

COMPARACIÓN ENTRE ESTUDIOS REALIZADOS EN SUB-CUENCAS Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE VENEZUELA *

COMPARISON BETWEEN STUDIES CONDUCTED ON SMALL AND LARGE AQUATIC WATERSHED OF VENEZUELA

Claudia Cressa

*Instituto de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela
Apartado Postal 47114, Caracas 1041-A Venezuela.
Fax: 0212-7535897; E-mail: ccressa@intercable.net.ve*

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo comparar la información obtenida al realizar estudios en sistemas acuáticos de grandes dimensiones (globales, cuencas hidrográficas) y los realizados en subcuencas (puntuales, pequeños ríos), con la finalidad de definir los aspectos comunes que determinan su funcionamiento de estos. La finalidad última de este análisis, es establecer el valor ecológico de los estudios puntuales tanto en la validez de la extrapolación de los resultados a otros sistemas acuáticos (puntuales a globales) como en la elaboración preliminar de las ecoregiones acuáticas del país.

Palabras clave: estudios puntuales, estudios globales, cuenca hidrográfica, teorías, regiones, funcionamiento de sistemas acuáticos

ABSTRACT

The objective of this work is to compare the information obtained when studying large aquatic systems (global, watershed) with that of small ones (specific rivers, secondary watershed, tributaries, small rivers) in order to establish the common aspects that determine their functioning. The ultimate objective of this analysis, is to establish the ecological value of studies on small watersheds in the extrapolation of the results to other aquatic systems (global to specific) as well as to define the preliminary aquatic ecoregions of the country.

Key words: specific studies, global studies, watersheds, theories, ecoregions, functioning of aquatic systems

INTRODUCCIÓN

La heterogeneidad de un sistema lótico requiere, que en el momento de planificar una investigación sea necesario establecer unos objetivos claros y precisos, para poder elaborar un muestreo adecuado y una eficiente utilización de los recursos. Esto implica que los alcances de dichos estudios, van a ser limitados: los resultados solo pueden usarse para ese sistema en particular y en el área donde fueron realizados. Debido a que es imposible realizar investigaciones en cada sistema lótico de nuestro país, es necesario ver como esta

aparente contradicción puede ser solventada, a fin de que estudios que indiscutiblemente tienen que estar limitados en su alcance, puedan ser extrapolados a otros sistemas.

Deseo utilizar la experiencia obtenida en el estudio de pequeños ríos del país, para contrastarla con los estudios realizados en grandes ríos, a fin de dar una respuesta a esta aparente contradicción. Esta comparación se basa en los siguientes aspectos: (i) difundir y clarificar la utilidad de las investigaciones realizadas en pequeños ríos (ii) contrastar las variables importantes en el funcionamiento de ambos ecosistemas, (iii) como

*trabajo originalmente presentado en el I Simposio Venezolano de Ecología de Aguas Continentales, Maracaibo, Venezuela, diciembre de 2001.

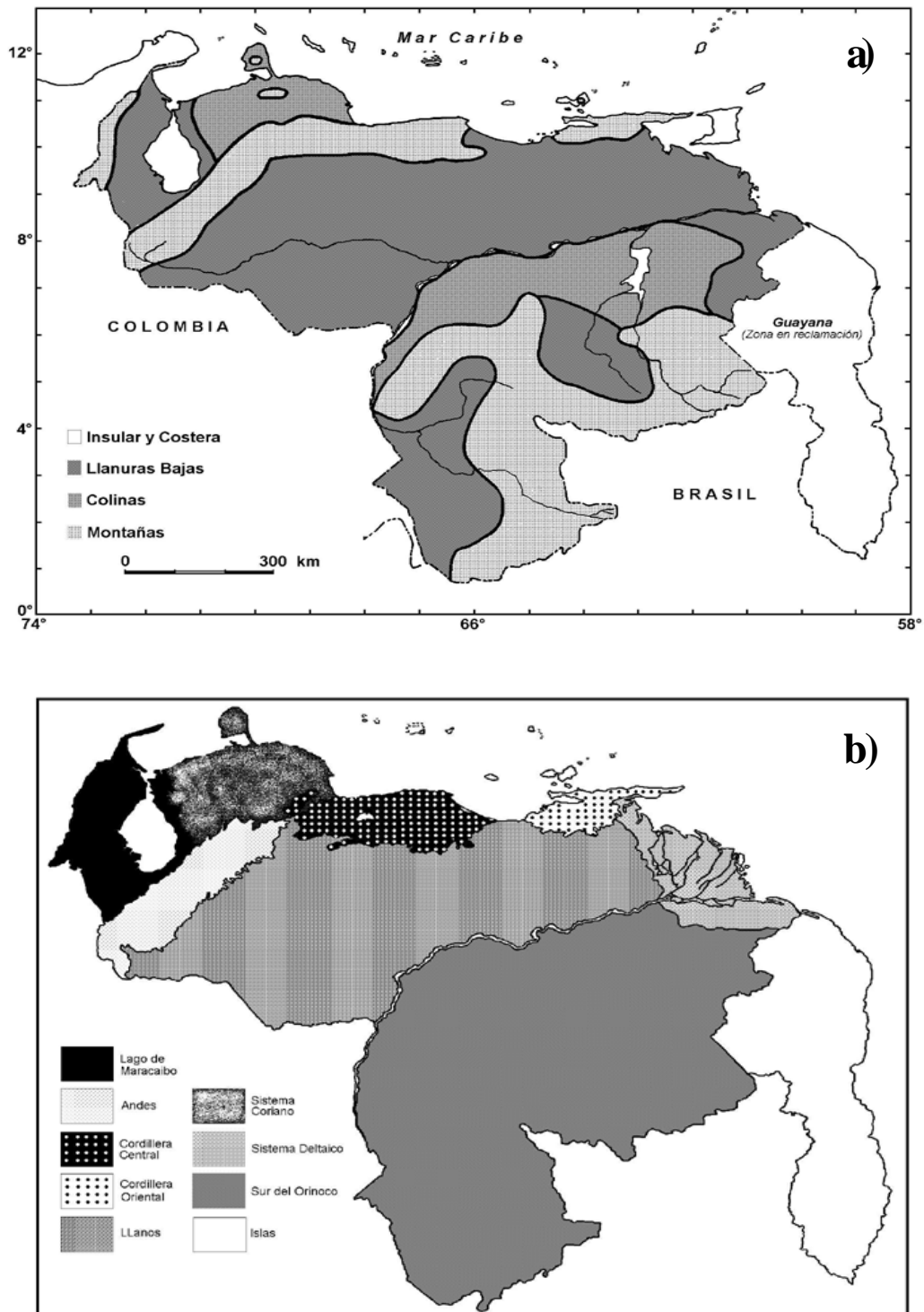


Figura 1. (a) Regiones fisiográficas de Venezuela (modificado de Huber 1997) y (b) Bioregiones de Venezuela (modificado de PDVSA 1992)

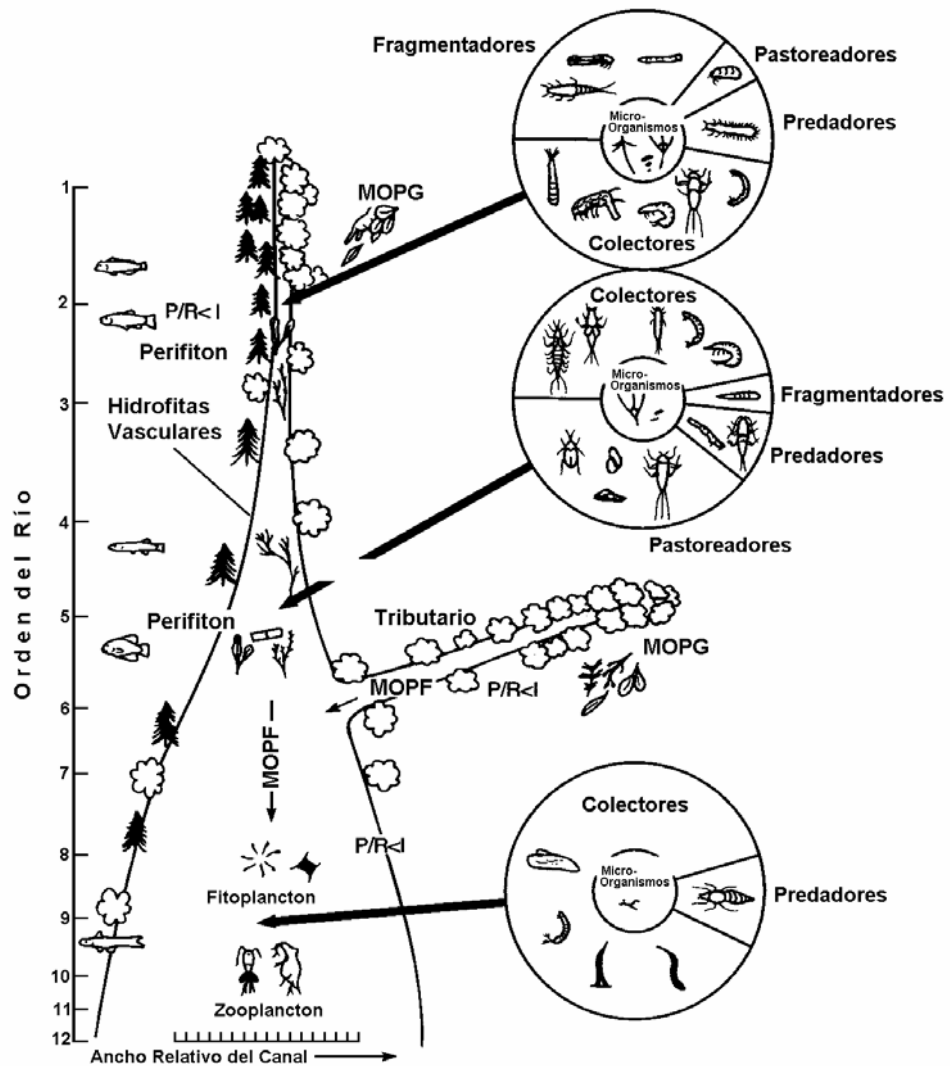


Figura 2. Representación gráfica del concepto del continuo (river continuum). (Modificado de Vannote *et al.* 1980)

los resultados obtenidos en los estudios realizadas en pequeños ríos, pueden ser utilizados para el diseño de investigaciones en cuerpos de agua de mayor magnitud (grandes ríos) y, (iv) resaltar la importancia de la información obtenida en la eventual caracterización de los ríos del país.

ESTUDIOS PUNTUALES

La diversidad de Venezuela se ilustra a través de su subdivisión en bioregiones ecológicas (Figura 1a, PDVSA 1992) o fisiogeográficas (Figura 1b, Huber 1997). Independientemente de cuál mapa se utiliza, ya que ambos son muy similares, esta

diferenciación implica que los sistemas acuáticos ubicados en diferentes regiones deben ser diferentes o por lo menos, la diferencia intra-regional debe ser menor que la inter-regional (Ross 1963, Corkum 1989, 1990, 1992, Cressa 2002a). Igualmente, se ha mencionado que los ríos no son solo canales transportadores de agua sino que existe una interacción entre el sistema terrestre y el sistema acuático, lo cual da como resultado que los ríos reflejan las características (geológicas, uso de la tierra, etc.) del área por la cual transcurren (Hynes 1975, Cressa 1994). Esta concepción del sistema acuático ha dado origen a tres importantes

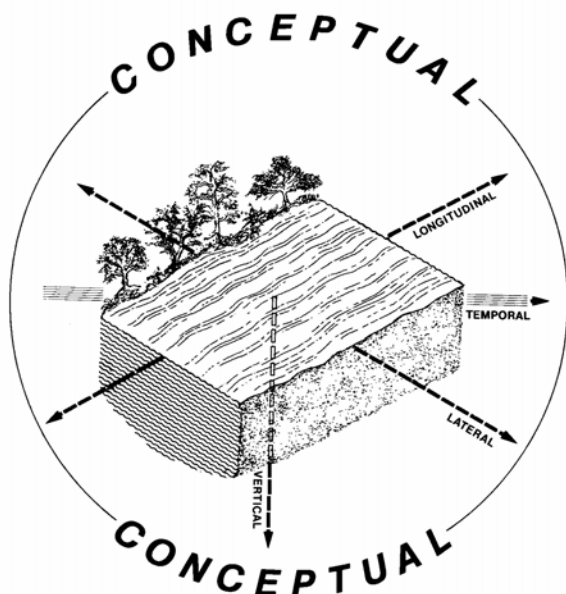


Figura 3. Representación gráfica del enfoque 5-dimensiones (Modificado de Boon 1992)

conceptos de funcionamiento:

(i) Continuo: Las características morfológicas, geológicas y físico-químicas del sistema lótico sirven de matriz para la composición biótica del sistema (Vannote *et al.* 1980; Figura 2)

(ii) Integración dimensional: Las características de un sistema lótico en una determinada área no pueden ser vistas en una sola dimensión sino como la integración de cinco dimensiones (Ward 1989, Boon 1992; Figura 3)

(iii) Pulso de inundación: La secuencia hidrológica, producto de los pulsos de inundación, es el principal proceso que produce y mantiene las llanuras de inundación y, es el responsable de las adaptaciones que se han producido en la biota (Junk *et al.* 1989, Junk 1997; Figura 4)

Este marco teórico es el que ha servido de base a cualquier tipo de estudio, desde descriptivo (taxonómico, estudios básicos para caracterizar al sistema, etc.) hasta funcional (cuantificación de procesos). En consecuencia, al escoger un sistema ubicado en una determinada región para realizar estudios, los resultados son vistos como representativos de la región, aún cuando el estudio haya sido planteado en términos puntuales.

A fin de ilustrar este aspecto voy a utilizar estudios representativos de las diferentes regiones del país:

1. Piedemonte Andino y Andes

1.1. Perturbación y estructuración de comunidades

Los estudios realizados por Flecker y sus colaboradores (Flecker 1992, 1997, Flecker y Feifarek 1994) en los ríos Las Marías (Estado Portuguesa 9°11'N, 69°42' O) y Albarregas (Estado Mérida, 8°39'N, 71°10' O), ilustran la importancia de las variables abióticas (régimen de pluviosidad) en la estructuración de las comunidades neotropicales. Igualmente, se evidencia la importancia de la actividad de ciertos componentes de la comunidad (peces) en alterar la heterogeneidad del sistema, dando como resultado una variación en la composición de la comunidad de macroinvertebrados. Esta actividad biótica es lo que se conoce como ingenieros ecológicos (Flecker 1996).

1.2. Índices bióticos

Estudios que se están realizando en este momento por el grupo dirigido por el Dr. Samuel Segnini en la Universidad de Los Andes, tienen como objetivo la caracterización de los ríos andinos y el diseño de un índice biótico para la región. En líneas generales, la conclusión obtenida de este estudio es que la conductividad es la variable que permite el establecimiento de ecoregiones en los ríos andinos.

2. Región Zuliana

El estudio realizado por Bello (1985) en diferentes ríos de la región del Guasare (Caños Carichuano, Paso del Diablo y R. Guasare), permite clasificar a estos ríos como de aguas duras por el alto contenido de carbonatos (alta capacidad buffer). Igualmente, los ríos se caracterizan por una alta variación morfométrica del cauce, debido a la frecuencia de lluvias torrenciales que producen altas fluctuaciones del nivel de agua: desde desbordamientos hasta ríos intermitentes, con su consecuente efecto en la composición de las comunidades macrobentónicas.

Los estudios sobre comunidades de macroinvertebrados realizados por Rincón (1996), Rincón y Cressa (2000) en el Caño Paso del Diablo (72°42' - 72°22' O y 10°42' - 10° 08' N), ilustran ampliamente este aspecto. En dicho caño, la

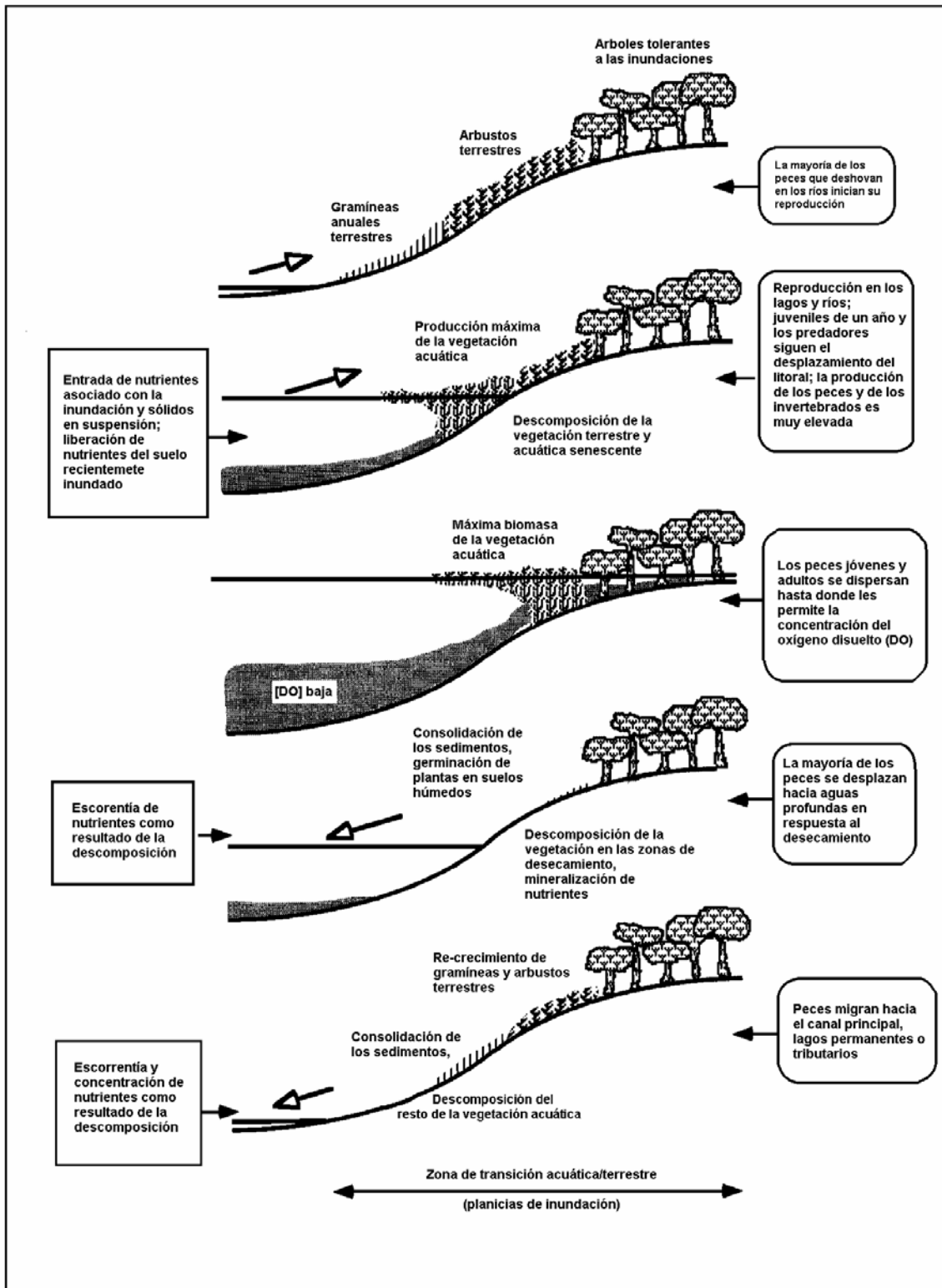


Figura 4. Representación esquemática del concepto pulso de inundación (flood-pulse concept) a lo largo de un ciclo hidrológico anual (Modificado de Bayley 1995)

Tabla 1. Concentración de las variables químicas determinadas en diferentes estaciones del Río Orituco. Tomado de Cressa y Senior (1987).

Localidad	pH	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Ca ⁺⁺ (mg/L)	Mg ⁺⁺ (mg/L)	NO ₂ -N (µg/L)	NO ₃ -N (µg/L)	TDP (µg/L)	TPP (µg/L)
Quebrada Guatopo (Estación 1)								
Media	8,11	42,2	12,4	2,76	0,58	108,13	4,35	1,57
SD	0,18	5,28	2,69	1,40	1,57	72,12	1,86	0,49
Uverito (Estación 2)								
Media	8,28	83,44	24,93	5,17	2,42	68,16	8,10	3,09
SD	0,24	6,55	3,13	2,39	4,08	60,99	3,66	1,72
Roble (Estación 3)								
Media	8,21	116,24	33,24	8,10	14,7	29,09	10,80	3,41
SD	0,21	7,73	4,64	3,11	24,62	9,98	7,30	1,66

composición de la comunidad esta correlacionada con cada una de las fases en las cuales fue dividido el flujo de agua (alto, medio y bajo caudal).

Un aspecto interesante y aún no estudiado en estos ríos con alto contenido de carbonatos, es la existencia de adaptaciones fisiológicas (respiración y alimentación) a la deposición de carbonatos. Este aspecto será retomado más adelante.

3. Cordillera del Interior

El río Orituco es el sistema utilizado para caracterizar a los ríos de esta región. En este río se han realizado una diversidad de estudios: (i) caracterización físico-químicas del sistema en diferentes puntos a lo largo del cauce (Cressa y Senior 1987); (ii) composición de la comunidad de macroinvertebrados (Cosme 1985, Cressa 1994), (iii) ciclaje de nutrientes en la sub-cuenca El Ingenio (Espinoza 1986); (iv) relaciones tróficas de las principales especies de macroinvertebrados (Trías 1986); (v) caracterización química, producción primaria, cuantificación de las entradas de Nitrógeno y Fósforo y Balance hidrológico del Embalse de Guanapito (Soriano y Cressa 1989, Cressa y Senior 1990, Cressa 1995a, 1995b), (vi) transporte de material orgánico (Park 1984) y, producción secundaria de macroinvertebrados (Cressa 2002a).

Los resultados de estos estudios pueden ser resumidos a continuación tanto en sus aspectos hidrofísico-químicos como biológicos:

3.1. Hidrofísico-químico

En general, la concentración de algunos cationes (Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺) es mayor que la indicada para ríos de Sur-América (Livingstone 1963). Igualmente, la concentración de las variables químicas a lo largo del río, no es constante sino que varía reflejando las actividades de la tierra por la cuál atraviesa (Tabla 1).

En líneas generales, se observa un incremento en la concentración de los diferentes parámetros determinados a medida que nos alejamos de las cabeceras. Sin embargo, la excepción a esta generalización la constituyen los nitratos (Tabla 1), cuya concentración es mayor del esperado en una zona donde no existe contaminación industrial (aproximadamente el doble del encontrado en la estación con mayor actividad agrícola). Esta característica particular del sistema, va a redundar en la necesidad de prácticas de manejo adecuadas del embalse para garantizar la calidad de agua apta para el consumo humano.

Cualquier incremento en la actividad agrícola conllevaría a un incremento en la concentración de nitrógeno inorgánico del embalse. Este aspecto, acoplado a un incremento de la población, con su consecuente influencia en la concentración de fósforo, alteraría la actual relación molar N:P (32:1, Cressa 1995) que controla el crecimiento algal y, es responsable de la calidad de sus aguas. Para el momento de los análisis, el Embalse de Guanapito podía ser considerado como oligotrófico con tendencia hacia una mesotrofia (Cressa y Senior

Tabla 2. Características morfológicas de algunos ríos de Venezuela.

Río	Area (km x 1000)	Longitud (km)	Precipitación media anual (mm)	Descarga media anual (m ³ /s)
Orinoco	1.123	1.530	2.550	33.000
Caroní	93	730	2.600	4.100
Caura	47	500	2.950	2.700
Cuyuní	89	490	1.800	2.400
Ventuari	36	430	3.150	2.000
Apure	167	700	2.200	2.000
Paragua	36	470	2.900	1.700
Ocamo	20	150	3.000	1.000
Orituco	12	74,5	1.084 ^a	1,09 ^a
Camurí Grande	0,031	9,3	617	0,15

^aEstación Uverito (8 km de Altagracia de Orituco)

1990).

Igualmente, las fluctuaciones en la concentración de los variables químicas determinadas están correlacionadas con la descarga del río y su consecuente incremento de nivel del embalse (Cressa y Senior 1987, Cressa y Senior 1990).

3.2. Biológicas

En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados los siguientes resultados fueron obtenidos:

a. La composición de la comunidad de macroinvertebrados no es estadísticamente diferente en las estaciones de muestreo establecidas en el R. Orituco (Cosme 1985). No obstante, fue evidente que los Ordenes Trichoptera (31,4 %) y Coleóptera (28,6 %) tienen una representación mayor en la estación por debajo del embalse (60%) que en las dos estaciones más cercanas a la cabecera (32,7 % Est. 1 y 38,4 % Est. 2, Cosme 1985). La estación 2 se caracterizó por tener el mayor porcentaje de organismos pertenecientes al Orden Ephemeroptera (41,4%) y Megaloptera (8 %). Es interesante que este resultado no se correlaciona con las concentraciones de materia orgánica transportadas, ya que se esperaba que la mayor concentración

debería encontrarse en la estación 3, tanto por efecto del embalse como por la vegetación ribereña. Sin embargo, se encontró todo lo contrario (Park 1987): la mayor concentración la presentó la estación 1 (2.626 mg/m³), mientras que la menor se presentó en la estación 3 (74,68 mg/m³) y, un valor intermedio en la estación 2 (95,93 mg/m³).

b. El régimen hídrico tiene influencia en la composición de la comunidad, presentándose una densidad mayor durante la época seca junto con una composición característica de especies, mientras que la época de lluvia se caracteriza por una menor densidad pero una mayor diversidad (Cressa 1994, Maldonado *et al.* 2001)

c. Los valores de producción secundaria en las especies en que esta fue determinada (*Thraulodes*, *Nectopsyche*, *Leptonema* y *Anacroneuria*) fueron más elevados que los publicados para sistemas subtropicales o tropicales (291 – 1724 mg/m²/año, Cressa 2001)

d. La comunidad macrobentónica puede considerarse como estable ya que a lo largo de cuatro años (1983-1987) solo una especie fue reemplazada por otra (*Leptonema* sp. por *Smicridea* sp., Cressa 1994).

4. Cordillera de la Costa

Esta región esta representada por los estudios que se vienen realizándose en el río Camurí Grande donde: (i) nuevamente se evidencia la secuencia estacional de especies (Cressa 1998); (ii) la relación entre densidad y época del año (mayor densidad en el período de sequía (Cressa 1998); (iii) la baja densidad de predadores y fragmentadores a pesar de ser un río de tercer orden y (iv) una alta resiliencia ya que la recuperación de la comunidad de macroinvertebrados se inicia dos semanas después del evento (Cressa 2002b), (iv) una producción secundaria relativamente baja (4–483 mg/m²/año) correspondiente a la baja densidad promedio de macroinvertebrados (213 org/m², Cressa 2002b).

ESTUDIOS INTEGRALES

Independientemente del tipo de estudio siempre debemos considerar el aspecto de escala. En este contexto, es obvio que no puede ser lo mismo estudiar la cuenca del Orinoco (o cualquiera de las cuencas de sus principales tributarios) que cualquier otra cuenca del país. La Tabla 2, claramente evidencia las diferentes escalas de trabajo. En consecuencia, en este contexto el uso de la palabra integral la estoy utilizando para caracterizar aquellos estudios realizados en cuencas hidrográficas de grandes ríos. En líneas generales, la mayoría de estos estudios sigue la secuencia natural de los estudios ecológicos: (i) caracterización físico-química del sistema, que en este caso es logísticamente más complicado por la magnitud del sistema al implicar variaciones longitudinales, horizontales y verticales, (ii) descripción y cuantificación de la biota y (iii) procesos. Los ejemplos de este tipo de estudios, se reducen, en nuestro país, a los que se vienen realizando en el Río Orinoco y que brevemente se presentan a continuación.

i. Caracterización físico-química de la cuenca alta y baja

Una gran parte de estos estudios se resumen en el libro editado por Weibezahn *et al.* (1990) además de otras publicaciones (Lewis 1988, Lewis y Saunders 1984, 1989, Lewis *et al.* 1986, Vásquez 1989, Vásquez y Wilbert 1992, Monente 1991, Yanez y Ramírez 1988). Estos estudios indican en general, que existe una diferencia en la composición hidroquímica longitudinal y transversal del sistema como resultado directo de la influencia de los tributarios siendo la

concentración de iones menor en ríos de aguas negras que en la de aguas blancas.

ii. Producción primaria (Lewis 1988)

La producción primaria promedio anual es más elevada en los tributarios de aguas blancas (R. Apure, 26 mg/m²/d) que en los de aguas negras (Caura 13 mg/m²/d y Caroní 4 mg/m²/d), mientras que en el cauce principal varia entre 19 y 43 mg/m²/d, igualmente se establece que solo 37% de la producción anual se produce en las llanuras de inundación. Es decir el sistema se comporta como cerrado a pesar de ser un sistema abierto

iii. Cambios estacionales en la concentración de carbono, nitrógeno, fósforo y producción de bacterias (Castillo 2001, Villaró 1997, Vásquez 1995)

Las variaciones estacionales tanto del carbono orgánico disuelto como del nitrógeno son bajas cuando se las compara con las grandes variaciones en descarga. El nitrógeno no constituye un factor limitante mientras que el fósforo si lo es. Las variaciones estacionales en la producción bacteriana pueden estar influenciadas por materia orgánica de origen algal o de origen terrestre y, en general estas variaciones son de magnitud estacional menor que las existentes en ríos de zonas templadas. Por último, también resalta la diferencia en concentración de estos elementos dependiendo si se trata de aguas claras o aguas negras

iv. Peces (Rodríguez y Lewis 1997)

A pesar de la alta diversidad de peces que se encuentra en este río, es interesante resaltar que un solo factor, la transparencia del agua, puede predecir con un 82 % de precisión, la densidad numérica de los peces más abundantes.

A pesar de la diversidad de estudios mencionados anteriormente, todos en general tienden a indicar que los procesos ecológicos varían espacialmente pero que esta variación puede predecirse basados en factores morfométricos e hidrológicos (Lewis *et al.* 2000). En consecuencia, a diferencia de las llanuras de inundación de la zona templada, en los cuáles la intervención humana dificulta el análisis ecológico, las llanuras tropicales (Orinoco y Amazonas) se prestan a interpretación debido al alto grado de determinismo existente y, a la existencia de un marco sencillo de los principales controles que regulan los procesos bióticos y biogeoquímicos (Lewis *et al.* 2000).

La división *a priori* de parte de los estudios en sistemas lóticos realizados en Venezuela intenta analizar una de las preguntas más comunes que se hace el científico: la utilidad de sus estudios. Generalmente, se piensa que un estudio integral es más informativo por la magnitud del mismo por lo cuál, tiende a dársele poca importancia a estudios realizados en pequeñas cuencas aún cuando sean de naturaleza “integral”. Conscientemente he tratado de resumir en los párrafos anteriores estudios muy diferentes desde el punto de vista de objetivos y por ende del marco conceptual que los rige. No obstante, las conclusiones obtenidas en la mayoría de ellos son muy similares:

- a. Las variables hidrológicas y geomorfológicas tienen una relación directa en los procesos de funcionamiento del sistema
- b. Existe una estacionalidad en cualquier variable biótica (densidad, composición de organismos) o abiótica (concentración de algún elemento, descarga, velocidad) cuya magnitud va a depender de las características particulares del sistema
- c. La resiliencia en nuestros sistemas es muy alta
- d. Las interacciones agua – tierra son importantes en cualquier sistema y ellos determinan/influencian los procesos bióticos del sistema acuático
- e. Las tasas de crecimiento y producción son altas (Bayley 1995)

En consecuencia, los aspectos mencionados anteriormente tenderían a indicarnos que cualquier estudio ecológico independientemente del sitio donde se realice, puede servirnos para entender procesos ecológicos. Lo importante, es diferenciar/cuantificar los factores que regulan esos procesos ecológicos, los cuáles seguramente son diferentes de un sistema a otro.

Igualmente, desde el punto de vista biológico, las adaptaciones, presencia o ausencia de determinados organismos en ciertos ecosistemas acuáticos, no pueden entenderse aisladamente sino que deben estudiarse las características del hábitat en el cual estos se encuentran. Así por ejemplo, como mencione anteriormente, la naturaleza calcárea de ríos ubicados en la zona del Guasare y en la zona desértica de Falcón (Cataratas El Charo) determina que la formación de las casas de *Smicridea* (Trichoptera, Hydropsychidae) no puedan ser iguales a las que se encuentran en el R. Orituco. Es decir la casa típica de los Hydropsychidae, caracterizada por la construcción

de una red de captura de detritus y, anclada al sustrato, es substituida por una casa sin entramado y totalmente solidificada debido a la precipitación de carbonatos (Paprocki *et al.* 2003). Este tipo de casa debe dar como resultado diferentes patrones de flujo de agua a través de ella, lo cuál a su vez debe influir sobre la tasa respiratoria, tipo y captura de alimento.

Si lo mencionado anteriormente es cierto, podemos concluir que el realizar estudios a menor escala tiene una importante ventaja sobre los estudios integrales: economía y logística, factores que incuestionablemente son menores en estudios puntuales.

La consideración del costo en la realización de estudios ecológicos es una de las principales consideraciones tanto en la formulación de proyectos como en las posibilidades de financiamiento. La recolección de datos en el campo es una labor que es sumamente costosa (aproximadamente el 50% del total del proyecto) no vislumbrándose una disminución en el futuro, sino todo lo contrario. Por este motivo, existe preocupación en el ámbito científico en tratar de diseñar vías para que la información recabada pueda ser eficientemente utilizada: es decir que su uso traspase los objetivos iniciales (Morin 1997).

Por esta misma razón, se insiste en la necesidad de utilizar/diseñar modelos que permitan predecir procesos ecológicos y así evitar los costos involucrados en los muestreos de campo. Si bien es cierto que esto es altamente recomendable, no creo que estemos en capacidad de formular modelos adecuados para nuestros sistemas, porque aún existen áreas en las cuáles no tenemos suficiente conocimiento (producción primaria, ciclo de nitrógeno, funcionamiento de la zona hiporreica). La capacidad de predicción de los modelos esta directamente relacionada con la precisión de los datos en los cuales estos se basan.

Igualmente, a pesar de que tenemos muchos estudios descriptivos de nuestros sistemas, se requiere un mayor número de estudios en los cuales tanto la frecuencia de muestreo como la duración de estos (largo plazo) sean consideraciones específicas de su planificación. Obviamente, una de las áreas que requiere especial atención es la taxonómica, porque a diferencia de otras áreas de la zoología donde se han elaborado mapas de diversidad de aves y mamíferos (PDVSA 1992), no existe suficiente conocimiento de la fauna acuática para poder realizar una representación

similar.

Lo expresado en párrafos anteriores no debe interpretarse como que los estudios globales deben ser descartados. Todo lo contrario, el poder contar con una base de datos obtenida de estudios puntuales representativa de diferentes cuerpos de agua del país, permitirá enfocar los estudios globales hacia procesos específicos que permitan caracterizarlos y por ende ser más efectivos en la utilización de los recursos. De esta forma, podrá contarse en un futuro próximo con una base de datos adecuada para caracterizar hidrológica y biológicamente nuestros ríos.

De acuerdo a lo expuesto, puedo llegar a la conclusión de que los estudios puntuales: (i) son importantes para el conocimiento de nuestros sistemas lóticos; (ii) permiten determinar cuantitativamente la diversidad de nuestros ecosistemas; (iii) los resultados que allí se generan pueden ser extrapolados a otras regiones del país siempre y cuando los objetivos sean similares y se tomen en cuenta consideraciones de escala; (iv) los datos obtenidos tienen un aspecto práctico porque pueden ser utilizados para el mantenimiento y conservación de dichos sistemas; (v) permiten estudiar procesos de forma económicamente accesible a un mayor número de investigadores y (vi) el contar con una base adecuada de información de diferentes estudios puntuales, permite predecir la importancia de ciertos variables en el funcionamiento de los sistemas y por ende que deben ser enfocados en estudios que se realizan en grandes ríos.

Por último, deseo indicar que el sitio de estudio ideal es aquel que incluye zonas calientes: pequeñas áreas intactas que son de importancia crítica para el funcionamiento del sistema. Desafortunadamente, la mayoría de las veces la diferenciación de estas áreas solo es posible después de un conocimiento previo del sistema.

LITERATURA CITADA

- BAYLEY, P. B. 1995. Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience* 45: 153-158.
- BELLO, C. L. 1985. Consideraciones ecológicas de los caños de la región carbonífera del Guasare, Estado Zulia. Ediciones de la Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia, Maracaibo, Estado Zulia.
- BOON, P. J. 1992. Essential elements in the case for river conservation. Pp. 11-34, in Boon, P.J., P. Calow y G.E. Petts (ed.): *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons, New York.
- CASTILLO, M. M. 2001. Dinámica de la producción y abundancia bacterianas en ríos de la cuenca del Orinoco. Trabajo de Ascenso a Asistente. Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- CORKUM, L.D. 1989. Patterns of benthic invertebrate assemblages in rivers of northwestern North America. *Freshwater Biology* 21: 191-205.
- CORKUM, L.D. 1990. Intra-biome distributional patterns of lotic macroinvertebrate assemblages. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 2147-2157.
- CORKUM, L.D. 1992. Spatial distributional patterns of macroinvertebrates along rivers within and among biomes. *Hydrobiologia* 239: 101-114.
- COSME, S. 1985. Composición, distribución y diversidad de la fauna béntica del Río Orituco, Estado Guárico. Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- CRESSA, C. 1994. Structural changes of the macroinvertebrate community in a tropical river. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 25: 1853-1855.
- CRESSA, C. 1995a. Phosphorus and nitrogen loading of Guanapito reservoir, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 46: 270-273.
- CRESSA, C. 1995b. Water budget of Guanapito reservoir, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 46: 188-191.
- CRESSA, C. 1998. Community composition and structure of macroinvertebrates of the river Camurí Grande, Venezuela. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 26: 1008-1011.
- CRESSA, C. 2002a. Estudio biológico del río Camurí Grande, Estado Vargas. Informe CDCH. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- CRESSA, C. 2002b. El ecosistema Río Orituco-Embalse de Guanapito. Trabajo de Ascenso a Titular, Universidad Central de Venezuela., Caracas.
- CRESSA, C. y C. T. SENIOR. 1987. Aspects of the chemistry and hydrology of the Orituco River, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* 38: 99-105.
- CRESSA, C. y C.T. SENIOR. 1990. Características físico-químicas de las aguas del Embalse de Guanapito, Venezuela. *Ecotropicos* 3: 33-51.
- ESPINOZA, E. 1986. Ciclaje de nutrientes en una sección boscosa del Río Orituco, Estado Guárico (Venezuela). Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- FLECKER, A.S. 1992. Fish trophic guilds and the organization of a neotropical stream: weak direct vs. strong indirect effects. *Ecology* 73: 927-940.
- FLECKER, A.S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology* 77: 1845-1854.
- FLECKER, A.S. 1997. Habitat modification by tropical fishes: environmental heterogeneity and the variability

ESTUDIOS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE VENEZUELA

- of interaction strength. *Journal of the North American Benthological Society* 16: 286-295.
- FLECKER, A.S y B.P. FEIFAREK. 1994. Disturbance and the temporal variability of insect assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology* 31: 131-142.
- HUBER, O. 1997. Ambientes fisiográficos y vegetales de Venezuela. Pp. 279-298 , *in* La Marca, E. (ed.): Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela. Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida , Mérida, Venezuela.
- HYNES, H.B.N. 1975. The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 19: 1-15.
- JUNK, W.J. 1997. Structure and function of the large Central Amazonian River floodplains: Synthesis and discussion. Pp. 455-468 , *in* Junk, W.J. (ed.): The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system. Springer-Verlag, Berlin.
- JUNK, W.J., P.B. BAYLEY y R.E. SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
- LEWIS, W.M., Jr. 1988a. Primary production in the Orinoco river. *Ecology* 69: 679-692.
- LEWIS, W.M., Jr., S.K. HAMILTON, M.A. LASI, M. RODRIGUEZ y J.F. SAUNDERS, III. 2000. Ecological Determinism on the Orinoco Floodplain. *Bioscience* 50: 681-692.
- LEWIS, W.M., Jr. y J.F. SAUNDERS, III. 1984. Cross-Sectional variation in the chemistry and suspended sediment load of the Orinoco river at Ciudad Bolívar. *Acta Científica Venezolana* 35: 382-385.
- LEWIS, W. M., Jr. y J.F. SAUNDERS, III. 1989. Concentration and transport of dissolved and suspended substances in the Orinoco river . *Biogeochemistry* 7: 203-240.
- LEWIS, W.M., Jr., J.F. SAUNDERS, III., S.N. LEVINE y F.H. WEIBEZAHN. 1986. Organic carbon in the Caura River, Venezuela. *Limnology and Oceanography* 31: 653-656.
- LIVINGSTONE, D.A. 1963. Chemical composition. U.S. Geological Survey Prof. Paper 440-G, USA.
- MALDONADO, V., B. PEREZ, y C. CRESSA. 2001. Seasonal variation on the ephemeropteran community of four tropical rivers. Pp. 125-134 , *in* Domínguez, E. (ed.): Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera. Kluwer Academic/Plenum Publishers, N.Y.
- MONENTE, J. 1991. Análisis de la información sobre la hidroquímica del río Orinoco. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 51: 249-261.
- MORIN, A. 1997. Empirical models predicting population abundance and productivity in lotic systems. *Journal of the North American Benthological Society* 16: 319-337.
- PAPROCKI, H., R.W. HOLZENTHAL y C. CRESSA. 2003. A new species of *Smicridea* (Trichoptera: Hydropsychidae) from Venezuela and its role in travertine biogenesis. *Journal of the North American Benthological Society* 22:401-409.
- PARK, V. 1984. Dinámica del seston en el Río Orituco. Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- PETROLEOS DE VENEZUELA, S.A. 1992. Imagen de Venezuela - Una visión espacial. PDVSA, Caracas.
- RINCON, J. 1996. Análisis de la comunidad de insectos acuáticos en el caño Paso del Diablo, Guasare-Estado Zulia. Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela.
- RINCON, J. A. y C. CRESSA. 2000. Temporal variability of macroinvertebrates assemblages in a neotropical intermittent stream, Venezuela. *Archiv für Hydrobiologie* 148: 421-432.
- RODRIGUEZ, M.A. y W. M. LEWIS, Jr. 1997. Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco river. *Ecological Monographs* 67: 109-128.
- ROSS, H.H. 1963. Stream communities and terrestrial biomes. *Archiv für Hydrobiologie* 59: 235-242.
- SORIANO, M. y C. CRESSA. 1989. Producción primaria del fitoplancton en el Embalse de Guanapito. *Acta Científica Venezolana* 40: 372-380.
- TRÍAS, L. 1986. Relaciones tróficas en el bentos del Río Orituco, Estado Guárico. Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- VANNOTE, R.L., G.W. MINSHALL, K.W. CUMMINS, J.R. SEDELL y C.E. CUSHING. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- VASQUEZ, E. 1989. The Orinoco river: a review of hydrobiological research. *Regulated Rivers: Research and Management* 3: 381-392.
- VASQUEZ, E. y W. WILBERT. 1992. The Orinoco: Physical, Biological and Cultural Diversity of a Major Tropical Alluvial River. Pp. 448-471 , *in* Calow, P. y G.E. Petts (ed.): The Rivers Handbook. Hydrological and Ecological Principles. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- VASQUEZ, J.G. 1995. Estudio de las variaciones de carbono, nitrógeno y fósforo en el Río Autana, Estado Amazonas. Tesis de Licenciado en Biología, Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- VILLARO, M. 1997. Variaciones del bacterioplancton y carbono orgánico disuelto en dos ríos del Estado Amazonas. Tesis de Master en Ciencias, Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- WARD, J.V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 2-8.
- YANEZ, C. y A. RAMIREZ. 1988. Estudio geoquímico de grandes ríos venezolanos. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 48: 41-58.

Recibido 29 de octubre de 2003; aceptado 01 de julio de 2004