

PERTURBACIONES CAUSADAS POR EL HOMBRE A LAS POBLACIONES DE PECES DE LOS LLANOS Y DEL PIEDEMONTE ANDINO DE VENEZUELA

Kirk Winemiller¹, Crispulo Marrero² y Donald Taphorn¹

¹Texas A&M University, Department of Wildlife and Fisheries, Austin, Texas, U.S.A.

² UNELLEZ, Museo de Zoología, Programa de Recursos Naturales Renovables Guanare, Edo. Portuguesa, Venezuela 3310

RESUMEN

Para la gran mayoría de los peces del bajo llano, esta región no es un sistema cerrado. Por el contrario, desde el punto de vista de sus ciclos biológicos, la misma está íntimamente conectada con los cuerpos acuáticos del piedemonte andino, formando una unidad. La continuidad entre estos hábitats acuáticos, se hace efectiva porque en este sistema la gran mayoría de los peces, incluyendo a los comercialmente importantes, migran desde los llanos hacia los pequeños ríos del piedemonte, para refugiarse allí durante la temporada seca; luego, retornan a las productivas planicies de inundación de los llanos, donde desovan durante las primeras lluvias de abril o mayo. No obstante, actualmente dicha conexión está siendo abruptamente fragmentada por los procesos que a continuación se mencionan: a) deforestación masiva, b) incremento de fuentes de contaminación puntuales y no puntuales, c) construcción de represas y d) sobrepesca.

Estudios realizados mediante visualización por imágenes de satélite, muestran que Venezuela es uno de los países de latinoamérica, donde la tasa de deforestación de los bosques en los últimos años ha sido más intensa. Este proceso, al aumentar drásticamente los niveles de desecación de los cauces fluviales, incide directamente en los ciclos de migración de los peces.

Por otra parte, debido al ahora exageradamente reducido caudal de los ríos, durante la temporada seca, los peces son más vulnerables a la sobrepesca y a la exposición a agrotóxicos y contaminantes en general.

El principal impacto negativo de la contaminación producida por una fuente puntual sobre las poblaciones de peces de una región durante la temporada seca, no ha sido totalmente evaluado. Este es un aspecto muy importante, porque debido al comportamiento migratorio de los peces, a través de grandes distancias, la mortalidad

de individuos adultos reproductores, en un pequeño caño de los llanos durante la temporada seca, se puede traducir en una vasta reducción o eliminación local de poblaciones de peces en una región, la cual puede ser varios órdenes de magnitud mayores que el área del caño afectado directamente.

Además de estas perturbaciones, las represas hidroeléctricas y las redes de los pescadores forman barreras a través de las rutas tradicionales de migración. Así por ejemplo el dorado, *Salminus hilarii*, el cual era un pez abundante y muy apreciado por los pescadores deportivos de la región del piedemonte andino, ahora puede ser clasificado como una especie amenazada en Venezuela.

Palabras claves: Ictiofauna, Bajo Llano, Piedemonte andino, Venezuela, Peces.

ABSTRACT

For most of the species of fishes that live in the low llanos of Venezuela, the habitat that they occupy is not a closed system. On the contrary, from a biological point of view, their habitats are intimately connected to the waterways of the Andean piedmont, and together form one large aquatic ecosystem. The continuity between these two regions exists because the majority of the commercially important species migrate from the lowlands upstream to the small rivers of the piedmont to take refuge there during the dry season, and later return to the productive flood plain where they reproduce during onset of the rainy season, in april or may. However the ancient connection has been recently broken by the activities of man due to several processes: a) widespread deforestation; b) an increase in the point and non-point sources of water pollutants; c) the construction of dams; and d) over fishing.

Satellite image studies have shown that Venezuela is one of the South American countries to have suffered the greatest losses of forest, and that the rate of loss has accelerated greatly in the last few years. This process, by drastically reducing the amount of water in the rivers during the dry season, directly affects the migratory cycle of many fishes. Furthermore, the reduced flow concentrates the toxic effects of agricultural and other pollutants, and allows fishermen to exploit regions of the rivers that were hitherto too deep effective fishing.

The principal negative impact of point source pollutants in these rivers has yet to be fully appreciated. This is an important point to emphasize, because of the migratory nature of most commercial fish species, an apparently small, local mortality could affect the few adults that reach sexual maturity and so have far reaching consequences by eliminating the founders of the next generation of fishes that would inhabit the entire watershed. Thus the loss of just a few reproductive fishes can have a negative impact many orders of magnitude beyond the number of fishes that are directly killed by the contaminant.

In addition to these perturbations, hydroelectric dams and fishermen's nets form barriers along the traditional routes of fish migrations. For example, the Dorado, *Salminus hilarii*, that was once an abundant fish of the Andean piedmont, and highly appreciated by sport fishermen's region is now in danger of extinction in Venezuela.

Key Words: Ichthyofauna, Low Llanos, Andean Piedmont, Venezuela, Fishes

INTRODUCCION

En América del Sur existen más especies de peces de agua dulce que en cualquier otra región del mundo; al respecto no hay disponible un registro reciente completo, aunque Lowe-McConnell (1987) estimó en más de 2.400 las especies descritas para la región Neotropical, y Roberts (1972) contabilizó 1.300 especies en el Zoological Record, solamente para la cuenca del río Amazonas, sin contar con que cada año muchas nuevas especies de peces se describen para el Neotrópico.

Considerando la alta diversidad de especies icticas presentes en esta región, debemos aceptar que nuestro conocimiento sobre la ecología acuática neotropical es muy elemental en comparación con las regiones de las zonas templadas. Por estas razones, es urgente identificar los factores que influyen en la estructura de las comunidades acuáticas de estas regiones, para predecir los efectos de las actividades del hombre sobre la integridad y persistencia, a largo plazo, de las especies que las conforman.

Por otra parte, a medida que aumenta el deterioro de los cuerpos acuáticos neotropicales y de los sistemas terrestres asociados a ellos, los peces podrían servir como indicadores sensibles y confiables de la integridad ecológica, no sólo de esos ambientes acuáticos, sino también de las cuencas como un todo (Hocutt y Stauffer, 1980; Hocutt, 1981; Karr *et al.*, 1986; Fausch *et al.*, 1990, Rivera y Marrero 1994).

Algunos de los efectos de las actividades del hombre en detrimento de los cuerpos acuáticos no son totalmente obvios, a menos que se identifiquen con exactitud los principales elementos de la historia natural y la ecología de los peces. La identificación de varios conflictos potenciales derivados de la actividad económica humana, y la deseable persistencia a largo plazo de los valiosos recursos icticos en los llanos, deben proporcionar el alerta necesario para intensificar las pautas de manejo y conservación de este importante recurso.

En el río Apure, el cual es el principal cauce colector de las aguas del bajo llano, actualmente existe una de las pesquerías de aguas continentales más importantes del país. Las capturas cuantificadas han sido hasta de 3.600 toneladas (Castillo 1988); e incluso, mucha de la pesca que se reporta para Caicara del Orinoco, un sitio de acopio sobre el río Orinoco, es proveniente del río Apure. Estas pesquerías son una importante fuente de trabajo para un grueso sector de la población de la región, y

también representa una de las principales fuentes tanto de la región como de otras zonas centrales.

Los propósitos fundamentales de este trabajo son los cuerpos acuáticos del bajo llano y sus homólogos una unidad ecológica, cuya conexión se hace migración anual de muchos peces entre un sitio

En segundo lugar, se quiere resaltar que debido precisamente a la conexión existente entre esas dos ecoregiones, las actividades del hombre en época de y la parte del ciclo biológico de los peces del llano en el mismo período coyunturalmente una serie de eventos, que están amenazando en forma persistente a largo plazo de las poblaciones de peces en la región, y a estos eventos, están haciendo que disminuya un valioso recurso alimenticio para el hombre.

AREA DE ESTUDIO

Una breve mirada a los llanos y el piedemonte andino.

Los llanos venezolanos abarcan cinco regiones en la cuenca del río Orinoco, que en realidad son geográfica y ecológicamente distintas: estas son: llanos bajos, llanos altos occidentales, llanos centrales, llanos altos orientales y llanos bajos orientales (Fig. 1).

El bajo llano está limitado por el río Apure al norte, y por las tierras altas de Guayana al sureste. Esta región transgrede las fronteras del país, extendiéndose a lo largo de gran parte del curso del río Orinoco hasta el río Meta, y continuando hacia el oeste a lo largo de este último río en el oriente de Colombia.

El bajo llano presenta poca variación altitudinal, con un promedio de sólo 49,5 m por encima del nivel del mar. El estado Apure abarca la mayor parte del área del bajo llano, en lo que respecta a la parte que está ubicada en territorio venezolano.

La precipitación anual en los llanos y el piedemonte oscila entre 1200 y 2400 mm aproximadamente (Fig. 2) y la temperatura media es de 27,1° C. La mayor parte de las lluvias caen entre los meses de mayo y agosto, y escasamente ocurre alguna lluvia entre enero y marzo. Debido a la topografía plana y con poco relieve y debido a los numerosos ríos y caños que atraviesan el bajo llano, durante la temporada de lluvias casi toda la región es anegada por una lámina de inundación lateral poco profunda que cubre la planicie aluvial.

Los suelos en la región norte de Apure son fértiles y en gran parte de origen aluvial, mientras que los suelos del sur tienden a ser arenosos, pobres en nutrientes y extremadamente porosos.

La vegetación dominante del bajo llano se clasifica como de sabana, o sabana arbolada. La misma es capaz de soportar el largo período de inundación estacional (Ramia 1974). Los bosques de galería o bosques riparinos están formados por diversas especies caducifolias que se ubican principalmente a lo largo de ríos y caños (González 1987). Además, pequeñas agrupaciones de bosques llamadas "matas" están esparcidas por el bajo llano en terrenos ligeramente elevados que en algunos casos son antiguos médanos de arena, ahora estabilizados por la vegetación. La vegetación acuática es diversa y su biomasa está dominada por el lirio de agua (*Eichhornia crassipes*).

Los llanos altos occidentales corresponden a las regiones planas, no montañosas, que abarcan la mayor parte del territorio de los estados Barinas, Portuguesa y Cojedes. La altitud promedio en la región es de 150 m.s.n.m., pero varía entre 50 y 200 m.s.n.m. desde el sur hasta el límite norte a lo largo del borde sureste del piedemonte andino. El río Apure forma el límite sur de los llanos altos occidentales, los cuales se extienden totalmente dentro de la cuenca del río Orinoco. El piedemonte andino limita los llanos altos occidentales por el norte y el oeste, y el río Guárico forma un límite aproximado por el este. En los llanos altos occidentales predomina un patrón de lluvias altamente estacional, muy similar al del bajo llano. Los suelos de los llanos altos occidentales son principalmente de origen aluvial con material proveniente de los Andes y son muy fértiles; como resultado de esto, gran parte de la actividad agrícola venezolana está centrada en la región.

La mayoría de los bosques deciduos tropicales que algunas vez cubrieron casi completamente los llanos altos occidentales, ahora han sido eliminados para dar paso a la agricultura y la ganadería, sin embargo aún quedan densas agrupaciones de árboles de maderas duras de distintas variedades (*Pithecellobium samanea*, *Cedrela odorata*, y *Anacardium excelsum* entre otros), en el sureste de Portuguesa, sur de Barinas, y en los bosques de galería relictos, a lo largo de los principales cursos de aguas de toda la región. Los hábitats acuáticos de los llanos altos occidentales se parecen a aquellos del bajo llano en muchos aspectos relativos a la estacionalidad. En su mayor parte, los ríos de los llanos occidentales arrastran cargas de sedimentos mucho más altas durante la estación lluviosa, y presentan más altos gradientes a medida que se aproximan al piedemonte andino.

La región de los llanos centrales corresponde aproximadamente al estado Guárico, y está limitada por el río Apure y el río Orinoco al sur, el río Guárico al oeste, la sierra de Ocumare por el norte, y la depresión de Unare por el este. La elevación promedio de la región es de 425 m.s.n.m., y la temperatura media es aproximadamente de 27,0° C. En general, los llanos centrales tienen una topografía más ondulada que el bajo llano o los llanos altos occidentales. Excepto por los ríos de orden mayor, ubicados en la región sur, los riachuelos de los llanos centrales tienden a tener unas planicies de inundación mucho menos extensas que las otras regiones de los llanos.

La mayoría de las quebradas que fluyen por las colinas tienen muy bajos gradientes. Los suelos de los terrenos ondulados contienen menos humus y aluviones, y como resultado, las aguas de las quebradas tienden a ser muy claras, con substratos de arena y grava.

La vegetación dominante de los llanos centrales es la de sabana con chaparrales y con bosques bajos de galería asociados a los cursos de aguas. Esta vegetación en su mayor parte es sistemáticamente quemada cada año, atendiendo a prácticas ancestrales de manejo de potreros para el ganado.

Las partes central y sur de los estados Anzoátegui y Monagas abarcan la mayoría del territorio de los llanos orientales. Estos se dividen en llanos altos orientales limitados por la depresión de Unare al noroeste, el Macizo Oriental de la cordillera de la costa al norte, los bordes orientales de la mesa de Guanipa al oriente y el borde sur de la mesa la Tentación al sur. La elevación del terreno, el cual es suavemente ondulado y con algunas mesetas, es de 4 a 70 m.s.n.m. La sabana es el hábitat terrestre dominante, y los suelos son arenosos y pobres en nutrientes.

Los llanos bajos orientales o llanos bajos de Monagas, son una pequeña depresión limitada aproximadamente por el oriente con el delta del río Orinoco, por el norte con el río Guanipa y por el sur con el río Orinoco. En los bordes de muchos ríos de los llanos bajos de Monagas existen extensas formaciones boscosas donde domina la palma Moriche (*Mauritia flexuosa*), el resto de la vegetación está dominada por elementos propios de las sabanas.

Los sistemas acuáticos de los llanos orientales son muy heterogéneos, y mientras las quebradas pequeñas tienen un pH levemente ácido y son muy transparentes, los ríos más grandes pueden ser francamente ácidos, con un fuerte tinte producido por los compuestos orgánicos lixiviados de la hojarasca proveniente de los bosques circundantes.

Genéricamente, los piedemontes están definidos como unidades morfológicas transicionales de suave pendiente, ubicadas entre las montañas y las planicies adyacentes. El piedemonte andino, el cual es la transición entre la Cordillera de los Andes y la planicie llanera, es una banda que presenta muchas discontinuidades, debido a procesos geológicos y morfogenéticos. El piedemonte andino se subdivide en piedemonte Central de los Andes y piedemonte Occidental de los Andes. Hacia noreste, existe una unidad morfológica, denominada pseudopiedemonte de la Cordillera Central.

El piedemonte central alcanza su mayor extensión entre los ríos Pagúey y Portuguesa y desaparece progresivamente hacia el noreste (a la altura de Acarigua), y el sureste (a la altura de Ticoporo). El piedemonte Occidental, por su parte, es más extenso hacia la zona del río Uribante. El pseudopiedemonte de la Cordillera Central está ubicado al pie de la serranía del interior.

Desde el punto de vista fluvial, estas regiones son muy importantes, porque son atravesadas por los innumerables ríos que nacen en la Cordillera de los Andes, y de la Costa, y que a la final alimentan la red de drenaje de los llanos altos centrales, los llanos altos occidentales y los llanos bajos. Por otra parte, muchas de las características físicas y químicas de los ríos llaneros, les son imprimidas por los diferentes materiales parentales, que conforman la litología de piedemonte.

DISCUSION

Tipos de sistemas fluviales del piedemonte andino y de los llanos venezolanos.

Tal como ya se examinó en la parte correspondiente al área de estudio, el término Llanos es una denominación genérica que se aplica a regiones geográficamente distintas. Por esta razón, en lo referido a los sistemas fluviales, y a los sistemas acuáticos en general, existe mucha heterogeneidad y no puede hablarse de un río (o sistema acuático) tipo. Por el contrario los ríos en esta vasta región (Fig. 3) adquieren sus características físicas y químicas tanto del substrato por donde fluye el agua, como de la vegetación propia del área. Es así, como en la región pueden localizarse todos los tipos de ríos definidos por Sioli (1975) para la amazonia, esto es: ríos de aguas claras, ríos de aguas blancas y ríos de aguas negras.

Los ríos de aguas blancas, están ubicados fundamentalmente en los llanos occidentales y el bajo llano, pero normalmente se originan en la región andina venezolana. Son de aguas turbias o amarillo ocre, tienen altos niveles de materiales suspendidos y altas tasas de sedimentación. Un gran número de especies de peces son características de estos ríos; por ejemplo, los peces Characiformes (*Prochilodontidae* y *Curimatidae*), los cuales se alimentan de detritus y lodo. También la mayoría de los siluriformes comerciales (*Pseudoplatystoma* spp y *Brachyplatystoma* spp), son frecuentemente los componentes dominantes de la biomasa de peces de aguas blancas (Taphorn y Lilyestrom 1985; Winemiller, 1987a, Taphorn, 1990).

Los ríos de aguas negras, tienen aguas de color marrón rojizo o color té debido al fuerte tinte de los compuestos orgánicos; no obstante, vistas de cerca en realidad estas aguas son transparentes. Algunos de estos ríos, tanto al sur de Guárico como al oriente del país en el Estado Monagas, están asociados a bosques de galería, dominados por la palma moriche (*Mauritia flexuosa*, *Lepidocaryaceae*): son los denominados morichales o aguajales.

Estos ríos, debido a que atraviesan formaciones arenosas muy lavadas, no incorporan arcilla como material suspendido ni muchos otros nutrientes, y en consecuencia son de aguas muy pobres. La producción primaria acuática neta, la cual es más baja en estos sistemas que en los ríos de aguas blancas, no tiene cambios tan marcados.

Por esta razón, en estas aguas la biomasa de peces tiende a ser más bien baja, si se las compara con otros ríos, aunque la riqueza en especies es frecuentemente muy alta.

Numerosas especies de peces, como *Aequidens tetramerus* y *Cichla* spp (Cichlidae), los peces lápices *Nannostomus* spp (Lebiasinidae), y numerosos Characidos entre los que destacan *Hemigrammus rhodostomus*, son propios de estos ríos.

Los aumentos en los niveles de la erosión y el subsecuente "blanqueamiento" a gran escala de las aguas, probablemente causarán reemplazos de diversas especies de peces de aguas negras por especies de aguas claras y aguas blancas.

Los ríos de aguas claras, están ubicados principalmente en el piedemonte andino, son torrentosos, de aguas muy transparentes, altos tenores de oxígeno y pH tendiente a la neutralidad. La principal fuente de energía de estos ríos, es el material alóctono que proviene de la vegetación riparina (flores, frutos, hojas y ramas). Este material es particulado por los insectos acuáticos e incorporado así a las complejas tramas tróficas, donde están incluidos los peces. Estos ríos, poseen una rica ictiofauna conformada tanto por especies que viven permanentemente en esas aguas (Loricaridae), como por especies visitantes que allí se refugian provenientes de otras regiones.

El esbozo de la vasta red fluvial de los llanos, que se presenta en la figura 3, solo muestra algunas de las conexiones más importantes. Los componentes de la red fluvial del piedemonte andino, los de los llanos altos occidentales y los del bajo llano, de alguna forma están conectados entre sí a través de su colector principal en el bajo llano, que es el río Apure. Esta conexión se hace más patente durante el período de inundación, cuando en esta región muchos de los cauces pierden su individualidad debido al desbordamiento.

Los ríos de los llanos centrales, en parte drenan hacia el Orinoco directamente, y en parte drenan hacia el río Apure. Por su parte, los ríos de los llanos orientales drenan hacia la región media del río Orinoco o hacia los brazos deltáicos del mismo río.

II.- El ciclo natural de los eventos ecológicos en el llano venezolano.

IIa El fenómeno de la inundación y su influencia en los ciclos vitales de los peces.

En los llanos, el patrón anual de las lluvias es el factor ambiental que más influye en la dinámica ecológica, tanto acuática como terrestre. Esto se debe a que, en su mayoría, los otros parámetros físico-ambientales están subordinados a la precipitación. Así por ejemplo, los sistemas acuáticos del área presentan grandes fluctuaciones estacionales, en extensión, profundidad, velocidad de descarga, transparencia del agua, pH, temperatura, características del sustrato y productividad. Generalmente, las precipitaciones ocurren en el lapso comprendido entre mayo y agosto, presentándose

las más copiosas a mediados del período. No obstante la temporada lluviosa puede empezar tan temprano como marzo, o tan tarde como junio; la figura 2 podría considerarse típica para cualquier año, con respecto al patrón cuantitativo de la distribución de las lluvias. Entre 1952 y 1984, el total anual de precipitación en Guanare (Estado Portuguesa), varió desde un mínimo de 1.042 mm hasta un máximo de 2.775 mm. En las montañas, las lluvias están distribuidas de forma más homogénea, si se las compara con el patrón de los llanos, y esto influye notoriamente en la ecología de los peces.

Excepto para la región de colinas de los llanos centrales, un poco al norte, los sistemas fluviales de la región son de bajos gradientes, y presentan una lámina de inundación, amplia y poco profunda, que se extiende enormemente sobre las planicies de inundación durante la estación lluviosa. Los cuerpos acuáticos lénticos, que se forman estacionalmente y que están asociados con los ríos del bajo llano y los llanos occidentales, son llamados esteros (Ramia 1974; González 1987; Marrero y Taphorn 1991). Estos cuerpos acuáticos, suministran un importante hábitat no sólo para los organismos acuáticos, sino también para los reptiles semiacuáticos y terrestres, para las aves y para los mamíferos. La inundación en los esteros se inicia rápidamente después de las primeras lluvias de la temporada. La figura 4, representa las relaciones temporales de la profundidad de las aguas (una medida relativa de inundación, o tamaño del hábitat acuático), y la riqueza de peces, de un estero en los llanos altos occidentales. A medida que progresa la temporada seca (enero-mayo), el número de especies declina como resultado de la depredación, muerte por hipoxia, y emigración de las especies más grandes, hacia hábitats más estables en los cursos de agua de órdenes mayores y más profundos (Winemiller, 1989a; 1989b Winemiller, 1989a). La inundación y expansión de los esteros están acompañadas por un rápido aumento en el número de especies, a causa de la inmigración, y una explosión de la reproducción en la temporada de lluvias (Machado-Allison 1990, 1993 y 1995).

La producción primaria acuática es más alta durante la estación lluviosa, cuando los nutrientes de los suelos y de las plantas terrestres en descomposición, son liberados hacia las aguas de inundación. Una parte de la producción de macrofitas acuáticas de la temporada lluviosa entra a las tramas tróficas acuáticas en forma de detritus, durante la temporada seca; mientras que el resto finalmente, vuelve a almacenarse en forma de nutrientes, en los suelos, a través de los procesos microbianos o través de los procesos químicos. Así mismo, el perifiton microscópico es un componente de la producción primaria, muy importante para las tramas tróficas y de ciclaje de nutrientes, durante la estación lluviosa (Winemiller, 1990). Por otra parte, las abundantes macrofitas acuáticas constituyen importantes sustratos para la adherencia del perifiton, y esto aumenta la complejidad estructural de los hábitats acuáticos, proporcionándoles refugio a los peces juveniles, porque allí se protegen de los depredadores (Reid 1986).

Durante el comienzo gradual de la temporada seca (septiembre-diciembre), el escurrimiento reduce el área del hábitat acuático en los esteros, pero la riqueza de

especies de peces permanece alta. En el estero del Caño Maraca, en el Estado Portuguesa cerca de Guanare, las densidades y la riqueza de especies de peces (Fig. 4) alcanza su máximo punto en diciembre, antes que la hipoxia acuática se convierta en un factor que conduce a la mortalidad y fomenta la emigración.

La secuencia básica de los eventos ecológicos, es la misma en los llanos altos occidentales y los llanos bajos; sin embargo, los esteros tienden a ser mucho más extensos en estos últimos. Las lagunas de las planicies de inundación estacionales, abarcan cientos de hectáreas de pastizales en el estado Apure.

A lo largo del curso principal de río Orinoco, las lagunas de la planicie de inundación albergan una diversa ictiofauna durante la temporada seca. Mientras que la posibilidad de que un sólo pez, individualmente, pueda colonizar una laguna en particular de la planicie de inundación, es hasta cierto punto aleatoria, la composición de las especies de esas lagunas frecuentemente muestra un alto grado de concordancia en el transcurso de los años (Rodríguez y Lewis, 1990).

Las lagunas hechas por el hombre, también conocidas como préstamos, proporcionan desde hace un tiempo relativamente corto, habitats acuáticos adicionales permanentes que estimulan la supervivencia de los peces durante la rigurosa temporada seca de los llanos (Mago-Leccia 1970; Marrero y Taphorn 1991).

Prácticamente, en cualquier parte del mundo donde se presente el fenómeno de la inundación anual sobre las planicies de desborde de los ríos, los pastizales inundados constituyen viveros naturales para los peces. Al respecto se tiene que Lowe-McConnell (1964) y Machado-Allison (1993, 1994 y 1995), discutieron la importancia de las planicies de inundación como sitios de desove para los peces de la sabana inundable del distrito Rupununi, de Guyana, y para los llanos venezolanos respectivamente; en sendos trabajos se destacó la importancia de estas áreas. Así mismo, se han identificado eventos ecológicos similares en las planicies de inundación africanas (Welcomme, 1979), en los Everglades de Florida, Norte América (Kushlan, 1976, 1980) y en algunas zonas del río Mississippi, también en Norte América (Dewey y Jennings 1994).

Aparentemente, esta periodicidad, ha dejado su huella en los patrones evolutivos de los sistemas de reproducción de los peces regionales. Al respecto Winemiller (1989b, 1989c); Winemiller y Taphorn (1989); Machado-Allison (1993) observaron tres estrategias reproductivas básicas entre los peces de los llanos: 1) desoves pequeños de peces oportunistas (los oportunistas), 2) desoves grandes de alta fecundidad estacional (estrategia estacional), y 3) desoves continuos con mecanismos altamente desarrollados para cuidado parental (estrategia de equilibrio). Muchos pequeños characidos y curimatidos, los cuales residen en habitats acuáticos poco profundos y muy cambiantes, presentan la estrategia de vida oportunista. Como pueden madurar a tallas muy pequeñas, las poblaciones locales se pueden reconstruir rápidamente después de episodios de alta mortalidad a causa de las rigurosas condiciones ambientales o a la intensa depredación.

Los peces anuales (Rivulidae), representan la forma extrema de esta táctica, en la cual el secamiento de las lagunas conduce a la extinción de las poblaciones locales de adultos. No obstante, estos adultos antes de morir cumplen su ciclo reproductivo y depositan sus huevos en el sustrato, esto permite recuperar la población a partir de cigotos resistentes a la desecación.

IIb Migraciones de los peces.

La periodicidad en el ciclo de lluvia en el bajo llano, en el piedemonte, y en los llanos altos occidentales, también es determinante de uno de los fenómenos poblacionales más importantes de los peces: las migraciones. En efecto, en esta región, y siguiendo aproximadamente las conexiones de la red fluvial local, cada año al comienzo de la temporada de lluvias, muchas de las especies migran largas distancias en busca de las productivas zonas de "viveros" de las planicies de inundación (fenómenos similares de migración de los peces se observan también en la amazonia brasileña, (Goulding 1988)). En realidad, las migraciones ocurren dos veces al año: migraciones para el desove, hacia las planicies de inundación al inicio de las lluvias, y migraciones aguas arriba, hacia los refugios en el piedemonte andino, cuando las zonas inundadas comienzan a secarse. Unas cuantas especies de desove estacional, atraviesan distancias de doscientos kilómetros o más, entre los refugios de ríos y caños del piedemonte andino, y los terrenos de desove en las tierras bajas de las planicies de inundación (Lilyestrom 1983, Lilyestrom y Taphorn, 1983). Esta estrategia de larga distancia, está ejemplificada principalmente por detritívoros como *Prochilodus mariae* (Prochilodontidae), algunos frugívoros, que se alimentan de semillas como *Brycon whitei* (Characidae), y algunos piscívoros como *Salminus hilarii* (Characidae) (Fig. 5, Tabla 1).

Otras especies de alta fecundidad, cubren distancias más cortas entre los pequeños ríos permanentes de los llanos y las zonas inundadas. Por ejemplo, los characidos frugívoros (*Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, y *Mylossoma duriventris* (Fig. 6), pueden migrar distancias que oscilan desde varios cientos de metros a muchas decenas de kilómetros entre los cursos profundos de los ríos y los habitats inundados estacionalmente en los llanos.

A medida que las planicies de inundación se secan, desde septiembre hasta enero, las densidades de peces aumentan tanto en los cursos reducidos de los ríos, como en las lagunas remanentes de las planicies de inundación. Durante este período, los movimientos en masa de los peces (conocidos localmente como ribazones), los cuales están numéricamente dominados por los peces más jóvenes de la temporada, se efectúan entre las regiones de la periferia de las planicies de inundación y los cursos principales de los ríos y quebradas.

Estas ribazones, también determinan los movimientos de otros peces, y aun de otros animales acuáticos. Es así, como los grandes peces depredadores (e.g. *Pseudoplatystoma* spp, (Pimelodidae) (Fig. 5), permanecen a la espera por debajo

de las confluencias de las quebradas, donde atacan densos bancos de sus presas, cuando éstas descienden hacia hábitats más estables aguas abajo (Mago-Leccia 1970; Reid, 1986). La depredación por las garzas (y otras aves zancudas, así como aves buceadoras (*Phalacrocorax* spp.), y las babas (*Caiman crocodylus*)), es la causa principal de la muerte de los peces atrapados en las lagunas que quedan en las planicies de inundación. Además, algunas especies de peces piscívoros, que no tienen comportamiento migratorio permanecen atrás y se alimentan de peces más pequeños (e.g., *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae), *Electrophorus electricus* (Electrophoridae) y *Gymnotus carapo* (Gymnotidae)). Sin embargo, de algún modo, las poblaciones de peces del bajo llano persisten en grandes densidades, sorteando esas altísimas tasas de mortalidad periódica. Para ello, muchos poseen adaptaciones especializadas para sobrevivir en aguas anóxicas, tales como modificaciones en los aparatos respiratorios (Lowe-McConnell, 1964; Winemiller, 1989a, Machado-Allison 1993) o también presentan mecanismos de cuidado parental altamente desarrollados (Winemiller, 1989b)

En los llanos orientales no se conoce mucho sobre las migraciones; Novoa y Ramos (1982) observaron que el coporo del delta (*Prochilodus* spp), migra aguas arriba en busca de áreas de desove entre la vegetación baja recién inundada, antes que el río alcance su máximo nivel. Por otra parte, los coporos que habían quedado en las lagunas de inundación, desde la temporada anterior salen, cuando éstas se conectan con el río, para reproducirse en el canal. Estos autores, sin embargo, no precisaron si es *Prochilodus mariae*, quien tiene ese comportamiento dual, o si en realidad se trata de dos especies, ya que en el área también existe *Prochilodus rubrotaeniatus*.

III. Fuentes antropogénicas de mortalidad y alteración de los ciclos vitales de los peces en el llano venezolano y el piedemonte andino

IIIa.- Deforestación

Venezuela, es uno de los países latinoamericanos donde el proceso de deforestación ha sido más extensivo, tal como lo demuestran los estudios hechos mediante imágenes de satélite (Stone 1994). Otros autores señalan que en el país se perdió, hasta el año 1980, el 29 % de los bosques primarios originales. Así mismo Veillon (1971) afirma que, ya para el año 1950, los bosques del estado Portuguesa no se podían considerar como formaciones vegetales primarias. Por otro lado, el mismo Veillon (op.cit), expresa que la proporción del área de bosque del Estado Portuguesa pasó de 56 % en 1950 a 47 % en 1960 y 37 % en 1970. Alerta también que llegaría a 23 % en 1980 y a 15 % en 1990 de seguir la tendencia de deforestación proyectada.

Aun quedan unos relictos de los denominados bosques riparinos (citados muy frecuentemente en la literatura como bosques de galería), los cuales, son una característica general de los cursos de agua naturales en los llanos. En algunos casos, pequeñas comunidades de árboles ribereños se encuentran en una u otra forma, incluso en las regiones oriental y sur que están dominadas por pastizales. Los

bosques de galería, proporcionan sombra, que a su vez disminuye la temperatura de las aguas durante la rigurosa temporada seca de los llanos. Por esta razón, la deforestación, tiene el efecto colateral de elevar las temperaturas del agua y ello contribuye a disminuir los niveles de oxígeno disuelto y a aumentar el metabolismo de los peces: esta combinación, es frecuentemente letal para los peces.

El Caño Volcán (Tucupido, Estado Portuguesa), mantenía una descarga bastante estable todo el año. En 1984, la temperatura promedio del agua superficial, a mediodía, durante el pico de la temporada seca fue de 26,7° C; comparado con 31,5° C medidos en una laguna ubicada en las cercanías en una cuenca deforestada.

La mayor parte del piedemonte andino bajo ya está deforestada, y el resultado es la ausencia completa de agua en los lechos de las quebradas y pequeños ríos. Si bien es cierto, que persisten parches de hábitats acuáticos, estables, asociados a los relictos de bosques, cada vez es menor la cantidad de peces migratorios que encuentran su camino hacia ellos, debido a reducciones severas en los niveles del agua en los canales que conectan estos brazos, ubicados aguas arriba, con los sistemas de los llanos aguas abajo.

La deforestación en el piedemonte andino, también influye en la vida acuática, a través de sus efectos en las escorrentías. En las cuencas deforestadas, la amplitud de las inundaciones es mayor y su duración es más corta. Por ejemplo, Gentry y López-Parodi (1980) asociaron el aumento de amplitudes de las inundaciones en el río Amazonas con la deforestación. En los ríos más pequeños, estas inundaciones más violentas lavan el sustrato y arrastran a los productores primarios y secundarios (algas y organismos bentónicos) adheridos a ellos (Flecker 1993). Las inundaciones violentas, también producen una mayor erosión en las adyacencias de los ríos, y posteriormente aumentan las cantidades de sedimentos arrastradas a los cursos de agua. En estas cuencas, se reduce en gran parte la transparencia de los ríos, y también se reduce la profundidad de las lagunas, debido a la deposición de sedimentos.

Otro aspecto, relacionado con la deforestación, es el referido a la alimentación de los peces; en efecto, se ha comprobado que un cierto número de especies de peces, depende de las semillas, y frutos de los árboles de los bosques para su alimentación. En este sentido tanto Goulding (1980) como Kubitzky y Ziburki (1994), documentaron la condición de frugívoros de un amplio espectro de las especies de peces en la Amazonia central. Muchas de estas especies también existen en los llanos venezolanos, y forman una parte importante de las poblaciones de peces comerciales. Los más notables, entre los grandes peces frugívoros characidos de Venezuela, son la cachama (*Colassoma macropomum*), el morocoto (*Piaractus brachypomum*) y la palambra (*Brycon whiteii* y *B. bicolor*).

IIIb.- Reducción de las poblaciones del caimán del Orinoco.

Existen bases, para suponer que la explotación excesiva, y la subsecuente reducción, casi hasta el nivel de la extinción, del caimán del Orinoco, (*Crocodylus intermedius*)

en los llanos, ha traído como resultado una pérdida significativa de importantes refugios acuáticos durante la temporada seca. Los caimanes del Orinoco son animales imponentes debido a que los adultos pueden alcanzar hasta 8 m de longitud. Los caimanes excavan enormes lagunas en los lechos de los ríos, debido a que estas lagunas les proporcionan un ambiente acuático bastante estable durante toda la temporada seca. Colateralmente, las lagunas de los caimanes sostienen grandes biomásas de peces mucho después que las quebradas adyacentes se han secado completamente.

Para el año 1989, aún estaba activa una de estas lagunas al sur del estado Portuguesa, la misma fue excavada en el lecho de una efímera quebrada, que drenaba a un amplio estero. Aún cuando el estero y la quebrada habían estado completamente secos por varias semanas, la laguna de caimanes tenía más de medio kilómetro de largo, con un promedio aproximado de 40-50 m de ancho, y en algunas regiones, tenía por lo menos, 3 m de profundidad; presumiblemente dos o más caimanes vivían allí. En ese sitio fue posible pescar un gran número de pavonas adultas *Astronotus ocellatus* (Cichlidae), caribes *Pygocentrus cariba* (Characidae) y también se colectaron, con chinchorros, un gran número de peces más pequeños. Obviamente, estas acumulaciones de peces localizadas no existirían durante la temporada seca, si no fuera por las excavaciones periódicas hechas por los caimanes que allí residen.

Fitkau (1970, 1973), también notó una correlación positiva entre la biomasa de peces y la biomasa de caimanes en las aguas pobres en nutrientes, en la región central del Amazonas; este autor propuso que existe una retroalimentación positiva entre los peces y los cocodrilos en lo referido a dinámica trófica de los lagos pobres en nutrientes.

En términos de las dinámicas tróficas, la baba (*Caiman crocodilus*), continúa siendo abundante en los llanos, y probablemente llene cualquier vacío dejado en la dinámica general de nutrientes, causada por la declinación de los caimanes. Sin embargo, comparado con los cocodrilos, la baba tiene poco impacto en la arquitectura de los hábitats acuáticos en los llanos, debido a su relativamente pequeño tamaño y a su comportamiento distinto.

IIIc.- Contaminación por fuentes puntuales.

Tradicionalmente, la contaminación por fuentes puntuales no ha sido la mayor preocupación en los países de la región tropical, debido a que éstos en su mayoría tienen poco desarrollo industrial. No obstante, ahora los países de esta región presentan un continuo crecimiento poblacional y un acelerado desarrollo industrial. En virtud de ello, es previsible que el potencial de liberación de contaminantes desde fuentes puntuales aumente en forma drástica.

Los efluentes de plantas manufactureras, los efluentes cloacales, y los efluentes de instalaciones de almacenaje de químicos, no son las únicas formas dañinas de contaminación puntual. En efecto, es bien sabido que el vertido de grandes cantidades

de materia orgánica en los cuerpos acuáticos, promueve niveles de descomposición orgánica muy por encima de los niveles de la fluctuación natural. Esto trae como consecuencia que al reducirse la concentración de oxígeno disuelto en las aguas, se degraden seriamente los ecosistemas acuáticos. Este proceso es particularmente dramático en Venezuela durante la cosecha de caña de azúcar (un rubro muy importante en la zona), la cual coincide con la temporada seca de los llanos.

El proceso de refinamiento del azúcar, es una compleja cadena que implica tanto el refinamiento en sí, como la preparación de la tierra, la siembra de la caña, el combate de plagas en el cultivo y el transporte de la caña hasta la refinería. Para reducir los costos asociados al transporte, las refineries de azúcar virtualmente están ubicadas en las inmediaciones de los campos agrícolas; además, la cercanía entre la refinería y los campos de caña es esencial para lograr que la mayor parte de la cosecha sea procesada durante un limitado lapso (entre diciembre y mayo), antes del inicio de una nueva temporada lluviosa.

Durante la cosecha (llamada período de zafra), estas refineries operan las 24 horas del día, y durante todo ese tiempo liberan cantidades masivas de aguas cargadas con desechos orgánicos tanto disueltos como particulados (Imbernon, 1991). Este material de desecho es canalizado por zanjas que lo alejan de las instalaciones (Fig. 6); desde allí fluye hacia el drenaje más cercano, para luego pasar directamente a los tributarios menores de la red fluvial local. Estos desechos, especialmente los compuestos orgánicos particulados, son atacados inmediatamente por microorganismos descomponedores, siendo el resultado de este ataque, un acelerado aumento de la respiración microbial y concomitantemente, un agotamiento total del oxígeno disuelto en el agua.

Si bien, este tipo de fuentes puntuales están muy localizadas, y en consecuencia podrían parecer inocuas, lo cierto es que causan un efecto ecológico muy negativo y el tamaño de las poblaciones acuáticas, y la región afectada por la caída en los tenores de oxígeno disuelto, son mucho mayores de lo que parece a simple vista. Esto se debe, como ya se mencionó, a que muchas de esas quebradas permanentes, son el hábitat crucial, durante la rigurosa época seca, de los peces adultos que fungirán como fundadores de una nueva generación de peces en la subsiguiente temporada de lluvias (Taphorn, 1988). De forma tal que muchos peces, que están densamente congregados en pequeñas quebradas durante el lapso más riguroso de la temporada seca, en realidad representan el remanente de las poblaciones que durante la temporada lluviosa se dispersan sobre áreas muy extensas. Si durante la temporada seca, estos fundadores potenciales son eliminados sistemáticamente por la contaminación de las fuentes puntuales, el efecto neto es una enorme pérdida en una vasta área, para la siguiente temporada de lluvias.

En algunos ríos de los llanos occidentales es común ver carcasas flotantes de bagres rayados (*Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum*) y otras especies comerciales, después de episodios de liberación de efluentes anóxicos provenientes de refineries

de caña de azúcar, situadas a muchos kilómetros de distancia, de donde se ven los peces muertos.

El efecto a largo plazo de estas fuentes puntuales, al actuar sobre las poblaciones fundadoras, es de tal magnitud, que incluso aunque el evento de mortalidad sea muy localizado y efímero, sus secuelas negativas sobre las poblaciones locales de peces, son potencialmente duraderas. Aún si la fuente de contaminación fuera eliminada, y unos cuantos peces migratorios de largas distancias pudieran llegar hasta una cuenca recientemente saneada, las poblaciones tardarían años en restituirse, hasta sus niveles iniciales.

III d. Contaminación por fuentes no puntuales.

Los ricos suelos de los llanos occidentales sostienen una importante variedad de cultivos, siendo los principales arroz, maíz, sorgo, algodón y caña de azúcar. Estos cultivos generan sobre los sistemas acuáticos, al menos tres impactos negativos: 1) contaminación por agrotóxicos, 2) aumento en los niveles de nutrientes y 3) aumento de turbidez por erosión del suelo.

Los altos niveles de contaminación por agrotóxicos tienen consecuencias obvias, no sólo para la vida de los peces, sino también para los insectos acuáticos y otros invertebrados que los peces utilizan como alimento. Nico *et al* (1995) detectaron la presencia de agrotóxicos (organofosforados chlorpyrifos, comúnmente llamados Dursban y Lorsban), en los tejidos de nueve especies de peces presentes en la cuenca del río Apure. El uso prudente de estas sustancias probablemente introduciría cantidades mínimas a los ecosistemas acuáticos; sin embargo, la falta de asesoría técnica a las personas que aplican estos productos, generalmente conduce a excesos dañinos tanto para la fauna acuática, como para los mismos seres humanos; en la prensa local, al menos una vez al mes se notifica de un accidente fatal sobre un ser humano por algún agrotóxico.

Mediante una serie de eventos análogos a aquellos discutidos para las sustancias o procesos provenientes de fuentes puntuales, la aplicación excesiva de agrotóxicos impacta los recursos acuáticos sobre áreas muy alejadas del punto de aplicación.

Los efectos que tienen las altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), provenientes de la actividad agrícola (arrastrados por la escorrentía), sobre los ecosistemas acuáticos adyacentes, no están bien documentados. Así mismo, hay pocos datos cuantitativos disponibles que describan los flujos estacionales de los nutrientes disueltos, provenientes de procesos naturales, y los efectos de éstos sobre los ambientes fluviales de los llanos.

Hamilton y Lewis (1987) describieron la dinámica de los nutrientes estacionales en una laguna de la planicie de inundación del Orinoco. Según estos autores, durante la fase de inundación, los nutrientes liberados desde el bosque cercano, fueron absorbidos rápidamente por las macrofitas, por lo cual no se produjo un incremento neto de

nutrientes disueltos, que contribuye a la producción de fitoplancton. Después que la laguna queda aislada, la descomposición de las macrofitas libera grandes cantidades de iones y nutrientes.

Los grandes cambios estacionales, de todos los componentes físicos y bióticos, que ocurren en los ecosistemas fluviales y en las zonas inundadas locales, son un dispositivo regulador muy importante, de los procesos ecológicos de los llanos. En los llanos altos occidentales y en los llanos bajos, parece probable que los ecosistemas de las planicies de inundación puedan absorber el exceso de nutrientes con poco impacto sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades. El alza y explosión del ciclo de producción, es un evento natural que parece ser provocado extrínsecamente por la lluvia, más que por la realimentación intrínseca durante el periodo de inundación. Una fracción muy grande de materia y energía, finalmente completa el ciclo a través de los ecosistemas de las planicies de inundación, por vía de la microbial. El proceso involucra la interacción de varios niveles del sistema tales como nutrientes inorgánicos, macrofitas, descomponedores microbianos y nutrientes orgánicos.

Los efectos del aumento del material suspendido, provenientes de las escorrentías agrícolas tienen dos componentes básicos; por una parte, promueven un aumento de la turbidez del agua durante periodos de lluvias intensas, y por otro lado, aumentan la sedimentación en los brazos de ríos cuyas aguas tienen poca velocidad. El impacto de las escorrentías, con aumentos de sedimentos, es claramente negativo para los ecosistemas acuáticos oligotróficos tropicales, porque a la larga van a producir una fuerte alteración en el equilibrio de nutrientes, y es de suponer que esto a su vez va a influir sobre la ictiofauna. Una de las formas como influyen las altas cargas de sedimentos sobre los peces, es produciendo un daño directo, por abrasión, sobre las branquias.

III e. Sobrepesca

Si bien es ahora cuando está comenzando la investigación, y el manejo detallado de las pesquerías en el Neotrópico, varias décadas de investigación sobre la pesca en otras regiones tropicales y especialmente en zonas templadas, nos han enseñado que ninguna población es inmune a la amenaza de la sobreexplotación. Los modelos de recluta/existencia, algunas veces pueden predecir niveles aceptables de explotación, con el mantenimiento de un margen de excedentes; sin embargo, estos niveles casi siempre son excedidos, dadas las fuerzas socioeconómicas y ecológicas no previstas que actúan en un sitio dado.

Por falta de una mejor información, muchos gobiernos latinoamericanos han decretado unas medidas de protección *ad hoc*, más bien de tipo restrictivo, que están basadas tanto en el sentido común, como en modelos derivados de los ecosistemas de la zona templada. Cuando son implantadas, estas medidas frecuentemente funcionan razonablemente bien, y de hecho contribuyen al mantenimiento de las poblaciones de

peces locales. Desafortunadamente, hay incontables casos documentados, en los que las pautas fueron decretadas muy tarde (e.g., norte de Colombia; Dahl, 1971) o, como en el caso de la pesca en aguas continentales de Venezuela, fueron decretadas pero no se están cumpliendo.

En muchos casos la falta de una cultura gastronómica sobre ciertas especies, así como las limitaciones del acceso a ciertas zonas, probablemente asegurarán que la existencia de peces de aguas dulces no explotadas, permanecerán así durante los próximos años. Así mismo, puesto que la mayoría de la población de Venezuela está ubicada a lo largo de la costa del Caribe, la existencia de peces marinos tradicionalmente ha suplido el grueso de la demanda de productos icticos. No obstante, así como en otros países del área, colindantes con la amazonia, es predecible que en el futuro el cultivo de especies de agua dulce como la cachama (*Colossoma macropomum*), permita llevar las especies nativas de aguas dulces hacia los mercados urbanos de la costa; este fenómeno ya está sucediendo en Brasil (Junk, 1984 y Ginnelly, 1990).

De los diferentes métodos usados para atrapar peces en los llanos venezolanos, los grandes chinchorros (hasta 200 metros de largo), presentan la amenaza de mayor impacto sobre las poblaciones de peces, si no se controla el tamaño de las tramas. Esto se debe a que estas redes, generalmente son arrastradas entre dos embarcaciones motorizadas, en los cauces principales de los grandes ríos, y si se utiliza una trama muy pequeña los peces prácticamente no tienen escapatoria. Algunos pescadores bloquean el paso con un chinchorro, y después pescan los peces que se acumulan, utilizando atarrayas.

Los peces de los llanos son más vulnerables a las redes durante las migraciones de la temporada seca, cuando las aguas están confinadas a los cauces de los ríos. Durante la carrera para el desove en la temporada lluviosa, los ríos y quebradas se desbordan y crean nuevos cauces temporales que reducen la habilidad de los pescadores para construir barreras que crucen los cauces completos.

Ya hemos visto que muchas de las especies de peces más importantes comercialmente, presentan migraciones regulares entre los refugios de la temporada seca y los terrenos de desove en las planicies de inundación. Obviamente, a una fracción de la población debe permitirle pasar sin ningún daño, entre los habitats de desove y los refugios. Si se elimina casi toda la existencia de adultos, durante el cuello de botella de la migración, no sólo se elimina el excedente sino que la población local es más vulnerable, y por ello susceptible de extinguirse.

Las experiencias de explotaciones pesqueras en todo el mundo, indican que las presiones del mercado no desestiman la pesca con redes, aún cuando la producción disminuya mucho (Berkes, 1985). Por el contrario, cuando las densidades de peces son bajas, éstos se hacen más valiosos, y la competencia motiva a los pescadores a intensificar aún más sus esfuerzos. Los recursos pesqueros fluviales en los llanos, que antes eran abundantes, hoy en día son susceptibles a la sobreexplotación,

posiblemente hasta el punto de ión local, si se deja sólo a los caprichos de las presiones del mercado.

Las regulaciones y restricciones para el uso de las redes, deben ser aplicadas rigurosamente a fin de asegurar un recurso para todos. Otro factor que ha contribuido a la drástica disminución de la pesca comercial en los llanos occidentales altos es la ausencia de vigilancia y control en la época de veda. Primero, la veda tradicional en los meses de mayo y junio, la época de desove, no es suficiente porque no protege a los peces fundadores de la próxima generación en los meses críticos de sequía (febrero, marzo y abril), justo cuando son más vulnerables. Y en segundo lugar, no hay suficiente esfuerzo, por parte de las autoridades, para controlar la pesca en los meses prohibidos.

Por su parte, la pesca con explosivos y venenos, que ha causado muchos problemas en otras regiones de Latinoamérica, hasta el momento ha sido una práctica relativamente poco común en Venezuela (algunos pobladores indígenas de Amazonas y Bolívar aún pescan con venenos extraídos de productos del bosque).

III.f. Represas y otras estructuras sobre los cauces de los ríos.

Las represas suministran importantes fuentes de energía hidroeléctrica, controlan inundaciones y suministran agua para el riego de la región de los llanos. En Venezuela de una u otra forma, las represas están colocadas, o son planificadas, sobre los principales ríos de la cuenca del Orinoco. Casi todas estas represas están situadas en regiones de relieve topográfico moderado, incluyendo las regiones del bajo piedemonte andino y del escudo de Guayana. Desafortunadamente, estas son las mismas regiones que los peces migratorios de largas distancias atraviesan, cuando pasan de sus refugios, de la temporada seca, hacia los terrenos de desove y viveros de la temporada de lluvias.

Existen otro tipo de estructuras construidas en los cauces de los ríos, cuya finalidad es desviar masas de agua fuera del cauce principal, a sitios específicos. Sin embargo, no todas estas estructuras representarían barreras insalvables para la movilización de los peces, si se hicieran con criterios técnicos, basados en estudios biológicos. Por ejemplo, el cimacio del río Guanare, al oeste de Guanare, Portuguesa, es una estructura que funciona, durante la época seca, para conducir las aguas, hacia una compuerta de un sistema de canales de riego, para el uso agrícola. Durante el período de aguas altas, *Prochilodus mariae* y otros peces migratorios, pueden pasar sin problemas aguas abajo, sobre esta estructura. Debido a que el agua continúa fluyendo, por encima del dique aún durante el período de aguas bajas, unos pocos peces logran pasar saltando, mientras que otros chocan repetidamente contra la estructura de concreto, sin que finalmente logren su objetivo. A diferencia de la mayoría de este tipo de estructuras en Venezuela, aquí se instaló una escalera a lo largo del borde de la compuerta, para ayudar el paso de los peces migratorios. No obstante, por no haber realizado ninguna investigación, antes de la construcción, para estimar la

efectividad relativa del diseño de la escalera para los peces, la misma ha estado llena de grava, prácticamente desde su puesta en uso.

Myers (1948) señaló que las diferentes especies, entre la diversa fauna íctica de Sur América, probablemente requiera de escaleras para peces con diferentes diseños, para facilitar su paso aguas arriba; pero a pesar del gran número de represas construidas en toda Sur América en más de 40 años, desde el pronunciamiento de Myers (*op. cit.*), aún no se ha realizado mucha investigación en este campo.

Es obvio que se deben construir más represas en Sur América, para suministrar energía limpia y para aprovechar el agua que permitirá soportar las crecientes economías, y el incremento demográfico. Sin embargo, también debe estar claro que se necesita investigación ecológica básica, y el desarrollo de nuevas tecnologías, para asegurar que los peces migratorios, que son una fuente de proteína esencial para los pobladores, completen sus ciclos de vida.

La saltadora (*Salminus hilarii*, Characidae), fue alguna vez el principal pez para la pesca deportiva en el piedemonte andino de Venezuela. Los pescadores recuerdan cómo, hace treinta años, la saltadora se podía pescar en grandes cantidades, virtualmente con cualquier camada artificial, en cualquier río que drenaba a los llanos desde las montañas. Por un período de más de seis años pescando en el estado Portuguesa, solo hemos encontrado un individuo inmaduro en el río Tucupido y una gran cohorte de juveniles que repentinamente aparecieron a comienzos de 1991, en el río Las Marias, cerca de Guanare. De acuerdo a A. Flecker (com. per.), quien ha estado estudiando la ecología del bentos del río Las Marias durante los últimos cuatro años, no se encontró ningún *Salminus* hasta la llegada de la cohorte de 1991.

Estos datos, aunque limitados, sugieren que el *Salminus hilarii* ya es extremadamente raro en los llanos y en el piedemonte andino venezolano, y probablemente las represas pueden haber jugado un significativo papel en la rápida declinación de esta especie. Se debería dirigir un estudio, lo antes posible para determinar su status poblacional en Venezuela.

Para finalizar, en la tabla 2 se presenta un resumen de las amenazas más importantes que el hombre está causando a los peces de los llanos y del piedemonte andino

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Los ambientes acuáticos del bajo llano y del piedemonte andino, deben considerarse como una unidad ecológica, debido a que existe una conexión que se hace efectiva mediante el proceso de migración de muchos de los peces que allí habitan.

Dado que existe esta continuidad, el efecto global de las actividades antropogénicas sobre este sistema (talas de los bosques, secamiento de los ríos, descargas de efluentes

contaminados y descarga de agrotóxicos), traduce en una fragmentación a gran escala, de los habitats acuáticos regionales.

En base a ello se propone:

- 1) Diseñar y cumplir a corto plazo planes de manejo, cuyo objetivo esté centrado en la preservación de algunos corredores acuáticos regionales. Ello garantizaría que los peces puedan completar sus ciclos vitales, y las poblaciones fundadoras de cada año puedan retornar a repoblar las aguas del bajo llano. Uno de estos corredores debe involucrar a los ríos Pagüey y Ticoporo, y su conexión con el río Apure.
- 2) Establecer controles efectivos en los Parques Nacionales regionales, que tienen ambientes acuáticos representativos del bajo llano. Estos lugares deben constituir los únicos refugios para los peces en la temporada seca, a fin de que la fracción de peces que se localice en esos sitios cada año, pueda repoblar efectivamente otras zonas depauperadas.
- 3) Proteger zonas de inundación y humedales regionales en general, para permitir que los principales grupos de peces comerciales del bajo llano se reproduzcan, y con ello se puedan mantener en el tiempo las importantes pesquerías de la región.
- 4) Efectuar estudios sobre las especies comerciales más importantes de la región, como el caso de *Salminus hilarii*, *Prochilodus mariae*, *Prochilodus laticeps*, *Pseudoplatystoma* spp y *Cichla* spp, para conocer con exactitud sobre sus estatus poblacionales actuales.
- 5) Evaluar el estado actual de los principales bosques ribereños de la región, con el objeto de proponer correctivos enmarcados dentro de la ley forestal de suelos y aguas, para determinar el ancho efectivo recomendable de la franja de bosque que debe bordear los ríos.
- 6) Duplicar el esfuerzo de vigilancia y guardería del recurso pesquero, ya que el esfuerzo actual es insignificante ante los impactos que enfrenta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a las numerosas personas que pacientemente leyeron el extenso manuscrito en su forma original: muy especialmente a Andreína de Urriola, Maryoly Ortega y los integrantes del curso de Post-Grado en manejo de Fauna Silvestre y Acuática de la UNELLEZ (cohorte 1994).

Parte de los resultados aquí presentados fueron generados por los proyectos de investigación de los autores, en sus respectivas instituciones. Proyecto 12345590 de la Secretaría de investigación de la UNELLEZ de Crispulo Marrero, proyecto 1234586 del CONICIT de Donald C. Taphorn y proyecto 1234859 de la secretaria de investigación de Texas A & M University de K.O. Winemiller.

LITERATURA CITADA

- Berkes, F. 1985. Fishermen and the tragedy of the commons. *Environ. Conserv.* 12(3), 199-206.
- Castillo, O.G. 1988. Pesquerías en el río Apure con énfasis en los grandes bagres. Tesis de Maestría Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela. 114 pp.
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables. Bogotá-Colombia.
- Dewey M.R. and C. Jenings. 1994. Factors limiting the distribution of larval and juvenile fishes in vegetated habitats of the upper Mississippi river. National Biological Survey Special Report 94-S005.
- Fausch, K. D., Lyons, J., Karr, J. R., and P.L. Angermeier 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. *Am. Fish. Soc. Sympos.* 8, 123-144.
- Fittkau, E. J. 1970. Role of caimans in the nutrient regime of mouth-lakes of Amazon affluents (an hypothesis). *Biotropica* 2 (2): 138-142.
- Fittkau, E. J. 1973. Crocodiles and the nutrient metabolism of Amazonian waters. *Amazoniana* 4 (1): 103-133.
- Flecker, A.S. 1990. Community structure in neotropical streams: fish feeding guilds, disturbance and the influence of direct and indirect effects of predators on their prey. Dissertation PhD University of Maryland USA.
- Gentry, A. H. and J. López-Parodi. 1980. Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon. *Science*, 210: 1354-1356.
- Ginnelly, G. D. 1990. Cachama culture in Venezuela. *Aquaculture Mag.* 16(3): 52-65.
- Goulding, M. 1980. *The Fishes and the Forest*. University of California Press, Berkeley, Cal. USA.
- Goulding, M. 1983. Ecology and management of migratory food fishes of the Amazon basin in: Almeda, F. and C.M. Pringle (Edts). *Tropical rainforests: diversity and conservation* California Academic Press. S.F. USA.
- Hamilton, S. K. and W.M. Lewis Jr. 1987. Causes of seasonality in the chemistry of a lake on the Orinoco River floodplain, Venezuela. *Limnol. Oceanogr.*, 32(6): 1277-1290.
- González, V. 1987. Los Morichales de los llanos orientales: un enfoque ecológico. Ediciones Corpoven. Caracas-Venezuela.
- Hocutt, C. H. 1981. Fish as indicators of biological integrity. *Fisheries*, 6(6): 28-30.
- Hocutt, C. H. and J.R. Stauffer Jr. Edts. 1980. *Biological Monitoring of Fish*. Lexington Books, Lexington.
- Imbernon A.J. 1991. Efectos causados por los efluentes de los centrales azucareros Tolimán y Río Guanare en las características físico-químicas de las aguas del Caño Maraca. Tesis, UNELLEZ, Guanare, Portuguesa-Venezuela 65 pp.
- Junk, W. J. 1984. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. in: *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and Its Basin*. ed. by H. Sioli. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, Germany.
- Karr, J. R., J.D. Fausch, P.L. Angermeier, P.R. Yant, I.J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. III. *Nat. Hist. Survey, Spec. Publ.* 5, Champaign U.S.A.
- Kubitzki, K. and A. Ziburski. 1994. Seed dispersal in flood plain forest of Amazonia. *Biotropica* 26 (1): 30-43. 1994.
- Kushlan, J. A. 1976. Environmental stability and fish community diversity. *Ecology*, 57, 821-825.
- Kushlan, J. A. 1980. Population fluctuations of everglades fishes. *Copeia*, 1980 (4): 870-874.
- Lilyestrom, C. 1983. Aspectos de la biología del coporo (*Prochilodus mariae*). *Rev. UNELLEZ Cienc. Tecnol.*, (1): 5-11. Guanare-Venezuela
- Lilyestrom, C. and D.C. Taphorn 1983. Aspectos sobre la biología y conservación de la palambra (*Brycon whitei*) Myers y Weitzman, 1960. *Rev. UNELLEZ Cienc. Tecnol.*, (1): 53-59. Guanare-Venezuela.
- Lowe-McConnell, R. H. 1964. The fishes of the Rupununi savanna district of British Guiana, South America. Part I. Ecological groupings of fish species and effects of the seasonal cycle on the fish. *J. Linn. Soc. (Zool.)*, 45 (304): 103-144.
- Lowe-McConnell, R. H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge Univ. Press, New York.
- Machado-Allison, A. 1993. Los peces de los llanos de Venezuela: Un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.
- Machado-Allison, A. 1990. Ecología de los peces de las áreas inundables de los llanos de Venezuela. *Interciencia* 15(6): 411-423.
- Machado-Allison, 1995. Factors affecting fish communities in the flooded plains of Venezuela. *Acta Biol. Venez.* Caracas-Venezuela.
- Mago-Leccia, F. 1970. Estudios preliminares sobre la ecología de los llanos de Venezuela. *Acta Biol. Venez.*, (7): 71-102.
- 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.
- Myers, G. S. 1948. Initial steps in the conservation of fresh-water fisheries in tropical South America. *Proc. Inter-Amer. Conf. Conserv. Renew. Natur. Res.*, Denver-U.S.A.
- Nico, L. G., D. Schaefer, D.C. Taphorn and A. Barbarino-Duque. 1994. Agricultural chemical screening and detection of chlorpyrifos in fishes from the Apure drainage, Venezuela. *Fresenius Envir. Bull* 3: 685-690 (1994).
- Novoa, D. y F. Ramos. 1982. in: D. Novoa (Edit.). *Los recursos pesqueros del Río Orinoco y su explotación*. Corporación Venezolana de Guayana. Editorial Arte Caracas-Venezuela.
- Ramia, M. 1974. Estudio ecológico del módulo experimental de mantecal. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 31 Vol. 128-129: 117-142.
- Rivera, M. y C. Marrero. 1994. Determinación de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas mediante la utilización del Índice de Integridad Biológica (IIB). *Memorias del 2do Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas*. Pág. 217.
- Reid, S. B. 1986. Cryptic adaptations of small catfishes *Sorubim lima* (Pimelodidae) in Venezuela. *Biotropica*, 18, 86-88.
- Roberts, T. R. 1972. Ecology of fishes in the Amazon and Congo basins. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 143(2), 117-147.
- Rodríguez, M. A. and W.M. Lewis Jr. 1990. Diversity and species composition of fish communities of Orinoco Floodplain lakes. *Nat. Geogr. Res.*, 6: 319-328.
- Sioli, H. 1975. Amazon tributaries and drainage basins in: coupling of land and water systems (Hasler A. D. Edit.). Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. NY.
- Stone, T. 1992. South America's vanishing natural vegetation. *Cultural Survival Quarterly*, 16(3):67-70.
- Taphorn, D. C. 1988. Climatic adaptations of the fishes of the Venezuelan llanos in the Apure river drainage. pages 14-15 in: *Wildlife in the everglades and Latin American wetlands*, G. H. Dalrymple, W. F. Loftus, and F. S. Bernardino, Jr. (eds.), *Proc. First. Everglades Nat. Park Symposium*, Fla. Int. Univ., Miami USA.
- Taphorn, D. C. 1990. Fishes of the río Apure basin, Venezuela: Characoidei. PhD. dissertation, University of Florida, Gainesville-U.S.A.
- Taphorn, D. C. and C. Lilyestrom, 1985. Los peces del modulo "Fernando Corrales". *Resultados ictiológicos del proyecto de investigación del CONICIT-PIMA-18*. *Rev. UNELLEZ Cienc. Tecnol.*, 3, 55-85.
- Veillon P.J. 1971. Importancia económico-social de los bosques del Estado Portuguesa, Venezuela. Universidad de los Andes Fac. Ciencias Forestales Instituto de Silvicultura Oficina de Publicaciones Mérida-Venezuela 122pp
- Welcomme, R. 1979. *Fisheries ecology of flood plain rivers*. Longman, London.
- Winemiller, K. O. 1987a. Tests of ecomorphological and community level convergence among neotropical fish assemblages. PhD. dissertation, Univ. of Texas, Austin.
- Winemiller, K. O. 1989a. Development of dermal lip protuberances for aquatic surface respiration in South American characid. *Copeia*, (2): 382-390.
- Winemiller, K. O. 1989b. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81, 225-241.
- Winemiller, K. O. 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecol. Monogr.*, 60 (3): 331-367.
- Winemiller, K. O. and D.C. Taphorn, 1989. La evolución de las estrategias de vida en los peces de los llanos occidentales de Venezuela. *Biollania* 6: 77-122.

Recibido: 13-03-93
Aceptado: 18-08-95

Tabla 1. Patrones reproductivos y migratorios atribuidos por las especies más importantes del llano.

Especies	Nombre común	Significancia económica
1.- Especies altamente fecundas que desovan en las planicies de inundación de los llanos:		
<i>Salminus hilarii</i> *	saltadora, dorada	deporte
<i>Brycon whitei</i>	palambra	subsistencia, deporte
2.- Especies altamente fecundas que desovan en las planicies de inundación y se refugian tanto en el piedemonte como en los llanos:		
<i>Prochilodus mariae</i>	coporo	subsistencia
<i>Astyanax bimaculatus</i>	sardina	forraje
3.- Especies altamente fecundas que desovan en los llanos:		
<i>Colossoma macropomum</i>	cachama	subsistencia
<i>Piaractus brachipomum</i>	morocoto, cachama	subsistencia
<i>Mylossoma duriventris</i>	palometa	subsistencia
<i>Metynnis argenteus</i>	palometa	subsistencia
<i>Pygocentrus cariba</i>	caribe, capaburro	subsistencia
<i>Hydrolicus scomberoides</i>	payara	deporte
<i>Triporthesus angulatus</i>	arenca	forraje
<i>Leporinus friderici</i>	mije	subsistencia
<i>Pseudoplatystomus fasciatus</i>	bagre rayado, rayao	subsistencia
<i>Pseudoplatystomus tigrinum</i>	bagre rayao, rayao	subsistencia
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	cajaro	subsistencia
<i>Pimelodus ornatus</i>	bagre guacamayo	subsistencia
<i>Hoplosternum littorale</i>	curito	subsistencia
<i>Liposarcus multiradiatus</i>	corroncho	subsistencia
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	curvinata	subsistencia, deporte
4.- Especies de fecundidad baja, con periodo de oviposición extendido; migraciones muy localizadas; se refugian en los llanos:		
<i>Hoplias malabaricus</i>	guabina	subsistencia, deporte
<i>Roeboides dayi</i>	jibao	forraje
<i>Aequidens pulcher</i>	mochoroca	forraje
<i>Astronotus ocellatus</i>	vieja, pavona	subsistencia, deporte
<i>Caquetaia kraussii</i>	san pedro	subsistencia
<i>Cichla ocellaris</i>	pavón	subsistencia, deporte
<i>Cichla temensis</i>	pavón, lapa	subsistencia, deporte

* (Las poblaciones en Venezuela están amenazadas o en peligro de extinción)

Tabla 2. Resumen de las amenazas que actualmente penden sobre las poblaciones de peces de los llanos.

Perturbación	Efecto	Regiones más afectadas	Especies más afectadas
Deforestación	Aumenta la evaporación, reduce o elimina los refugios de la temporada seca y las rutas de migración	Llanos altos y piedemonte andino	Todas las residentes locales y las migrantes estacionales
Fuentes puntuales de contaminación	Elimina las poblaciones reproductoras cruciales en sus refugios de temporada seca	Todos los cuerpos acuáticos del llano	Especies de gran tamaño, y especies que no tienen adaptaciones respiratorias
Escorrentías de la agricultura	Elimina las poblaciones reproductoras cruciales en sus refugios de temporada seca	Llanos altos	Todas las especies
Sobrepesca	Reduce los stocks de adultos migratorios, los cuales son especialmente vulnerables a este impacto	Todas las regiones, pero en especial los llanos altos y el piedemonte	Especies de migraciones largas
Represas	Bloquea las rutas naturales de migración	Piedemonte	Especies migratorias
Pozos de caimanes	Reduce los refugios de temporada seca	Llanos altos y llanos bajos occidentales	Residentes de caños pequeños y de esteros estacionales
Introducción de especies exóticas	Depredación y competencia	Todos los cuerpos acuáticos del llano	Residentes de caños pequeños y de esteros estacionales

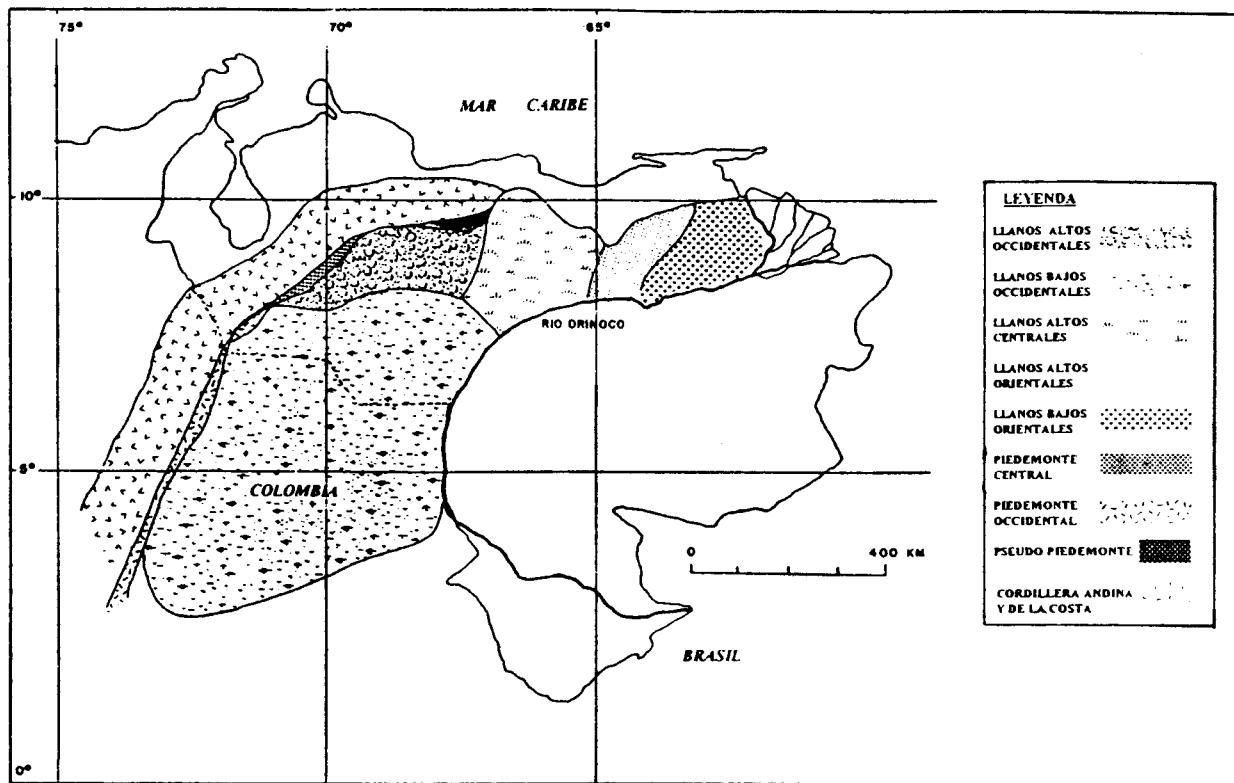


Figura 1. Mapa de Venezuela presentando los llanos y el piedemonte andino.

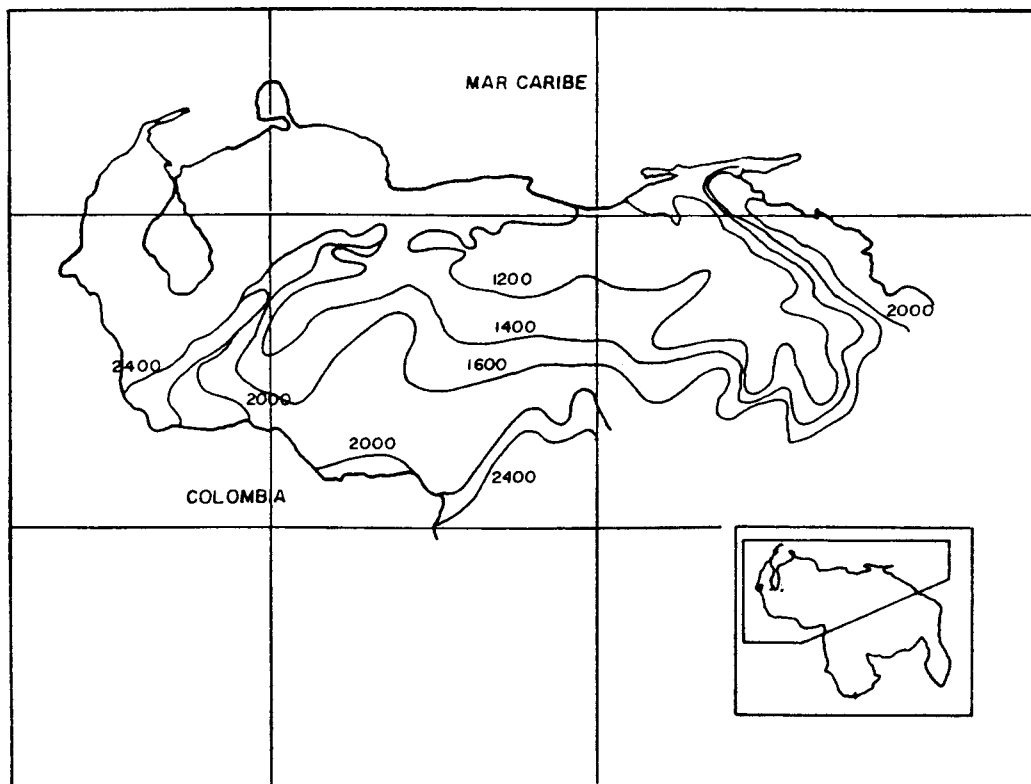


Figura 2. Isobaras de la región de los llanos y el piedemonte andino.

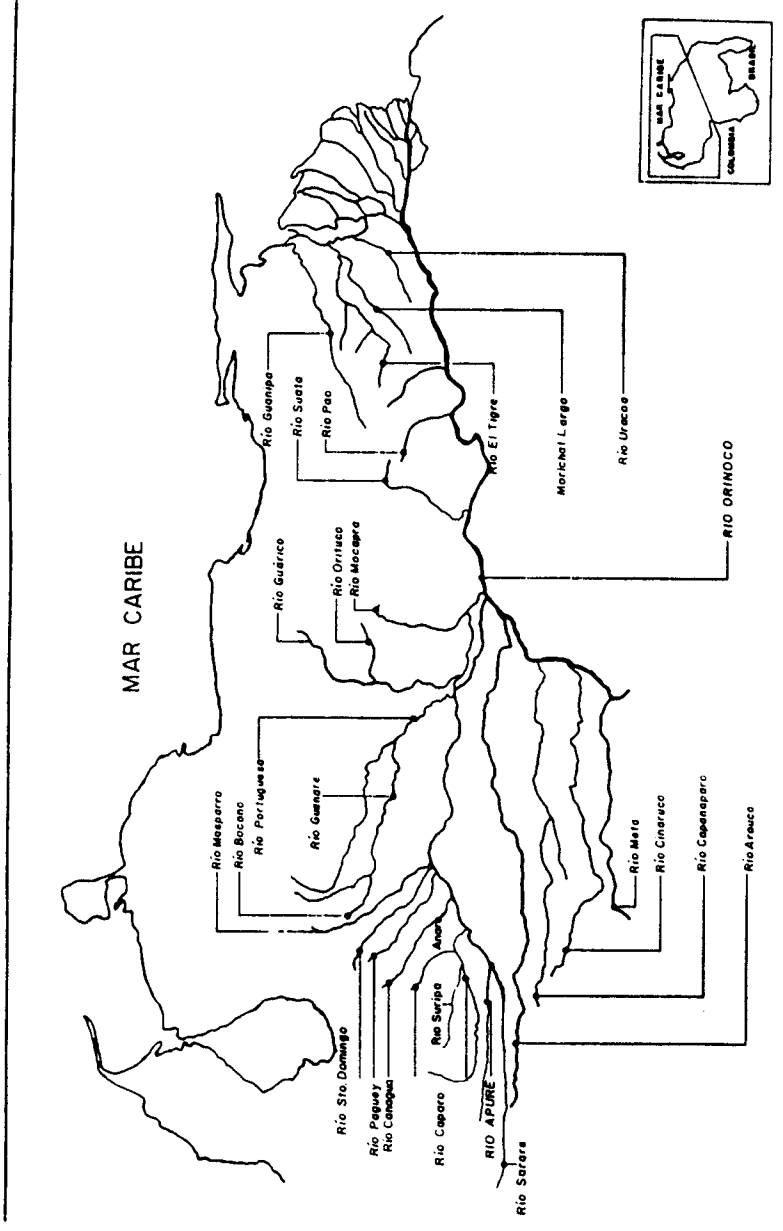


Figura 3. Red de drenaje principal de los llanos y el piedemonte andino

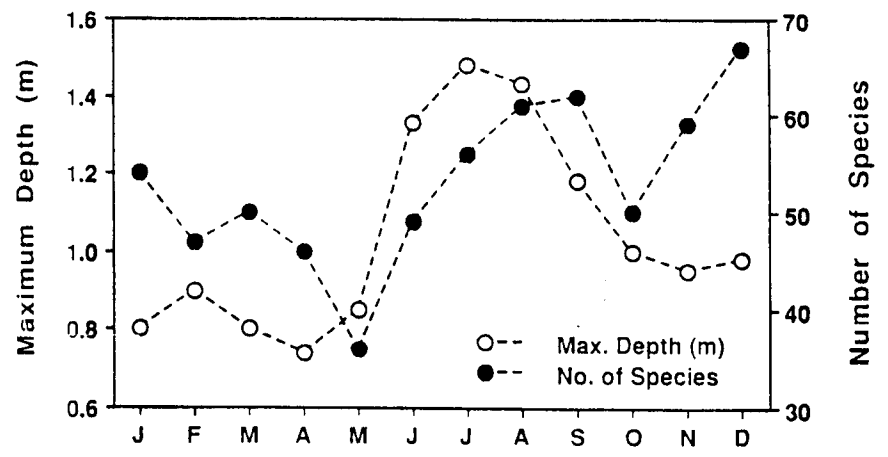


Figura 4. Variación del número de especies con la profundidad en caño Maraca, Edo. Portuguesa, Venezuela.

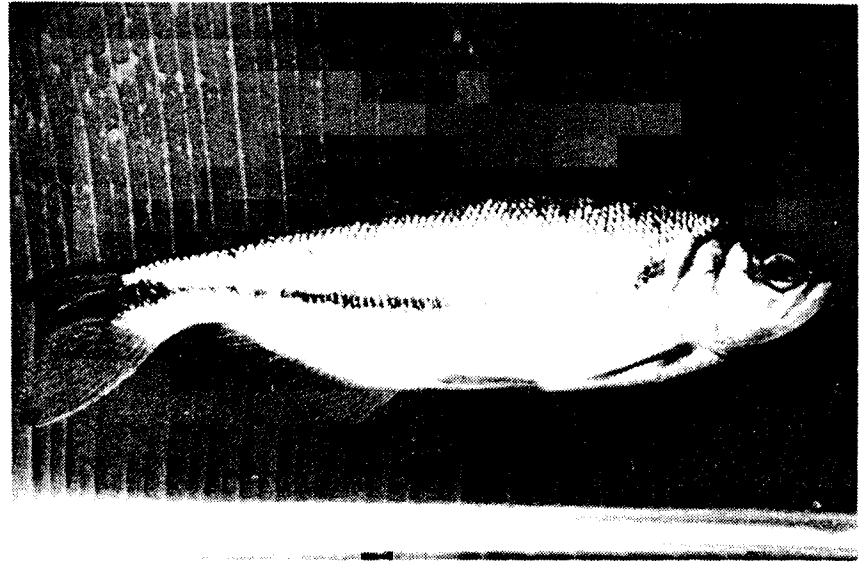


Figura 5a. Especies que presentan migraciones anuales de largas distancias desde los llanos al piedemonte. Arriba: *Brycon whitei* (Characidae), Abajo: *Prochilodus mariae* (Characidae)

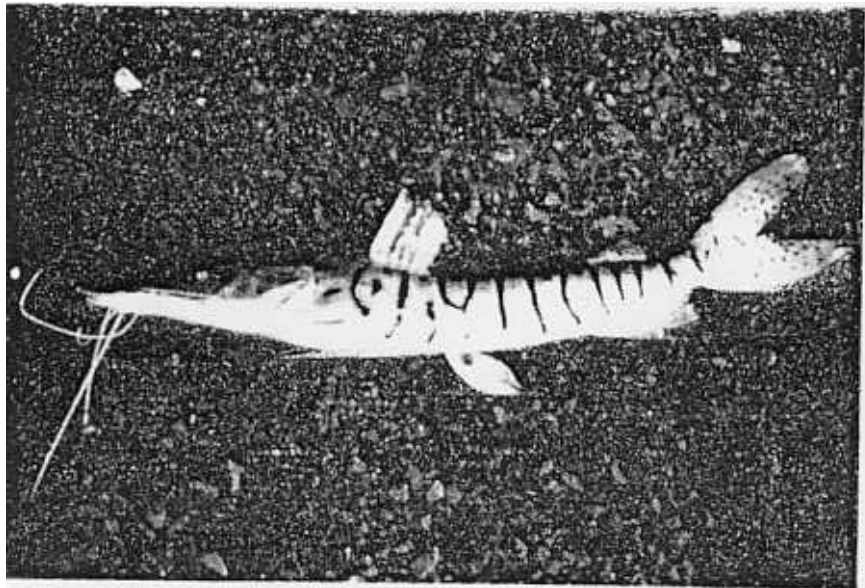
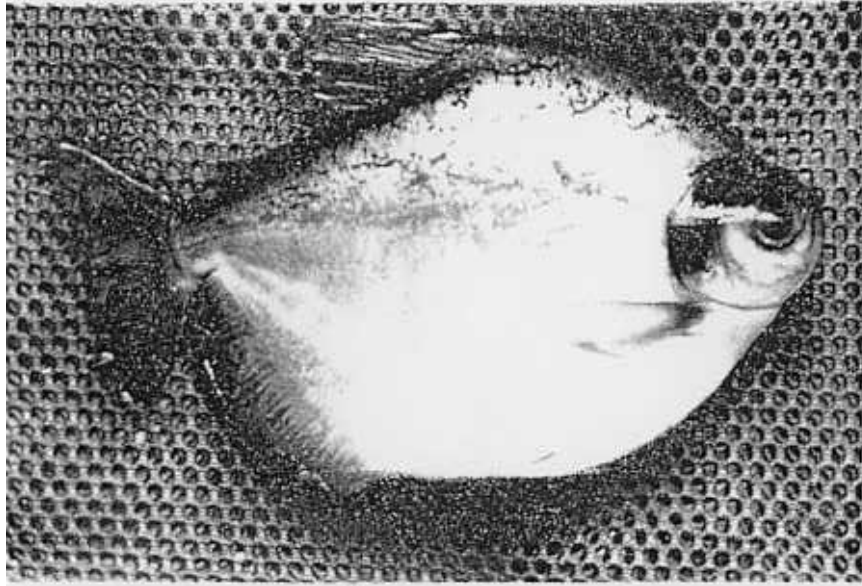


Figura 5b. Especies que exhiben migraciones cortas entre las llanuras inundables y los grandes ríos. Arriba: *Mylossoma duriventris* (Characidae).
Abajo: *Pseudoplatystoma fasciatum* (Pimelodiadae)



Figura 6. Central azucarero en el Estado Cojedes. Los efluentes conteniendo desechos orgánicos fluyen hacia las cabeceras de este pequeño caño



Figura 7. Escalera para peces construida en el rio Guanare, para que éstos pasen u
simacio. Nótese la invasión de la vegetación y la falta de agua en los "peldaños" en
una época en la cual este dispositivo debería ser funcional.