

LOS PECES COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA EN AMBIENTES ACUÁTICOS DE LOS LLANOS OCCIDENTALES DE VENEZUELA

Douglas Rodríguez-Olarte¹ y Donald C. Taphorn²

¹ UNELLEZ. Postgrado en Recursos Naturales Renovables. Mención Manejo de Fauna Silvestre y Acuática. Guanare, Portuguesa.

² UNELLEZ. Museo de Ciencias Naturales. Vice-Rectorado de Producción Agrícola. Guanare, Portuguesa, Venezuela 3310.

RESUMEN

Se modificó y utilizó el Índice de Integridad Biótica, IBI (Karr *et al.*, 1986), en caños del piedemonte en el Estado Portuguesa, para determinar la factibilidad de uso en Venezuela como método de evaluación y monitoreo en ambientes acuáticos de la región. El IBI aportó amplia información sobre la integridad biótica en los ambientes estudiados. La correlación de valores artificiales asignados a apreciaciones visuales sobre el ambiente acuático y su entorno, con los valores obtenidos por el IBI demostró una marcada similitud. Las limitantes en la aplicación del IBI en los llanos occidentales radican en: una enorme riqueza de especies, omnivoría como nivel trófico dominante en las comunidades de peces, variabilidad natural en los patrones de su distribución espacial, abundancia y grado de tolerancia de los mismos, difícil ejecución de muestreos por la complicada estructura de los hábitat, deficientes registros de pesca (científica y comercial), la variabilidad en el modelado hidrográfico y el clima. Se recomienda la estandarización de los muestreos como base para aplicar evaluaciones periódicas de ambientes acuáticos y la determinación de las condiciones físico-bióticas del cuerpo de agua y su entorno como medio de sustentación para la interpretación del Índice de Integridad Biótica.

Palabras clave: IBI, peces, comunidades tropicales, gremios tróficos, ríos.

ABSTRACT

The Index for Biological Integrity or IBI developed by Karr *et al* (1986) was modified and applied in streams of the Andean piedmont region of the state of Portuguesa in Venezuela, to test whether this index would be useful to evaluate and monitor aquatic

ecosystems of this area. The IBI did provide ample information about the aquatic integrity of the streams that were studied. Subjective visual evaluations of the aquatic habitat and surrounding area at each site correlated well with the IBI values. Limitations for application of the IBI here are: the high species diversity; the prevalence of omnivory among most species of fishes present; natural variability in the spatial distribution patterns, abundance and tolerance to contaminants; difficulty of quantitative sampling at sites with complex habitat structure; lack of baseline data on original fish distribution patterns (pre-impact); and natural variability in streamflow and climate. We recommend the standardization of sampling as a prerequisite for monitoring of these aquatic habitats, and the measurement of the physical and biological components of the water body and surrounding area as a means to substantiate to use of the Index for Biological Integrity.

Key words: IBI, fish, tropical communities, trophic guilds, rivers.

INTRODUCCION

Muchos de Nuestros ríos son objeto de alteraciones que van desde la construcción de represas hasta el vertido de biocidas, incluyendo la sobrepesca y la canalización, que han afectado a muchas especies de peces de importancia comercial (Fernández y Taphorn, 1984). La notable disminución de las cosechas pesqueras y el aumento de la sedimentación, son prueba del grado de afectación del hombre sobre muchos ambientes acuáticos del país (Chapman, 1980). La evaluación de estos cuerpos de agua generalmente se basa en la medición de factores físico-químicos y, como regla general, se asume en función de los mismos la calidad de la misma para uso humano y no la integridad biológica del ecosistema, que viene a ser el factor delimitante ante el cual se desarrollan variadas e intensas actividades humanas. Igualmente, los estudios biológicos solo arrojan resultados parciales, no pudiendo ser subsecuentemente aplicados, ya sea por los costos de operatividad o herramientas de estudio para el seguimiento de la integridad biológica.

En sentido estricto, las comunidades reflejan la ocurrencia y combinación de factores ecológicos, puesto que los organismos son sensibles a los cambios y arreglos de estos (Karr *et al*, 1986); por esto, diversos grupos de animales se emplean como indicadores de la integridad ambiental. Sin embargo, muchos no son aptos para este fin, existiendo limitaciones en el conocimiento de su taxonomía o ciclos de vida, entre otros aspectos (Karr, 1981). Los peces, como organismos indicadores, poseen muchas ventajas: información amplia sobre su historia taxonómica y biológica. Las comunidades de peces contienen especies ubicadas en diferentes niveles tróficos; se presentan en muy variados ambientes y bajo diferentes condiciones de intervención humana. En este trabajo se aplica, mediante previas modificaciones, el Índice de Integridad Biótica en los caños del piedemonte del estado Portuguesa, con la finalidad

de determinar su potencialidad como método de uso estándar en el análisis y monitoreo de los ambientes acuáticos de la región.

ANTECEDENTES

En el país no se citan trabajos que apliquen el Índice de Integridad Biótica (IBI). Sin embargo, varios autores relacionan la calidad del hábitat con su ictiofauna ocurrente. Machado-Allison (1987), en el estudio sobre la historia natural y la ecología de los peces del llano venezolano, relacionó los aspectos tróficos y reproductivos de los peces con las características ambientales de la región, así como también la gran relación existente entre heterogeneidad espacial y el nivel de adaptación de los peces a la misma. La riqueza y diversidad ícticas en los ríos Caris y Pao del Estado Anzoátegui, fueron determinadas por Brull *et al* (1985); estos autores compararon las especies de peces según los hábitat presentes en cada cuerpo de agua para esa región del país. Andrade y Moscó (1985) analizaron el grado de afectación humana sobre los ambientes acuáticos de la cuenca del Lago de Maracaibo, en función de la pasada y actual distribución de especies en la misma, encontrando que ciertas especies ya no se ocurren en varios lugares de esa provincia zoogeográfica, debido posiblemente a la contaminación de sus ambientes acuáticos.

La utilización de índices de diversidad biológica ha sido empleada como una aproximación a la integridad biótica. Por ejemplo, Taphorn y García (1991) aplicaron el índice de diversidad de Simpson en diferentes ambientes del Río Claro, Estado Bolívar, utilizando la diversidad específica como patrón válido de comparación en función de la integridad biológica. Sin embargo, Fausch *et al*, (1990) analizaron a las comunidades de peces como indicadores de la degradación ambiental, comparando las ventajas y desventajas entre métodos cualitativos y cuantitativos de evaluación. Estos autores advierten que los índices clásicos de diversidad y uniformidad no son aceptados por la mayoría de los investigadores, desde hace unos veinte años, aún cuando la factibilidad de su uso radica en la posibilidad de comparar sus resultados con otras medidas de integridad biótica. Al contrario, el Índice de Integridad Biótica y el análisis multivariado ofrecen resultados más sustanciales en investigaciones de este tipo.

El IBI fue propuesto y desarrollado por James Karr, como medio para evaluar la degradación en ambientes acuáticos del oeste medio de los Estados Unidos de Norteamérica. El mismo se basa en el arreglo de atributos ecológicos de las comunidades ícticas: riqueza de especies, taxones indicadores (grados de tolerancia), niveles tróficos, abundancia de peces e incidencias de hibridización, enfermedades y anomalías. El IBI integra los niveles de organización de comunidad, población y organismos para evaluar la integridad biótica (Fausch *et al*, 1990) mediante la comparación de los atributos ecológicos presentes en dos o más ríos de una provincia zoogeográfica común y con características físicas similares.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubicó en las estribaciones bajas de la zona de transición de piedemonte andino con los llanos, en el distrito Guanare del estado Portuguesa (figura 1). Rengel *et al.*, (1983) citan una precipitación promedio anual de 1544,3 mm. (presencia de dos periodos climáticos definidos: sequía y lluvias) con una temperatura promedio de 26,7 C°, y altitud de 163 msnm (estación Guanare-Aeropuerto). El área presenta un uso intensivo de sus hábitat por diversos sistemas de producción. La intervención humana se caracteriza principalmente por el vertido de efluentes residuales domésticos sin tratamientos depurativos previos (Guanare y pequeños poblados), agrícolas e industriales sobre varios cuerpos de agua del área: por la deforestación y la pesca indiscriminada. Esto ha afectado profundamente la integridad biológica en los ecosistemas terrestres y acuáticos de la región.

Los ambientes acuáticos escogidos fueron (tabla 1): Quebrada Los Manires, un curso de agua de muy bajo caudal que nace a unos 4 km. del poblado de Tierra Buena (estación A: 9° 13' 50" N.; 69° 11' 15" O.), siendo el ambiente menos intervenido del conjunto; Caño Maraca (estación F: 9° 13' 50" N.; 69° 28' 45" O.), se origina por la confluencia de cañitos de régimen intermitente y atraviesa zonas muy intervenidas. El caño Igües se forma a partir de la unión de las quebradas Las Flores-Igüesito (estaciones B y C: 8° 59' 50" N.; 69° 42' 50" O. y 8° 58' 49" N.; 69° 42' 05" O.) y la quebrada Mederos; este ambiente resulta ser el más afectado, ya que en el mismo caen las aguas servidas de la ciudad de Guanare y del pueblo de Papelón (estación E: 8° 57' 15" N.; 69° 30' 00" O.), además de recibir descargas de biocidas de las fincas ubicadas en su trayecto (estación D: Finca los Geyes. 8° 57' 10" N.; 69° 57' 30" O.).

METODOLOGIA

En tres caños con diferentes condiciones de intervención humana, desde características prístinas hasta la existencia de cloacas, se ubicaron seis estaciones de muestreo (figura 1), seleccionándose cuatro en el caño Igües (una antes del ingreso de las descargas cloacales de la ciudad de Guanare al mismo y tres aguas abajo de estas). Para cada uno de los ambientes restantes (quebrada Los Manires y Caño Maraca) se escogió una estación de muestreo equiparable a otra en el caño Igües (similares condiciones físicas: caudal, profundidad, anchura, etc.). Se elaboró un índice de valoración subjetiva del medio, considerando el olor y color de las aguas, transparencia, tipo de sustrato, abundancia de materia orgánica, deforestación de las riberas y abundancia de desechos sólidos. A cada uno de estos siete aspectos se les adjudicó un valor máximo de 10 cuando el mismo presentaba condiciones ecológicas ideales y un mínimo de 0 cuando su degradación era extrema (un caño con un valor total de 70 tendría condiciones prístinas)

La pesca

Se tomaron muestras mensuales de la ictiofauna entre los meses de noviembre a mayo. En lugares representativos, se pescó utilizando redes de malla fina (5 mm) y de diferentes longitudes, por un tiempo aproximado de dos horas y en un tramo de caño con una distancia continua promedio de 50 metros o en puntos con hábitat diferentes a lo largo del cuerpo de agua (pozos, refugios y zonas de corriente); esto con el fin de obtener la mayor relación riqueza-abundancia de especímenes bajo condiciones estandarizadas de muestreo. Los peces así colectados se preservaron en formol al 10% y fueron trasladados al Museo de Ciencias Naturales Guanare (MCNG), para su posterior identificación y análisis.

Los datos

Los datos se analizaron según la metodología empleada para el Índice de Integridad Biótica (Karr et al, 1986). La información obtenida se basó en: A) Especies y número de individuos por especie; B) Estrategias de vida de los peces presentes en cada comunidad; estas son definidas, según Winemiller y Taphorn (1989), de la manera siguiente: Estrategia K, caracterizada por la alta sobrevivencia de juveniles y adultos, baja fecundidad, una vida larga (tiempo de regeneración), iteroparidad y por una estable densidad poblacional; Estrategia r1, asociada con baja sobrevivencia de juveniles y adultos, baja fecundidad, vidas cortas, iteroparidad y densidades poblacionales variables; Estrategia r2, con baja sobrevivencia de juveniles pero alta sobrevivencia en adultos, alta fecundidad, vidas largas y grandes fluctuaciones de la densidad poblacional; C) Tolerancia Aparente de los peces a la intervención de su hábitat (se establecieron cuatro (4) rangos de tolerancia de las especies: MT: muy tolerantes T: Tolerantes, RT: Regular Tolerancia y NT: No Tolerantes), y D) Niveles Tróficos, utilizando la clasificación empleada por Taphorn (1992): carnívoros, herbívoros, omnívoros y detritívoros, incluyéndose la categoría de invertívoro.

El análisis

Se modificó y empleó la metodología del Índice de Integridad Biótica (Karr et al, 1986). Esta originalmente se presenta en una serie de doce medidas, agrupadas en tres categorías:

1) Composición y Riqueza de especies:

- 1) número total de especies.
- 2) especies sensitivas a la degradación como indicadoras.
- 3) especies adaptadas a hábitat pobres.
- 4) especies longevas.

- 5) número de especies intolerantes.
- 6) proporción de individuos de especies dominantes.

II) Composición Trófica:

- 7) proporción de individuos omnívoros.
- 8) proporción de individuos insectívoros.
- 9) proporción de individuos piscívoros.

III) Condición y abundancia de peces:

- 10) número de individuos por esfuerzo de muestreo.
- 11) proporción de híbridos.
- 12) proporción de individuos con enfermedades, tumores, daños en las aletas y anomalías óseas.

Los valores obtenidos en cada una de las medidas (de 1 a 5) se totalizaron para expresar el valor del IBI característico en cada estación de muestreo. El valor del IBI resultó de la suma de valores asignados a las medidas, cuyos números oscilan entre 5, 3 y 1. Siendo así, a un determinado valor total del IBI obtenido (entre 6 y 45) se le asignó una determinada clase de integridad biológica (Karr *et al.*, 1986), en la cual un máximo valor indica un ambiente fluvial en excelentes condiciones y uno mínimo el ambiente con extrema degradación. Las medidas 11 y 12 fueron obviadas debido a que la hibridización en ambientes acuáticos tan complejos como los tropicales es común, igualmente la frecuencia de aparición de enfermedades y anomalías en los peces durante el período climático seco. Se ubicaron especies autóctonas equivalentes, en cuanto a historias de vida, con las consideradas en la concepción original del IBI.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los peces

Se colectaron y analizaron casi 6.000 peces, agrupados en 21 familias y 77 especies (tabla 2). Las familias Characidae y Loricariidae contaron con el mayor número de especies (26 y 13 respectivamente) y casi la totalidad de las familias restantes (13) fueron representadas por una sola especie. Aproximadamente el 78% de las especies fueron colectadas en la estación E y sólo una especie (*Hoplosternum littorale*) fue capturada en la estación de muestreo C. En la figura 2 se observa la drástica variación en el número de especies colectadas en el caño Igües (debido a la ingreso de las cloacas al caño en la estación C. Es de notar que entre las estaciones B y E existe

una distancia de unos 30 kilómetros, se deduce así que el tipo de contaminación en este ambiente es principalmente de tipo orgánico (eutrofización), por el rápido incremento en el número de especies (elevándose los niveles de oxígeno disuelto aguas abajo).

El Índice de Integridad biótica y las modificaciones en sus categorías y medidas.

Primera Categoría: Composición y Riqueza de Especies. El área de estudio es una franja límite de distribución para muchas especies, además de las que en esa zona se distribuyen de manera habitual. Especies como *Creagrutus af beni* tienen una distribución restringida al piedemonte y *Rhaphiodon gibbus* solo se había colectado en los caños Guarítico y Caicara, Edo. Apure, y en el río Guárico (Taphorn, 1992) pero aparece, de forma común, en los muestreos practicados en el punto E (Puente Papelón). Medidas:

- 1) Total de especies de peces: En fuerte contraste con la diversidad de peces en la zona templada, en la cuenca del río Apure existen aproximadamente unas 352 especies de peces (Taphorn, 1992). El número mínimo de especies colectadas en un muestreo para los caños Igüesito y quebrada los Manires fue de 15 y 16 respectivamente; independientemente que existan más especies en los mismos, se consideró a estas muestras como número válido para el IBI (criterio escogido para las otras estaciones muestreo). La tabla 2 presenta los valores de esta medida en relación al número de especies posibles a colectar en los caños bajo estudio. El criterio original del IBI, número de orden, se sustentó con dos características físicas del cuerpo de agua (anchura y profundidad); estas vienen a ser básicas en cuanto a la presencia de ciertas especies. El número de orden no se consideró válido *per sé* ya que, por lo menos en esta región y a cortas distancias, no mantiene una relación directa con los cuerpos de agua, sus dimensiones y la riqueza de especies. Estos ambientes, por ubicarse en abanicos de explayamiento aluvial (Luís Rengel com. pers.), tienden a bifurcar o entrecruzar sus cauces. Se determinaron dos tipos de caño bajo esta concepción: tipo I y II (tabla 3). Este criterio de evaluación permitió ordenar los valores parciales del IBI: 5, 3 y 1, para esta medida. El máximo valor se asignó cuando en las muestras se presentó un número mayor o igual a 20 y 35 especies, para los caños I y II respectivamente.
- 2) Especies sensitivas a la degradación como indicadoras: Esta medida incluye aquellas especies de hábitos bénticos con características importantes en relación a la reproducción y alimentación (Page en Karr *et al*, 1986). Alteraciones como la canalización o sedimentación por contaminación orgánica o deforestación agrícola y la reducción del oxígeno disuelto en el agua son agentes que afectan negativamente estas especies. Peces bénticos en el área de estudio están representados por varias familias (especialmente del orden Siluriformes) pero muchos de estos son capaces de soportar condiciones adversas del hábitat (ejemplo: Callichthyidae). En la tabla 2 se observan las especies que, según su tolerancia aparente, pueden incluirse en esta medida, así

como las especies no tolerantes. Especies empleadas son *Parodon apolinari*, y *Corydoras habrosus*. Los géneros *Creagrutus* y *Parodon* tienen una abundancia moderada en el piedemonte, por lo cual su probabilidad de captura varía hacia los puntos de muestreo más distantes del mismo.

- 3) Especies adaptables a hábitat pobres o aspectos de la Estructura del Hábitat en dichos ambientes: Muchos peces del llano tienen la posibilidad de adaptarse a hábitat pobres, utilizando la capacidad de asimilar el oxígeno atmosférico o cambiar sus hábitos alimentarios (Taphorn, 1992). El hecho de encontrar peces en los puntos de muestreo C y D (Cloacas y Finca los Geyes) es un indicio de la capacidad de adaptación y tolerancia de estas especies a condiciones adversas. Es de notar que casi todas las familias presentan especies con características (tabla 2) tolerancia y muy tolerantes. Se colectaron 36 especies adaptables a hábitat pobres y en las especies ya reportadas para el área de estudio (48) se pueden citar de manera aproximada unas 16. Casi la mitad de las especies reportadas (124) para la zona son adaptables a hábitat pobres.
- 4) Especies longevas: Los peces con estrategias r1 (casi todos los carácidos) presentan una gran sincronía con la estacionalidad climática en relación a sus aspectos reproductivos y tróficos, razón por la cual tienen un tiempo de regeneración corto (vidas de corta duración) y aún cuando en varios casos su tolerancia a los cambios ambientales entre una estación climática y otra sea manifiesta, tal estrategia es un indicio de la carencia a soportar las fluctuaciones en el medio. Al contrario, las especies longevas (estrategias de vida r2 y K) viven sometidas a los cambios climáticos que ocurren en los cuerpos de agua. Las mismas deben soportar, año tras año, las variaciones en las concentraciones del oxígeno disuelto, la temperatura, la disponibilidad de alimentos, etc.

No se consideraron a las especies migratorias como el coporo (*Prochilodus mariae*), palambra (*Brycon whitei*), bagres rayados o tumames (*Pseudoplatystoma* spp.) y palometas (*Mylossoma* sp.), entre otros, para esta medida ya que los mismos explotan diversos ambientes; aunque es cierto que su presencia en un hábitat para un momento determinado, puede ser indicar la calidad del mismo. Tampoco se han incluido a juveniles o larvas, ya que las mismas no son prueba de que puedan (por lo menos la edad 0) tener la misma capacidad de asimilar las fluctuaciones ambientales que los adultos.

- 5) Especies intolerantes (no tolerantes) a cambios que implican degradación del cuerpo de agua: Karr *et al.* (1986) señalan que las especies sensitivas a la degradación del hábitat, especialmente por sedimentación, son intolerantes. Los géneros de hábitos béticos *Characidium*, *Farlowella* e *Hypoptopoma*, se consideran en la mayoría de sus especies como no tolerantes (Alex Flecker, com. pers.), así como también las especies *Hemibrycon metae*, *Creagrutus* sp. nov. y *Creagrutus bolivari* (tabla 2). El grado de tolerancia de las especies parece variar cuando las mismas habitan en diferentes biotopos: un pequeño cíclido (*Apistogramma hoignei*) y un Carácido (*Acestrorhynchus microlepis*) fueron colectados en el caño Maraca y no en su depauperado equivalente (caño Igües); no obstante, estas dos especies se han

colectado compartiendo el hábitat en otros ambientes, como los Módulos de Mantecal (Edo. Apure) y en condiciones ecológicas muy severas.

Probablemente, aún cuando no han sido reportados en los caños estudiados, pueden presentarse especies no tolerantes colectadas en lugares cercanos (con muy baja intervención del ambiente) como: *Leporellus vittatus*, *Abramites hypselonotus*, *Leporinus yophorus*, *Astyanax superbus*, *Astyanax polylepsis*, *Moenkhausia copei* y *Curimatella bolivarensis*. Una medida omitida, desde el punto de vista cuantitativo fue la proporción de especies que han aumentado su abundancia relativa en cuerpos de agua degradados, pasando de incidentes a dominantes. Su exclusión se basó en el hecho que de manera natural, las poblaciones de peces pueden variar drásticamente su número de un lugar a otro en los ambientes acuáticos llaneros (Machado-Allison, 1987) y que no se disponen de registros anteriores para comparar estas variaciones.

Segunda Categoría: Composición Trófica. La energía disponible y la resultante dinámica trófica de una comunidad acuática son parámetros finitos que determinan las alteraciones en la estructura poblacional de los peces que comprenden cada comunidad (Karr *et al*, 1986). Las especies de peces pueden ser clasificadas dentro de grupos tróficos, para el caso del IBI, con base a los hábitos alimenticios de peces adultos. Por medio de la estructura trófica de una comunidad de peces se obtiene información indirecta sobre las alteraciones en la calidad del agua u otras modificaciones en el hábitat, incluyendo el uso o abuso de la tierra en la cuenca, que influyen en la disponibilidad de alimentos (Karr y Dudley, 1978).

Aún cuando es conocida la gran capacidad de los peces del llano para asimilar variados tipos de alimentos, según la época climática o el tipo de hábitat en el que viven (Machado-Allison, 1987), en ciertas especies e incluso familias los hábitos alimentarios son restringidos en cuanto a la amplitud de elementos consumidos; como en el caso de la mayoría de los peces del orden Gymnotiformes, en los cuales predominan las fases inmaduras de invertebrados como dieta principal (Marrero y Taphorn, 1991).

La tendencia de la gran mayoría de los peces carácidos es la omnivoría (Taphorn, 1992), aunque la estacionalidad climática define, en una gran parte, este comportamiento. En el período de lluvias el ambiente acuático se torna muy enriquecido con fuentes de alimentación para los peces, ya sea por los materiales alóctonos transportados desde las nacientes de los caños o como por el incremento de organismos que se desarrollan en las zonas bajo inundación. En estas condiciones los peces tienden, por lo general, a ser más selectivos en sus necesidades energéticas. Al contrario, bajo las severas condiciones del período seco, la carencia de alimentos somete a los peces a aceptar variados componentes en sus dietas; llegando, en algunas especies a presentar ayunos temporales (Winemiller y Taphorn, 1989). Medidas:

- 6) Proporción de Individuos Omnívoros: Karr (1981) señala como especies omnívoras a aquellas que pueden consumir cantidades significativas de materia vegetal y materia animal (incluyendo detritus). Se escogieron como peces omnívoros a aquellos que no presentasen marcadas tendencias hacia un de nivel trófico cualquiera. La dominancia de peces omnívoros en un cuerpo de agua lótico puede ocurrir por la pérdida o baja disponibilidad de componentes específicos de sus dietas (Karr *et al.* 1986), pero en el caso de los peces en estudio solo muy pocas especies, debido a los hábitos oportunistas o generalistas de los mismos, son afectadas por tal situación de manera relevante. En la tabla 2 se muestran los niveles tróficos de las especies colectadas. Los peces caracidiidos, parodóntidos y aspredínidos se incluyen por completo en esta medida; así como también los géneros *Corydoras*, *Pimelodella* y *Pimeiodus*.
- 7) Proporción de Individuos Insectívoros: El decrecimiento de la abundancia relativa de estas especies está relacionada con la degradación del medio; esto responde a la variabilidad en la disponibilidad de alimento como respuesta a la alteración en la calidad del agua, fuentes de energía (vegetación ribereña) o cambios en el hábitat, sedimentación o canalización (Karr *et al.*, 1986). En los ambientes acuáticos estudiados la presencia de peces estrictamente insectívoros es restringida a pocas especies. Los peces Gymnotiformes, casi en su totalidad, se alimentan, con alto grado de especialización, de insectos acuáticos (Marrero y Taphorn, 1991); esta característica es importante en función de determinar la calidad del hábitat acuático. Estos autores citan unas ocho especies de Gymnotiformes invertívoros para la región. La mayoría de las especies con tendencia a la invertivoría se comunes en el área de estudio, aún cuando la variabilidad en sus frecuencias de aparición para los muestreos fue notoria. Las especies tipo para esta medida son, además de los Gymnotiformes, *Thoracocharax stellatus*, *Markiana geayi*, *Paragoniates alburnus* y los bagres auqueniptéridos.
- 8) Proporción de Individuos Piscívoros: En esta medida se tienen a los peces carnívoros predominantemente piscívoros. Comunidades de peces en las cuales se presentan diversas especies piscívoras del tope de la cadena alimenticia, indican un buen arreglo de niveles tróficos (Winemiller y Taphorn, 1989). Peces como *Hoplias malabaricus* y *Pigocentrus notatus*, aunque son piscívoros, no representan de buena manera a la comunidad de peces ya que los mismos son muy tolerantes a los cambios en el medio. No se han incluido para esta medida peces de hábitos lepidofágicos (ejemplo: *Roeboides* sp.) o especies que eventualmente pueden comer peces.

Tercera Categoría: Abundancia de Peces. Medidas:

- 9) Número de Individuos en la Muestra: originalmente esta categoría del IBI incluía tres medidas: número de individuos en la muestra, proporción de individuos híbridos y proporción de individuos con enfermedades, muertos y/o con anomalías esqueléticas. Las dos últimas medidas se omitieron para este trabajo debido a que la información taxonómica exacta sobre especies y subespecies y datos históricos sobre las mismas es escasa y dispersa y la hibridización puede ser común en varios peces de la región (Otto Castillo com. pers.). Por otra parte, la presencia de enfermedades, parasitismo

y anomalías en el cuerpo o las aletas, sobre todo en peces del llano bajo, es frecuente cuando las condiciones climáticas son más adversas.

La abundancia de peces para las muestras se basan en el esfuerzo por unidad de tiempo (2 horas). Bajo esta condición se obtuvieron, como promedio, mas de 200 individuos/muestra en caños como caño Igüesito y quebrada Los Manires y casi 800 individuos/muestra para los caños de mayor tamaño (caños tipo II). En el análisis de muestras anteriores a esta investigación (caño Igües) se observa una abundancia parecida y proporcional según el tiempo empleado en la ejecución de dichos muestreos.

Modelo final del Índice de Integridad Biótica

El IBI modificado se expresó en dos modalidades (tablas 4 y 5) en función de las características de los caño escogidos. El IBI puede alcanzar un número máximo de 45 puntos y un mínimo de 6 ó 0 (según el tamaño de muestra); a estos valores extremos, expresados en intervalos, y a los valores intermedios correspondió una determinada clase de integridad (tabla 6), en la cual el intervalo máximo alcanzado por el IBI (42-45) equivale a la clase de integridad Excelente. Las clases subsecuentes (Buena, Regular, Pobre, Muy pobre y Sin peces) son asignadas según los intervalos (no proporcionales entre sí) alcanzados en la sumatoria del índice.

Los resultados de aplicar el IBI a las muestras se presentan en las tablas 7, 8 y 9. En el caso de la estación B (caño Igüesito) se cuantificó la presencia de especies no tolerantes (ninguno en todas las muestras) así como también las especies sensitivas a la degradación (1, 0 y 1 para las muestras respectivas). Si se compara la muestra 1 de la quebrada Los Manires con la muestra 3 del caño Igüesito, ambas con el mismo valor del IBI (29), se observan fuertes diferencias en cuanto a la estructura comunitaria y composición de especies en las mismas. Es posible que el punto B presente una mayor degradación del hábitat que el punto A dado que las comunidades de peces para uno y otro lugar tienen serias disimilitudes. Esto no indica que el punto A sea el menos intervenido de los dos cuerpos de agua, pero tal disyuntiva puede ser resuelta tomando en consideración los aspectos físico-bióticos de los puntos de muestreo (tabla 1); datos con los cuales se puede inferir sobre la degradación de cada hábitat. Obsérvese que hasta el número de individuos colectados por jornada, el cual presenta cifras bajas para el punto B y más elevadas en el punto A, puede ser tomado en consideración para la interpretación del conjunto.

En la estación C se presenta para la muestra 2 una sola especie, indicando la posibilidad de vida en el cuerpo de agua (dadas sus depauperadas condiciones) pero también el tipo de especie en relación a su tolerancia, abundancia absoluta y nivel trófico (*Hoplosternum littorale* es un omnívoro béntico común en estos ambientes, adaptable a hábitat pobres y capaz de tomar el oxígeno del aire). Aunque los tres puntos de muestreo restantes tienen una fuerte intervención en su ambiente.

pueden someterse a una previa comparación según los resultados del IBI. ahora desde el punto de vista de sus valores totales. El caño Igües en el punto de muestreo D obtiene un valor bastante bajo de acuerdo a este índice (23) para sus dos muestras (figura #); así, su clase de integridad tiende de Pobre a Regular.

El punto de muestreo E (Puente de Papelón) presentó una disminución progresiva de los valores del IBI para cada muestra (clase de integridad Buena-Regular). Probablemente los mismos son producto de las diferencias producidas en la ejecución de los muestreos (personal variado, clima, y equipos) y no en una posible variación de la integridad para dicho lugar, ya que el tiempo entre muestreo y muestreo fue corto y la cantidad de muestras (3) no fueron suficientes para aclarar esa situación. En el caño Maraca el IBI obtuvo un valor bajo (24); no obstante, este ambiente varias especies intolerantes e incluso otras que no aparecieron en puntos de muestreo equivalentes. En general, su estructura comunitaria reflejó ciertas variaciones, aún cuando el ambiente no se observó tan intervenido como los otros.

La evaluación subjetiva de los ambientes acuáticos

Una estrategia válida para determinar a priori la calidad ambiental de un lugar es relacionar las características físico-bióticas del mismo con el grado de integridad biológica del cuerpo de agua (IBI u otros índices), ya que estas pueden reflejar el estado del medio acuático, además que ciertas características influyen directamente sobre la integridad de estos ambientes. La figura 4 representa los valores asignados a los caños estudiados, pudiéndose observar una acentuada similitud con las proporciones de los valores correspondientes al IBI (figura 3) La correlación de las características físico-bióticas con resultados del IBI ha sido demostrada ampliamente por los creadores de este índice (Karr *et al.*, 1986; Fausch *et al.*, 1990) como medida complementaria en este tipo de análisis.

Problemática

Los índices ecológicos clásicos presentan, además de las limitaciones ya reportadas en otros trabajos, características que limitan su utilización en el área de estudio. La principal limitante de todos los índices ecológicos clásicos (Shannon-Wiener, Pielou, Jaccard, etc.) es que estos presentan poca información biológica para poder ser evaluada. La omisión de aspectos tan importantes como la identidad de las especies, su papel en la comunidad y sus densidades poblacionales absolutas no son analizados por los mismos. Estos índices presentan deficiencias para su interpretación con fines de monitoreo de la integridad biológica. Igualmente, antes de una completa modificación de esta metodología para su aplicación es necesario conocer otros aspectos limitantes para su aplicación, tales como:

Riqueza, Biología y Abundancia de los Peces. La cuenca del río Apure presenta una diversidad y riqueza de especies muy alta. Muchas especies pueden ser encontradas

en cuerpos de agua con grandes diferencias físico-bióticas y variar drásticamente en el tamaño de sus poblaciones a lo largo de los ambientes acuáticos (Machado-Alisson, 1987). La distribución espacial de una gran cantidad de especies de peces es variable y aún no claramente determinada, a pesar de los innumerables muestreos hechos en la cuenca (Taphorn, 1992). Así mismo, la tolerancia de la gran mayoría de los peces del llano a la intervención de su hábitat es notoria, y son pocas las especies verdaderamente sensibles a los cambios en el medio. La adaptabilidad de los peces a las fuertes variaciones climáticas de la región es producto de eficientes mecanismos para sobrevivir en condiciones extremas (plasticidad en las dietas, ayunos estivales, captación del oxígeno atmosférico, etc.). La generalidad del hábito alimentario omnívoro para la mayoría de los peces de la región y la capacidad para variar sus dietas es una limitante a la hora de analizar a las comunidades en función de sus niveles tróficos.

Hidrografía y Relieve. Una densa red de drenaje surca toda la cuenca del río Apure: conformando, en sus áreas bajas, extensas planicies de inundación entre abanicos de explayamiento y cauces que se intercomunican a lo largo de enormes distancias. El hecho de la intercomunicación de los cauces impide definir y discriminar a los mismos como ambientes con características propias, desde el punto de vista ecológico, en relación a la diversidad de especies que en ellos puedan encontrarse. A su vez, las inundaciones anuales de grandes superficies de terreno generan la posibilidad de intercambios de fauna íctica entre ambientes lóticos y lénticos, variando por consiguiente la riqueza de especies de año en año para muchos lugares.

Información Histórica. La información biológica sobre muchas especies, además de estar dispersa, generalmente no se ha registrado de manera cronológica y estandarizada. No se conoce qué número real de especies existen o existieron anteriormente en casi todas las cuencas del país, así como tampoco la variabilidad en sus distribuciones y sus densidades poblacionales en el tiempo. Los datos de pescas con fines biológicos, aunque proporcionan información sobre la ecología y taxonomía de las especies no son, como regla general obtenidos mediante métodos estándar de muestreo (ejemplo: se realizan sin medición de tiempo o de superficies muestreadas y con equipos variados). Datos pesqueros, además que los existentes en el país son muy mal registrados y/o monitoreados, presentan en gran parte deficiente información taxonómica sobre los peces así como en el número de individuos colectados por especie.

El Muestreo. La estructura del hábitat para los caños de la región se presenta, además de variable a lo largo del cuerpo de agua, con abundantes refugios para los peces lo cual imposibilita en buena parte la obtención de buenas muestras ícticas por medio de artes de pesca usuales. La opción del uso de la electropesca en estos ambientes tiene como principal limitante la baja conductividad de las aguas, que merman la eficiencia de los equipos. La eliminación de las comunidades de peces a lo largo de un tramo de cauce (ejemplo: envenenamiento), además de innecesaria, no permite

en subsiguientes muestreos la consecución de datos reales sobre la integridad biológica del ecosistema.

Consideraciones finales

Como se ha notado, la aceptación del IBI como método de monitoreo reviste dificultades en su ejecución y análisis. Sin embargo, la posibilidad de considerar el parámetro de sedimentación (medición de aspectos granulométricos o estructuras de fondo del cauce) y de especies con una tolerancia marcada a este parámetro puede ser factible ya que esta característica probablemente sea una de las más importantes en la degradación de los ríos en el piedemonte y la que influye con más fuerza sobre las especies de peces, además de reducir la operacionalidad y la cantidad de información empleada para el desarrollo del IBI.

La necesidad de evaluar y monitorear constantemente nuestros ambientes acuáticos es urgente. El avance de la intervención humana en los ecosistemas es más rápido que la información biológica generada en los mismos; información que viene a ser fundamental para la conformación de estrategias conservacionistas que permitan el uso racional de los recursos naturales. Esperamos que a partir de esta investigación se planteen nuevos estudios sobre la aplicabilidad del Índice de Integridad Biótica en Venezuela, para así, en un futuro cercano, contar con una propuesta de análisis aplicable en nuestros importantes ambientes acuáticos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración prestada en los muestreos a Telva Carantoña, Pedro Pacheco, Carlos Riera y demás estudiantes de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora. El Dr. Alex Flecker nos ilustró con interesantes conversaciones sobre la ecología en ambientes acuáticos y el Dr. Larry Page colaboró en la identificación de varias especies. El personal del Museo de Ciencias Naturales de la UNELLEZ (Keyla Marchetto y Luciano Martínez) colaboró ampliamente, así como también en los préstamos de materiales y equipos. Este proyecto fue financiado parcialmente por el Servicio de Pesca y vida Silvestre de los estados Unidos a través de la Jefatura del Programa de Recursos Naturales Renovables de la UNELLEZ.

LITERATURA CITADA

- Andrade, G. y Moscó, J. 1985. Un primer aporte al estudio del efecto humano sobre la fauna de peces de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Resumen XXXV. Convención Nacional de Asovac. Mérida. p. 100.
- Brull, O., Machado, A. y Marrero C. 1985. Estudio comparativo de la ictiofauna de

- los ríos Caris y Pao, Edo. Anzoátegui. Resumen XXXV. Convención Nacional de Asovac. Mérida.
- Chapman, M. 1980. Desarrollo estable de la pesca en la región del Guanare-Masparro. CIDIAT-OEA-MARNR-UNELLEZ-ULA. Venezuela.
- Fausch, K. D., J. Lyons, J.R. Karr y P.L. Angermeier. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. American Fisheries Society Symposium. 8:123-144.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic using fish communities. Fisheries. 6(6):21-27.
- Karr, J.R. y D.. Dudley. 1978. Biological integrity of headwater stream: evidence of degradation prospects for recovery. p. 3-25. en J. Lake y J. Morrison, Eds. Environmental impact of land use on water quality, final report on the Black Creek Projec. Environ. Prot. Agency (U.S.) Publ; Chicago, Illinois. EPA-905-9-77-077-D.
- Karr, J.R., K. D. Fausch, P.L. Angermeier, Yant P.R. y Schlossler I. J. 1986. Assessing biological integrity in running waters a method and its rationale. Illinois Nat. History Survey. Spec. Pub. 5.
- Machado-Alisson, A. 1987. Los peces de los llanos venezolanos. Imprenta Universitaria. UCV. Venezuela.
- Marrero, C. y D. C. Taphorn. 1991. Notas sobre la Historia natural y la distribución de los peces Gymnotiformes en la cuenca del río Apure y otros ríos de la Orinoquia. Biollania(8): 123-142.
- Rengel, L., F. Ortega y G. Aymard. 1983. Dinámica de las variaciones de la cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. Boletín Técnico Nro.8. UNELLEZ-GUANARE.
- Taphorn, D. C. 1992. The Characiform Fishes of de Apure River Drainage, Venezuela. University of Florida.
- Fernández del V., A. y D. C. Taphorn. 1984. El río y su influencia en el ecosistema. Rev. Ecol. Conserv. Ornít. Latinoam. Vol. 1. Nr.-2. p. 27-32.
- Winemiller, K. O. y D. C. Taphorn. 1989. La evolución de las estrategias de vida en los peces de los llanos occidentales de Venezuela. Biollania (6):77- 123.

Recibido: 15-03-95
Aceptado: 15-10-95

Tabla 1: Características de los ambientes acuáticos estudiados.
La profundidad y la anchura son valores máximos.

ASPECTOS	PUNTOS DE MUESTREO					
	A	B	C	D	E	F
Profundidad (m)	1.2	1.5	2.1	3	5	2.3
Anchura (m)	3	3	4	8	10	6
Sustrato	estable arena grava pedras	estable arena grava pedras	mucha materia orgánica descomp.	mucha materia orgánica descomp.	fango mucha materia orgánica	arena fango materia orgánica
Transparencia (cm)	-	-	5	30	10	20
Color del agua	-	-	negra	negra gris	turbia	oscura (té)
Refugios	abundantes en todos los puntos de muestreo					
Vegetación ribereña	bosque poco interv.	restos de bosque	restos de bosque	bosque poco interv.	restos de bosque	restos de bosque
Sombra	total	regular	regular	total	poca	poca

Tabla 2: Tolerancia, estrategias de vida, niveles tróficos y abundancia de las especies colectadas en el área de estudio.

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	T	EDV	NT	A
CHARACIFORMES				
ERYTHRINIDAE				
<i>Hoplias malabaricus</i>	M	r2	C	A
ANOSTOMIDAE				
<i>Schizodon isognathus</i>	T	r2	H	C
PROCHILODONTIDAE				
<i>Prochilodus mariae</i>	T	r2	H-D	A
CURIMATIDAE				
<i>Curimata cerasina</i>	R	r2	H-D	C
<i>Steindachnerina argentea</i>	M	r2	H-D	A
<i>Steindachnerina pupula</i>	R	r2	H-D	C
CHARACIDAE				
<i>Acestrocephalus cf. boehlkei</i>	R	r1	C	E
<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	T	r1	C	C
<i>Aphyocharax alburnus</i>	T	r1	I-O	A
<i>Astyanax bimaculatus</i>	M	r2	O	A
<i>Astyanax integer</i>	R	r2	O	C
<i>Astyanax metae</i>	R	r2	O	C
<i>Bryconamericus beta</i>	R	r1	O	C
<i>Bryconamericus deuterodonoides</i>	T	r1	O	C
<i>Charax gibbosus</i>	R	r2	C	C
<i>Cheirodon pulcher</i>	M	r1	O	A
<i>Cheirodontops geayi</i>	T	r2	I-C	C
<i>Creagrutus bolivari</i>	R	r1	O	C
<i>Creagrutus sp.</i>	N	r1	O	C
<i>Ctenobrycon spilurus</i>	M	r1	O	A

Tabla 2. Continuación.

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	T	EDV	NT	A
<i>Cynopotamus bipunctatus</i>	R	r2	C	C
<i>Gephyrocharax valenciae</i>	T	r1	C	A
<i>Hemibrycon metae</i>	N	r2	O	C
<i>Hemigrammus</i> sp. «arriba»	T	r1	O	C
<i>Markiana geayi</i>	T	r2	I-O	C
<i>Moenkhausia dichroura</i>	R	r1	O	E
<i>Paragoniates alburnus</i>	R	r2	I-C	C
<i>Roeboides affinis</i>	R	r1	C	C
<i>Roeboides dayi</i>	M	r1	C	A
<i>Triportheus angulatus</i>	R	r2	C	C
<i>Triportheus</i> sp. «cola roja»	R			C
<i>Xenagoniates bondi</i>	R	r1	C	C
CHARACIDIIDAE				
<i>Characidium</i> sp. 1	N	r1	O	C
<i>Characidium</i> sp. 2	N	r1	O	C
GASTEROPELECIDAE				
<i>Thoracocharax stellatus</i>	T	r2	I-C	A
CYNODONTIDAE				
<i>Rhaphiodon gibbus</i>	R	r2	C	E
GYMNOTIFORMES				
RHAMPHICHTHYIDAE				
<i>Rhamphichthys marmoratus</i>	T	r2	Y	E
STERNOPIGIDAE				
<i>Sternopygus macrurus</i>	T	K	Y	C
SILURIFORMES				
AUCHENIPTERIDAE				
<i>Entomocorus gameroi</i>	R	r1?	I-C	E
<i>Epapterus blohmi</i>	R	r1?	I-C	E

Tabla 2. Continuación.

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	T	EDV	NT	A
<i>Tatia</i> sp.	R	r1?	I-O	E
<i>Parauchenipterus galeatus</i>	T	r2	C-O	C
ASPREDINIDAE				
<i>Bunocephalus amaurus</i>	T	r2	O	C
PIMELODIDAE				
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	R	r2?	O	C
<i>Microglanis iheringi</i>	R	r1	C	C
<i>Pimelodella</i> sp. 1	T	r1	O	A
<i>Pimelodella</i> sp. 2	T	r1	O	A
<i>Pimelodus blochii</i>	T	r2	O	A
<i>Pimelodus ornatus</i>	R	r2	O	E
<i>Platysilurus barbatus</i>	R	r2	C	E
<i>Pseudopimelodus apurensis</i>	T	r2	C	C
<i>Rhamdia</i> sp.	T	r1	O	A
DORADIDAE				
<i>Orinocodoras eigenmanni</i>	R	r1	O-H	E
AGENEIOSIDAE				
<i>Ageneiosus vittatus</i>	R	k	C	C
TRICHOMYCTERIDAE				
<i>Ochmacanthus alternus</i>	T	r1?	P	A
CALLICHTHYIDAE				
<i>Corydoras habrosus</i>	R	K	O	E
<i>Corydoras aeneus</i>	T	K	O	C
<i>Corydoras septentrionalis</i>	T	K	O	C
<i>Hoplosternum littorale</i>	M	K	O	A
LORICARIIDAE				
<i>Loricariichthys platymetopon</i>	T	K	H	C

Tabla 2. Continuación.

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	T	EDV	NT	A
<i>Cynopotamus bipunctatus</i>	R	r2	C	C
<i>Gephyrocharax valencia</i>	T	r1	C	A
<i>Hemibrycon metae</i>	N	r2	O	C
<i>Hemigrammus</i> sp. «arriba»	T	r1	O	C
<i>Markiana geayi</i>	T	r2	I-O	C
<i>Moenkhausia dichrourea</i>	R	r1	O	E
<i>Paragoniates alburnus</i>	R	r2	I-C	C
<i>Roeboides affinis</i>	R	r1	C	C
<i>Roeboides dayi</i>	M	r1	C	A
<i>Triportheus angulatus</i>	R	r2	C	C
<i>Triportheus</i> sp. «cola roja»	R			C
<i>Xenoniates bondi</i>	R	r1	C	C
CHARACIDIIDAE				
<i>Characidium</i> sp. 1	N	r1	O	C
<i>Characidium</i> sp. 2	N	r1	O	C
GASTEROPELECIDAE				
<i>Thoracocharax stellatus</i>	T	r2	I-C	A
CYNODONTIDAE				
<i>Rhaphiodon gibbus</i>	R	r2	C	E
GYMNOTIFORMES				
RHAMPHICHTHYIDAE				
<i>Rhamphichthys marmoratus</i>	T	r2	Y	E
STERNOPYGIDAE				
<i>Sternopygus macrurus</i>	T	K	Y	C
SILURIFORMES				
AUCHENIPTERIDAE				
<i>Entomocorus gameroi</i>	R	r1?	I-C	E
<i>Epapterus blohmi</i>	R	r1?	I-C	E

Tabla 3: Criterios usados en relación al Número Total Especies para el desarrollo del IBI

Tipo de caño	Anchura máxima	Profundidad máxima	Número de orden	Criterios de evaluación (número de especies)		
				5	3	1
I	< 3 m	< 1,5 m	1-2	>=20	19-10	9-0
II	> 6 m	> 2,5 m	2-3	>=35	34-20	19-0

Tabla 4: Criterios de Evaluación usados para caños Tipo I. (Caño Igüesito y Quebrada los Manires).

CATEGORIAS MEDIDAS	CRITERIOS DE EVALUACION		
	5	3	1
Riqueza y Composición de Especies			
1) Número total de especies	>=20	19-10	9-0
2) Especies Sensitivas a la degradación (indicadores)	>= 5	5-1	0
3) Especies adaptables a hábitat pobres	>= 5	4-1	0
4) Especies longevas	>= 5	3-1	0
5) Número de especies intolerantes	>=4	3-1	0
Composición Trófica			
6) Proporción de Omnívoros	< 40%	40-70%	< 70%
7) Proporción de Invertívoros	> 60%	60-40%	< 40%
8) Proporción de Carnívoros	> 5%	5-1%	< 1%
Aundancia de peces			
9) Número de individuos por esfuerzo de muestreo	> 200	> 50-200	50-0

Tabla 5: Criterios de Evaluación usados para caños Tipo II.
(Caño Igües y Caño Maraca).

CATEGORIAS MEDIDAS	CRITERIOS DE EVALUACION		
	5	3	1
Riqueza y Composición de Especies			
1) Número total de especies	≥ 35	34-20	19-0
2) Especies Sensitivas a la degradación (indicador.)	≥ 12	11-5	4-0
3) Especies adaptables a habitat pobres	≥ 8	7-3	2-0
4) Especies longevas	≥ 8	7-3	2-0
5) Número de especies intolerantes	≥ 7	6-3	2-0
Composición Trófica			
7) Proporción de Omnívoros	$< 40\%$	40-70%	$> 70\%$
8) Proporción de Invertívoros	$> 70\%$	70-40%	$< 40\%$
9) Proporción de Carnívoros	$> 10\%$	10-5%	$< 5\%$
Abundancia de peces			
10) Número de ind. por esfuerzo de muestreo	> 500	100-500	100-0

Tabla 6: Valores asignados al IBI, sus respectivas clases de integridad y sus atributos (Modificado de Karr *et al*, 1986).

IBI	CLASE DE INTEGRIDAD	ATRIBUTOS
42-45	EXCELENTE	Comparable con la mejor situación sin la intervención humana. Presentes todas las especies de la región incluso las formas intolerantes. Buen arreglo de edades y de niveles tróficos.
34-38	BUENA	Pérdida de algunas especies intolerantes y algunas especies varían en su abundancia óptima. La estructura trófica presenta sesgos.
25-30	REGULAR	Signos adicionales de deterioro. Pérdida de peces intolerantes y pocas especies. Estructura trófica desequilibrada. Formas tolerantes y omnívoros con incremento y frecuencia. Superdepredadores y especies longevas infrecuentes. Relación directa con características físico-bióticas.
17-21	POBRE	Dominado casi totalmente por omnívoros y generalistas. Formas intolerantes no presentes. Depredadores del tope de la cadena trófica especies longevas son poco comunes. Fuerte intervención humana.
6-14	MUY POBRE	Muy pocos peces presentes. Formas muy tolerantes predominan. La degradación del medio alcanza niveles graves.
	SIN PECES	No aparecen peces en repetidas muestras. Degradación crítica del ambiente.

Tabla 7: Cálculo del IBI para las muestras de la quebrada Los Manires (punto A) y el Caño Igüesito (punto B)

CLASIFICACION DE DATOS	PUNTO A		PUNTO B		
	1	2	1	2	3
Número de especies (medidas 1-5)					
Número total de especies	16(3)	20(5)	15(3)	16(3)	18(3)
Especies Sensitivas a la degradación	2(3)	5(3)	1(3)	0(1)	1(3)
Especies adaptables a hábitat pobres	11(5)	11(5)	11(5)	13(5)	13(5)
Especies longevas	6(3)	8(5)	8(5)	11(5)	10(5)
Número de especies intolerantes	1(3)	5(5)	0(1)	0(1)	0(1)
Proporción de individuos (medidas 6-8)					
Proporción de Omnívoros	47%(3)	59%(3)	27%(5)	32%(5)	53%(3)
Proporción de Invertívoros	51%(3)	36%(1)	54%(3)	51%(3)	29%(1)
Proporción de Carnívoros	0%(1)	2%(3)	2%(3)	2%(3)	2%(3)
Abundancia de peces (medida 10)					
Número de individuos. Esfuerzo/muestra	605(5)	534(5)	125(3)	212(5)	417(5)
VALOR TOTAL DEL IBI	29	35	31	31	29
CLASE DE INTEGRIDAD	regular	buena	regular a buena	regular a buena	regular

Tabla 8: Cálculo del IBI para las muestras del Caño Igüesito (puntos C) e Igüeso (punto D)

CLASIFICACION DE DATOS	PUNTO C		PUNTO D	
	1	2	1	2
Número de especies (medidas 1-5)				
Número total de especies	1(1)	0(1)	15(1)	14(1)
Especies sensibles a la degradación	0(1)	0(1)	1(3)	0(1)
Especies adaptables a hábitat pobres	1(3)	0(1)	15(5)	14(5)
Especies longevas	1(3)	0(1)	8(5)	9(5)
Número de especies intolerantes	0(1)	0(1)	0(1)	0(1)
Proporción de individuos (medidas 6-8)				
Proporción de Omnívoros	100%(5)	0%(1)	73%(1)	30%(5)
Proporción de Invertívoros	0%(1)	0%(1)	8%(1)	62%(3)
Proporción de Carnívoros	0%(1)	0%(1)	0%(1)	1%(1)
Abundancia de peces (medida 10)				
Número de individuos. Esfuerzo/muestreo	1(1)	0(1)	959(5)	100(1)
TOTAL VALOR DEL IBI	17		23	23
CLASE DE INTEGRIDAD	muy pobre	sin peces	pobre regular	pobre regular

Tabla 9: Cálculo del IBI para las muestras del Caño Igües (punto E) y Caño Maraca (punto F)

CLASIFICACION DE DATOS	PUNTO E			PUNTO F
	1	2	3	1
Número de especies (medidas 1-5)				
Número total de especies	48(5)	36(5)	30(3)	28(3)
Especies Sensitivas a la degradación	15(5)	9(3)	7(3)	6(3)
Especies adaptables a hábitat pobres	21(5)	17(5)	16(5)	16(5)
Especies longevas	32(5)	22(5)	17(5)	12(5)
Número de especies intolerantes	2(1)	1(1)	0(1)	5(5)
Proporción de individuos(medidas 6-8)				
Proporción de Omnívoros	19%(5)	59%(3)	48%(3)	72%(1)
Proporción de Invertívoros	69%(3)	31%(1)	29%(1)	44%(3)
Proporción de Carnívoros	2%(1)	1%(1)	4%(1)	2%(1)
Abundancia de peces (medida 10)				
Número de individuos. Esfuerzo/muestreo	1043(5)	1144(5)	475(3)	39(3)
TOTAL VALOR DEL INIBIO	35	29	25	24
CLASE DE INTEGRIDAD	buena	regular	regular	pobre a regular

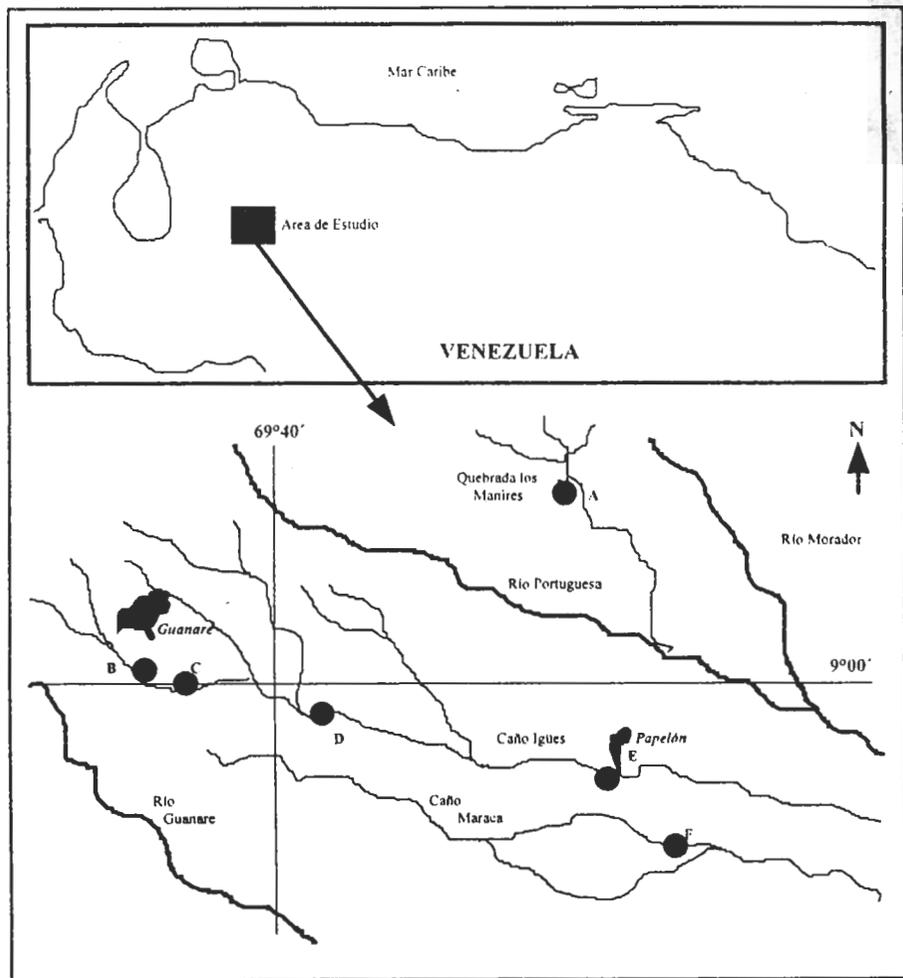


Figura 1. Esquema de la ubicación nacional y regional del área de estudio. Los círculos sólidos señalan las estaciones de muestreo.

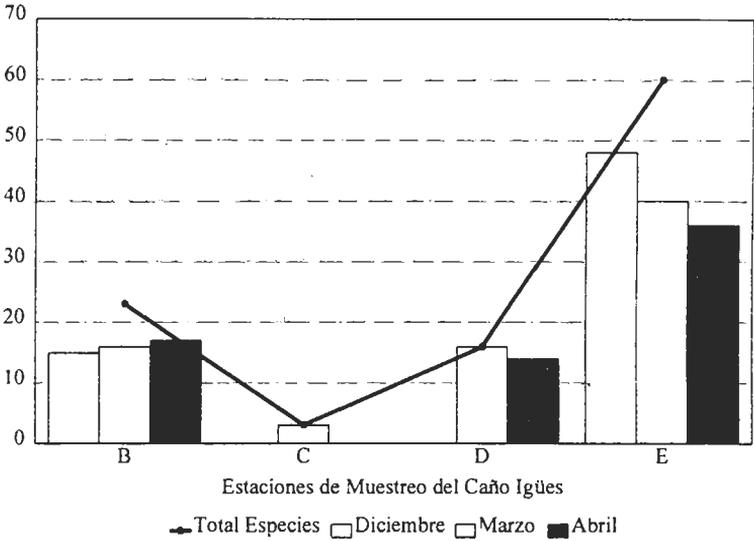


Figura 2. Especies colectadas en las estaciones de muestreo del caño Igües (puntos B, C, D y E) entre los meses de diciembre y abril (1992-1993)

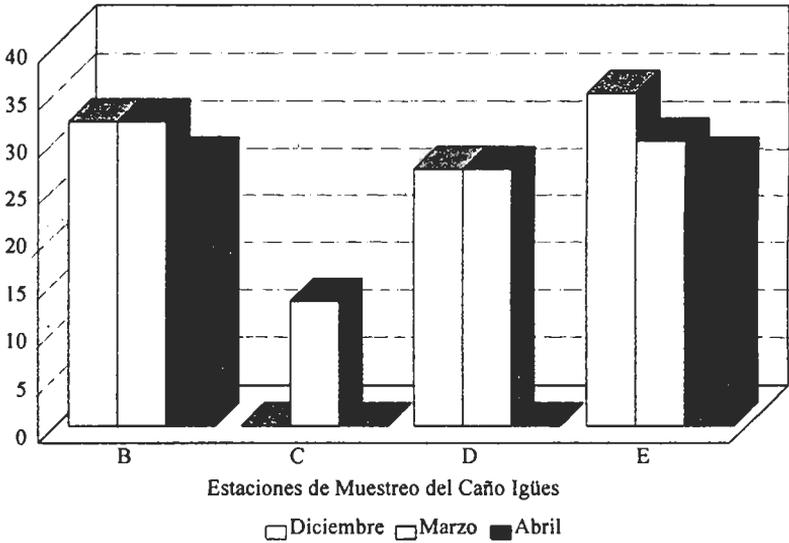


Figura 3. Valores obtenidos por el IBI en las estaciones de muestreo del Caño Igües

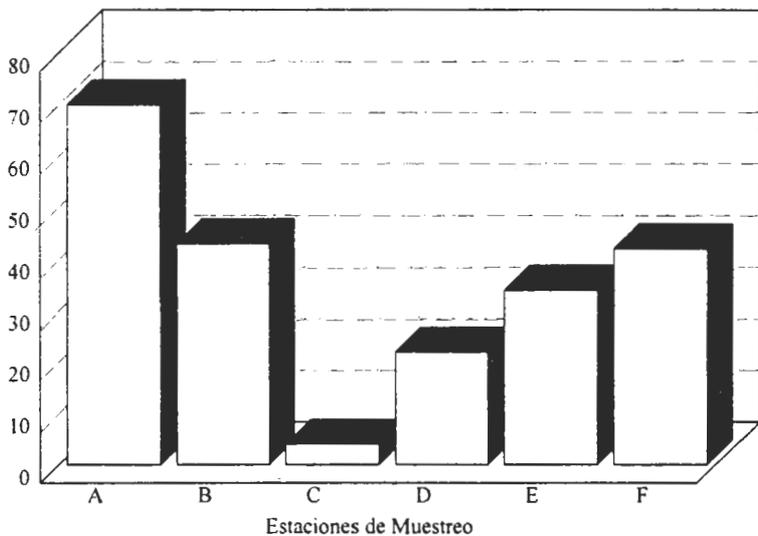


Figura 4. Valoración subjetiva de las características físico-bióticas de las estaciones de muestreo