. GONZÁLEZ Y F. URBANI. 2000. estudio hidroquímico de los manantiales Cumbotico y Cumbote, Colonia Tovar, Estado Aragua, Venezuela. *Ecotrópicos* 13(2): 81-89.
- BASTIDAS, C., D. BONEY E. M. GARCÍA. 1999. Sedimentation rates and metal content of sediments in a Venezuelan coral reef. *Marine Pollution Bulletin* 38(1): 16-24.
- BERKMAN, H. E., Y C. F. RABENI. 1987. Effects of siltation on stream fish communities: Environmental Biology of Fishes. 18: 285-294.
- BISBAL, F. 1988. Impacto humano sobre los hábitats de Venezuela. *Interciencias* 13(5): 226-232.
- BISSON, P. A. Y D. MONTGOMERY. 1996. Valley segments, stream reaches, and channel units. Pp. 23-52. En: R. F. Hauer y G. A. Lamberti (Eds.), *Methods in stream ecology*. Academia Press, New York.
- BOFFA, M. 2001. A guide to riparian assessment methods. SMF Project 5111, Boffa Miskell LTD, The Crown. 30 pp.
- BOJSEN, B. H. Y R. BARRIGA. 2002. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology* 47: 2246-2260
- CASTILLO, M. M., J. D. ALLAN Y S. BRUNZELL. 2000. Nutrient concentrations and discharges in a Midwestern agricultural catchment. *Journal of Environmental Quality* 29: 1142-1151.
- CRESSA, C. 2003. Caracterización físico-química de diferentes ríos de los estados Lara y Falcón. En: Libro de Resúmenes del V Congreso Venezolano de Ecología. Isla de Margarita, Venezuela. 3-7 noviembre de 2003, p. 67.
- CRESSA, C., E. VÁSQUEZ, E. ZOPPI, J. E. RINCÓN Y C. LÓPEZ. 1993. Aspectos generales de la limnología en Venezuela. *Interciencia* 18(5): 237-248.
- EATOR, A., L. CLESCERI Y A. GREENBERD. 1985. Standards Methods for examination of water and wasterwaster.

- FITZPATRICK F. A., B. C. SCUDDER, B. N. LENZ BN, D. J. SULLIVAN. 2001. Effects of multi-scale environmental characteristics on agricultural stream biota in eastern Wisconsin. *Journal American Water Resources Association* 37: 1489-507.
- FUDECO. 1987. Caracterización ambiental del estado Lara. Documento base para el plan de ordenamiento del territorio del Estado Lara, Fundación para el Desarrollo de la Región Centro-Occidental. 74 pp.
- JANSEN, A., A. ROBERTSON, L. THOMPSON Y A. WILSON. 2004. Development and application of a method for the rapid appraisal of riparian condition. *River and Riparian Land Management Technical Guide* 4: 1-14.
- JOHNSON, I. B., C. RICHARDS, G. E. HOST Y J. W. ARTHUR. 1997. Landscapes influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems. *Freshwater Biology* 37: 193-208.
- KARWAN, D. L., J. D. ALLAN Y K. BERGEN. 2001. Changing near-stream land use and river channel morphology in the Venezuelan Andes. *Journal of the American Water Resources Association* 37: 1579-1588.
- LEWIS JR., W. M., S. K. HAMILTON Y J. F. SAUNDERS 1995. Rivers of Northern South America. Pp. 219-256 Pp. En: C. Cushing y K. Cummins (Eds.), *Ecosystems of the World: Rivers*. Elsevier, NY.
- MARÍN, D. 1979. Recursos hídricos del Estado Falcón: análisis regional de la vegetación y el ambiente del Estado Falcón. Instituto Universitario de Tecnología, Coro. 85 pp.
- MARN. 2003. Atlas del Estado Lara. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, 1era edición, Caracas, Venezuela. 87 pp.
- MARN. 2004. Anuario Hidrometeorológico Estado Lara, año 2003. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Dirección Estatal Ambiental Lara, El Carabali. 39 pp.
- MARTÍNEZ, G., J. ALVARADO Y W. SEÑOR. 2001. Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja y pluma del río Manzanares. *Interciencia* 26(8): 342-351.
- MEYBECK, M. 2001. Global alteration of riverine geochemistry under human pressure. Pp. 99-113 En: E. Kraft (Ed.), *Understanding the Earth System: Compartments, Processes and interactions*. Springer, Heidelberg.
- MONTGOMERY D. R. Y L. H. MACDONALD. 2002. Diagnostic approach to stream channel assessment and monitoring. *Journal of the American Water Resources Association* 38: 1-16.
- PEFAUR, J. E. Y P. DURANT. 1983. Diagnóstico de los ríos Andinos venezolanos. En: Libro III Congreso Venezolano de Conservación. Guanare, Portuguesa. 12-16 de diciembre de 1983, p. 47 pp.
- PÉREZ, A. 1997. Importancia de los bosques ribereños en el pie de monte andino y de los llanos altos occidentales de Venezuela. *Biollania* 13: 47-66.
- POSTEL, S. L., G. C. DAILY Y P. R. EHRLICH. 1996. Human appropriation of renewable fresh water. *Science* 271: 785-788.
- ROBERTI, R. Y J. GILBERT. 1997. Métodos para caracterizar suelos y aguas afectados por sales. Manual de referencia. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Primera versión. Barquisimeto, Venezuela.
- RODRÍGUEZ-OLARTE, D., A. AMARO, J. CORONEL Y D. C. TAPHORN. 2007 ("2006"). Línea base para la estimación de la integridad en comunidades de peces en la cuenca del río Tocuyo, vertiente del Caribe, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle Ciencias Naturales* 165: 63-81.
- ROMERO, L. 2004. Análisis comparativo de los ecosistemas fluviales en las cuencas de los ríos Tocuyo y Aroa con fines de manejo de los recursos acuáticos. Tesis de grado, Ingeniería Agronómica, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Cabudare 72 pp.

- ROTH, N. E., J. D. ALLAN Y D. L. ERICKSON. 1996. Landscape influences on stream biotic integrity assessed at multiple spatial scales. *Landscape Ecology* 11: 141-156
- SMITH, R. 1991. Ecología del estado Lara. *Biollania*, Edición especial N° 1: sin paginación.
- STAPANIAN, M. A., S. P. CLINE Y D. L. CASSELL. 1997. Evaluation of a measurement method for forest vegetation in a large-scale ecological survey. *Environmental Monitoring and Assessment* 45: 237-257.
- WILSON, J. G. 2003. Evaluation of estuarine quality status at system level using the biological quality index and the pollution load index. *Biology and Environment: proceedings of the Royal Irish Academy* 103B(2): 49-57.

Recibido: 14 julio 2004
Aceptado: 8 enero 2007

Douglas Rodríguez-Olarte^{1,2}, Lisbeth Romero¹, Jorge Coronel¹ y Ahyran Amaro³

¹ Colección Regional de Peces (CPUCLA), Laboratorio de Ecología. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela. Apartado postal 400. douglasrodriguez@ucla.edu.ve

² Programa Biología de la Conservación. Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid (UCM). Madrid, España.

³ Postgrado Latinoamericano de Manejo de Fauna Silvestre. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Guanare, Estado Portuguesa. Venezuela.

Anexo 2. Valores extremos en las variables físico-químicas según la orografía para los ríos de la cuenca del Tocuyo.

Variables	Principales drenajes					Cauce principal	Desembocadura
	Andino	Morere	Baragua	San Luis	Bobare		
pH	5,85-7,90	9,00-4,28	6,64-7,66	6,50-7,00	2,00-6,94	5,00-6,14	1,00 - 6,18
Conductividad	6,41-480,0	4,21-410,0	58,92-119,84	60,12-110,22	86,57-159,32	49,90-73,55	84,37
Sólidos totales	0-1,27	0,03-1,06	0,78-0,99	0,23-7,71	0,36-1,03	0,16-0,99	0,62
Cationes	6,41-221,84	4,21-45,77	58,92-119,84	60,12-110,22	86,57-159,32	49,90-73,55	84,37
Ca ⁺⁺	1,09-21,87	0,49-17,50	18,11-42,29	12,15-36,46	14,10-35,24	4,98-24,43	26,37
Mg ⁺⁺	0,23-54,95	2,53-37,24	31,73-65,06	12,41-65,52	23,68-69,20	0,92-37,47	1862
Na ⁺	0,00-3,91	0,27-17,99	2,74-5,08	1,95-3,52	3,52-4,30	0,78-15,64	5,08
K	10,89-301,09	7,50-140,15	111,49-232,27	89,63-178,37	127,87-268,06	57,31-116,53	134,44
Total	-	-	-	-	-	-	-
Aniones	12,20-265,43	12,20-204,41	140,34-146,44	170,85-387,46	152,54-213,56	61,02-155,59	201,36
Hco ₃ ⁻	3,55-70,91	5,32-39,00	21,27-37,23	24,82-69,13	53,18-159,54	7,09-24,82	31,91
Cl ⁻	0-626,30	2,40-149,37	134,96-432,74	42,75-222,37	87,89-330,92	52,83-172,90	146,49
So ₄ ²⁻	18,15-205,21	22,32-160,87	302,67-456,49	258,44-422,01	354,63-498,82	200,26-251,67	379,75
Total	-	-	-	-	-	-	-

