



ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA AMAZONÍA COLOMBIANA: AVANCES Y PERSPECTIVAS

Juan Carlos Alonso González¹, Marcela Nuñez-Avellaneda², Edwin Agudelo Córdoba³, Luisa Fernanda Ricaurte López⁴ y Claudia Liliana Sánchez Páez⁵

Riqueza hídrica en la Amazonia colombiana, base de su biodiversidad acuática

Dentro de un contexto global, el agua dulce representa tan solo 2,5% de la masa líquida del planeta, de la que está disponible para uso humano el 0,01%. La mayor parte de este recurso se concentra en los casquetes polares y depósitos subterráneos (99,5%), por lo que apenas una fracción se encuentra en los ecosistemas acuáticos en forma de ríos o lagos y es en la Amazonia donde se produce cerca del 20% del agua dulce que llega a los océanos (Goulding *et al.*, 2003; OTCA, 2004).

De esta proporción de agua dulce en el mundo, Colombia se puede considerar privilegiada por su posición geográfica, al contar con vertientes hidrográficas que drenan desde la cordillera de los Andes hacia los océanos Atlántico y Pacífico y hacia las grandes cuencas del Amazonas y Orinoco. Esto la convierten en uno de los países con mayor riqueza hídrica del planeta, con a 58 l/seg/km², que corresponden a casi seis veces más respecto del promedio mundial (Marín, 1992). Dicha

riqueza se distribuye en 720.000 microcuencas, en los 15.519 km de red fluvial con caudal promedio de 54.839 m³/s¹ y 17.000 cuerpos de agua que inundan 2,68 millones de hectáreas (González *et al.*, 1994).

Específicamente, la Amazonia colombiana –la cual representa cerca del 42% del territorio nacional, con 380.0000 km² (Gutiérrez *et al.*, 2004)– posee una intrincada red fluvial y de sistemas conexos, con dos grandes vertientes que desembocan directamente al gran río Amazonas. La primera, la del río Caquetá, posee a lo largo de su canal principal 2.280 km, de los cuales, 1.200 corren por territorio colombiano y el resto, por el brasileño (Duivenvoorden y Lips, 1993; Alonso, 1998). este sistema, junto con sus afluentes, abarca 38% del área total drenada por sistemas fluviales en la Amazonia colombiana, convirtiéndola en la principal fuente de recursos hídricos e hidrobiológicos de nuestra porción de ecosistema amazónico (Figura 1) (Murcia, *et al.*, 2000; Torres, *et al.*, 2004).

¹Biólogo Marino Ph D

²Lic. Biología, M Sc.

³Biólogo Marino.

⁴Ecóloga

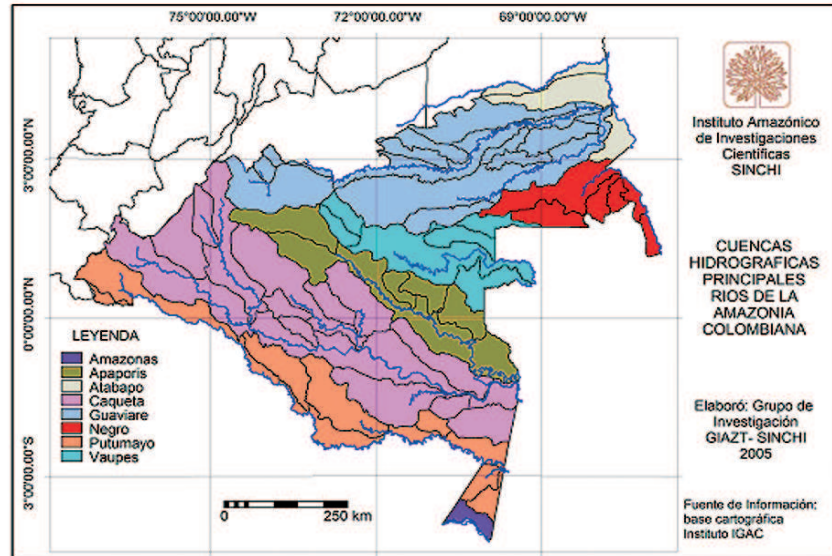
⁵Bióloga Marina

Investigadores Grupo Ecosistemas Acuáticos Amazónicos, Instituto Sinchi.

La segunda cuenca, la del río Putumayo, tiene una longitud total de 2.000 km, recorre en territorio colombiano 1.550 km, a lo largo de los cuales se con-

jugan fronteras con Ecuador y Perú; los otros 450 km le corresponden al Brasil. El área drenada por el Putumayo y sus afluentes llega al 12% del territorio

FIGURA 1. PRINCIPALES RÍOS DE LA AMAZONIA COLOMBIANA CON SU CORRESPONDIENTE ÁREA DE DRENAJE



Amazónico colombiano (Figura 1).

Para completar el 100% de área drenada por la red hidrográfica de la Amazonia colombiana, están las cuencas de los ríos Vaupés (8,7%), Guainía (5,6%) y las que por criterios fitogeográficos se originan en la Amazonia pero drenan hacia la cuenca del Orinoco: Guaviare (26,4%), Atabapo, Mataven y Vichada (9,3%) (Figura 1) (Murcia, *et al.*, 2000; Torres, *et al.*, 2004). En una pequeña porción al sur de la Amazonia colombiana, haciendo frontera con Brasil y Perú, se encuentran los 176 km de río Amazonas que posee el país, cuyos recursos hidrobiológicos (principalmente los pesqueros) sustentan casi un 50% de la economía local (Fabrè y Alonso, 1998; Agudelo *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2004).

En estos sistemas fluviales existen flujos de energía y de materiales que ocurren como pulsos entre fases de inundación y de sequía, diferencias de amplitudes del nivel del río y caudales que originan gran heterogeneidad de ambientes acuáticos entre el canal principal y las planicies de inundación, los cuales actúan como

fuentes de alimentación y refugio, determinando, en parte, la riqueza y abundancia de los recursos acuáticos vivos (Junk *et al.*, 1989; Welcome, 1992; Lowe-McConnell, 1999).

Es precisamente esta diversidad de ambientes acuáticos, de especies y del uso o tipo de aprovechamiento que el hombre amazónico les ha dado los que incentivan, bajo diferentes enfoques, su estudio e investigación. En este sentido, en las próximas páginas se presentará una retrospectiva desde los orígenes de los trabajos del Instituto Sinchi, hasta la visión actual y líneas de investigación que pueden guiar no solo al Sinchi en su accionar en los próximos años, sino a los interesados y llamados a propender por un bienestar común.

Del Programa de Recursos Hidrobiológicos al de Ecosistemas Acuáticos

En las décadas del 60 y 70, la región amazónica, considerada como territorio baldío de la Nación, favoreció una agresiva colonización de campesinos y pobladores

de varias regiones del país, que se establecieron en diferentes regiones de la cuenca, en especial, en el eje del piedemonte Putumayo-Caquetá, en el sector del río Guaviare y, en menor proporción, en el área sur del trapecio amazónico. La colonización poco planificada trajo consigo, entre otros, problemas como el inadecuado uso del suelo, excesiva deforestación y explotación no controlada de recursos naturales, entre ellos, el pesquero (Gutiérrez *et al.*, 2004).

Acciones gubernamentales, en colaboración con gobiernos extranjeros, desarrollaron proyectos y trabajos encaminados a solucionar en parte esos problemas. La Corporación de Araracuara (COA) fue una de estas entidades. Con el apoyo del gobierno holandés, ejecutó acciones para el desarrollo comunitario y productivo y al mismo tiempo realizó investigaciones básicas en diversas temáticas, entre las cuales se destacó la acuática. Durante los últimos años de la COA, se comenzó a conformar en cabeza del Dr. Darío M. Castro, el Programa de Recursos Hidrobiológicos (PRH), que tuvo como principio rector la definición dada por Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables sobre los Recursos Hidrobiológicos: “Conjunto de organismos animales y vegetales, y sus productos, cuyo ciclo de vida se cumple totalmente dentro del medio acuático” (Decreto Ley 2811 de 1974; Decreto 1541 de 1978).

De esta forma, el PRH concentró su labor en tres demandas muy precisas sugeridas por las mismas comunidades: 1) definición de la biología y dinámica pesquera de las principales especies de peces que se comercializaban desde el río Caquetá hacia el interior del país; 2) uso y conservación de la tortuga charapa (*Podocnemis expansa*) en el medio río Caquetá; 3) introducción con criterios técnicos de la piscicultura en las áreas de influencia de Leticia y San José del Guaviare, junto con la implementación de una estación hidrobiológica en Araracuara (Castro *et al.*, 1997; Santamaría, 1997).

Con este legado y las ocho pautas sugeridas por el Dr. Castro —en función de la investigación, prioritaria en su momento, sobre el recurso peces para la Amazonia colombiana (Castro, 1992)—, el recién creado Instituto Sinchi inició su proceso de investigación en los ambientes acuáticos bajo los preceptos del PRH. No obstante,

por el área de jurisdicción que le fue asignada, se definió como estratégico un estudio que proporcionara una visión regional de la problemática pesquera de los ríos Amazonas, Putumayo, Caquetá y Guaviare.

Esta primera experiencia fue guiando a los investigadores vinculados al PRH hacia un enfoque acorde con la realidad social y ambiental de la región, reconociendo, entonces, que los ecosistemas acuáticos son ambientes estratégicos que cumplen diversos papeles: 1) en la satisfacción de necesidades de agua, alimento, recreación, salud y bienestar de la población; 2) como fuente de recursos forrajeros, forestales y pesqueros; 3) al cumplir funciones ambientales y globales como depuradores de aguas y retener sedimentos, sustancias contaminantes y nutrientes; 4) en el mantenimiento del equilibrio ecológico (regulación hídrica y climática), ciclos biogeoquímicos del planeta (Jacks *et al.*, 1994; Jansson *et al.*, 1994); 5) claves por la riqueza de macro y microfauna y flora que albergan (Arheimer y Wittgren, 1994; Márquez, 1996; Convención de Ramsar, 1996).

Lo anterior sugiere ampliar la visión de los trabajos, de tal forma que se integren en un mismo proceso de investigación los diferentes componentes y subcomponentes del sistema, se incluya al hombre como especie biológica transformadora de la naturaleza y se expliquen sus dinámicas e interacciones (Caro *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 2002). Con estas directrices comienza a funcionar el Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA), del cual se resumen a continuación los principales resultados y logros obtenidos durante los primeros diez años.

Avances institucionales en el conocimiento de los ecosistemas acuáticos amazónicos

Gracias al esfuerzo del Instituto Sinchi, en conjunto con otras entidades públicas y privadas nacionales y extranjeras, se realizaron investigaciones que, dependiendo del objeto de estudio, abarcaron una de las siguientes coberturas geográficas: megascale, macroscale, mesoscale o microscale (Tabla 1).

TABLA 1. ESCALAS DE TRABAJO DE LAS INVESTIGACIONES DEL PEA (SINCHI).

| ESCALA | VALOR | COBERTURA GEOGRÁFICA |
|--------|------------------------|----------------------------|
| Mega | 1:3.000.000 | Cuenca amazónica |
| Macro | 1:500.000 | Amazonia colombia |
| Meso | 1:250.000 | Cuenca binacional |
| | 1:100.000 | Departamento |
| Micro | 1:50.000 < 1:50.000 | PaisajeEcosistema acuático |

Fuente: Adaptado de Poiani et al., 2000.

Megaescala

Como de las 14 especies de bagres (Siluriformes) que son explotados comercialmente a lo largo de la cuenca Amazónica (30.000 t/año), el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) es el más pescado (20% del total) (FAO-Copescal, 2000), el Instituto Sinchi, en conjunto con el Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia y la Universidad Federal del Amazonas, del Brasil, realizaron el seguimiento de la dinámica poblacional de la especie a lo largo de 3.800 km en los principales puertos de desembarque del río Amazonas: Estuario, Santarém, Manaus, Tefé (Brasil), Leticia (Colombia) e Iquitos (Perú).

Con más de 5.000 datos colectados, se definió para el eje estudiado que son capturados individuos entre 22 y 144 cm, con mayor frecuencia los de 76 a 84 cm, quienes precisamente están alcanzando los dos años de vida de vida y están ingresando al stock desovante. Estos resultados reflejaron un rendimiento máximo sustentable estimado de 6.474 g por recluta, para una mortalidad por pesca óptima de 0,8 año⁻¹, la cual fue 19% menor que la actual (Figura 2), lo que indica una sobrepesca por crecimiento (Alonso, 2002). Por esto, si se espera continuar con los rendimientos pesqueros actuales, es conveniente permitir que los dorados alcancen tamaños y pesos mayores para reponer una cantidad suficiente de descendientes que compensen las muertes dadas por causas naturales y las ocasionadas por la pesca (Alonso, 2002).

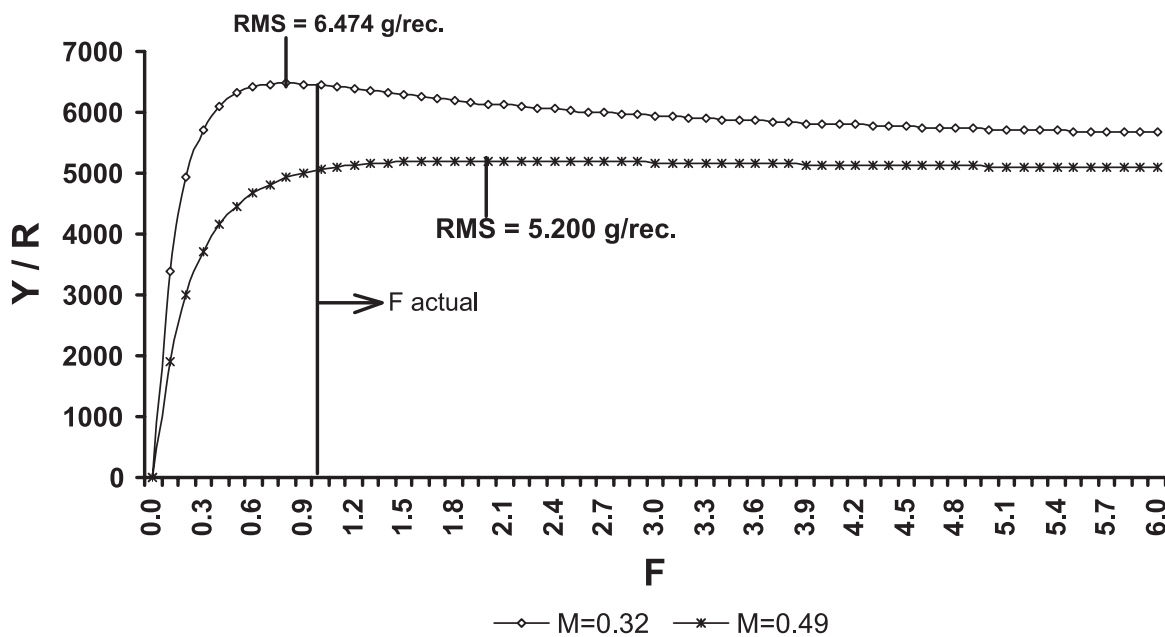
Estos resultados contribuyeron a que el Instituto Sinchi fuese invitado por el Instituto Brasileiro del Me-

dio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables del Brasil a participar en el estudio estratégico “Bases para el manejo de dos grandes bagres migradores” del proyecto “Manejo de los Recursos Naturales de Várzea - ProVárzea”. Entre las recomendaciones más sobresalientes del estudio, está la de implementar un sistema de cuotas de capturas por sectores y períodos específicos que permitan a una mayor proporción de dorados alcanzar pesos óptimos, lo que proporcionaría mejores rendimientos pesqueros a lo largo de todo el sistema (Alonso, 2003).

Macroescala

Entre 1995 y 1999, el Instituto Sinchi abordó el estudio de la actividad pesquera, biología y ecología de peces de interés comercial en cuatro cuencas hidrográficas: Amazonas (Leticia), Putumayo (Puerto Leguizamo), Caquetá (Araracuara y La Pedrera) y Guayabero-Guaviare (San José del Guaviare). Los resultados mostraron que la pesca en la Amazonia colombiana es de tipo artesanal con carácter comercial y de autoconsumo. En el primer renglón, los bagres (Familia: Pimelodidae, Figura 4) representan el grupo de mayor comercialización, especialmente el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) y el lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*), considerados de primera calidad, en los ríos Caquetá y Amazonas. En el río Putumayo, la mayor presión se ejerce sobre el simí (*Calophysus macropterus*) y baboso (*Goslinia platynema*). Para el consumo local, las especies más importantes son las de escama de mediano y pequeño porte pertenecientes a las familias Serrasalmodidae, Cichlidae, Characidae, Cynodontidae y Prochilodontidae (Figura

FIGURA 2. CURVAS DE RENDIMIENTO POR RECLUTA (Y/R) PARA DORADOS PESCADOS A LO LARGO DEL EJE PRINCIPAL DEL RÍO AMAZONAS CON RELACIÓN A LA MORTALIDAD POR PESCA (F) PARA DOS NIVELES DE MORTALIDAD NATURAL (M). RMS: RENDIMIENTO MÁXIMO SOSTENIBLE.



Fuente: Adaptado de Alonso, 2002.

4) (Salinas y Agudelo, 2000) (Ver Figura 3).

Dependiendo de la cuenca y el período hidrológico, los pescadores obtuvieron rendimientos entre 88 a 480 kg/persona/mes, siendo siempre más elevados para el río Amazonas. Este tipo de producción permitió que desde los centros de acopio colombianos se comercializaran 2.531 toneladas en 1980 hasta 13.253 toneladas en 1998, con un aumento del 423%, el cual proviene principalmente de Brasil seguido por el sector peruano y del propio sector colombiano (Figura 4).

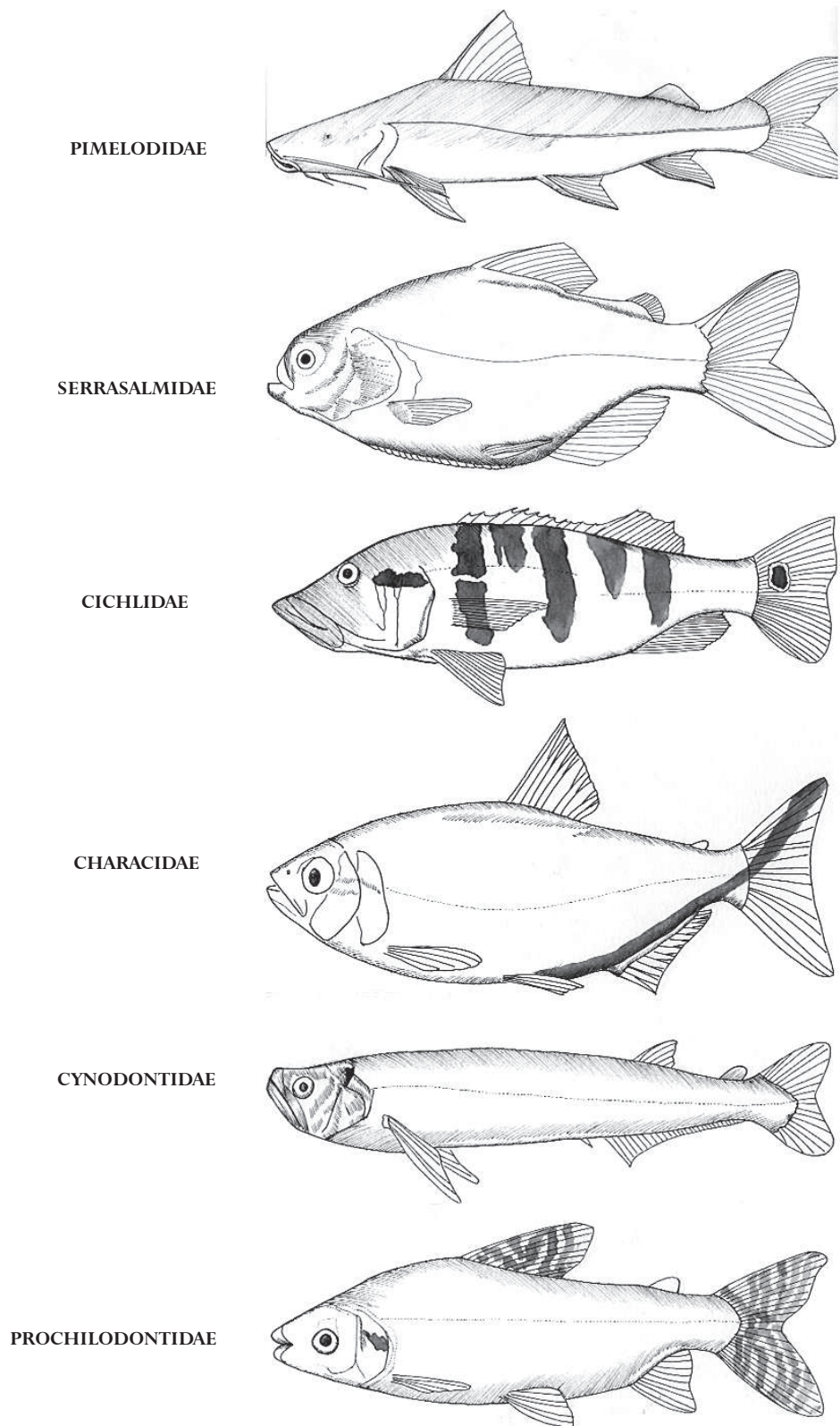
Los resultados en la biología de las especies más explotadas dan criterios claves para el ordenamiento pesquero en la Amazonia colombiana, donde los picos de la actividad reproductiva en cada cuenca sugieren limitar la utilización de las mallas durante dos meses del año (Tabla 2).

Adicional a los períodos para manejo de artes de pesca, se identificó un área estratégica de conservación,

donde posiblemente las especies dorado y lechero realicen el desove: entre los chorros de Yarí (0°36'S -72°15'W) y Clemencia (0°33'S -72°09'W) en el río Caquetá (Alonso, 1998). Es importante resaltar que si las medidas sugeridas no son acompañadas por estrategias binacionales del lado brasileño, donde ocurre el desarrollo de los juveniles de estos bagres migradores, las capturas de esta parte alta de la cuenca no tendrán los beneficios esperados para la sustentabilidad de las reservas (estoques) pesqueras (Alonso, 1998).

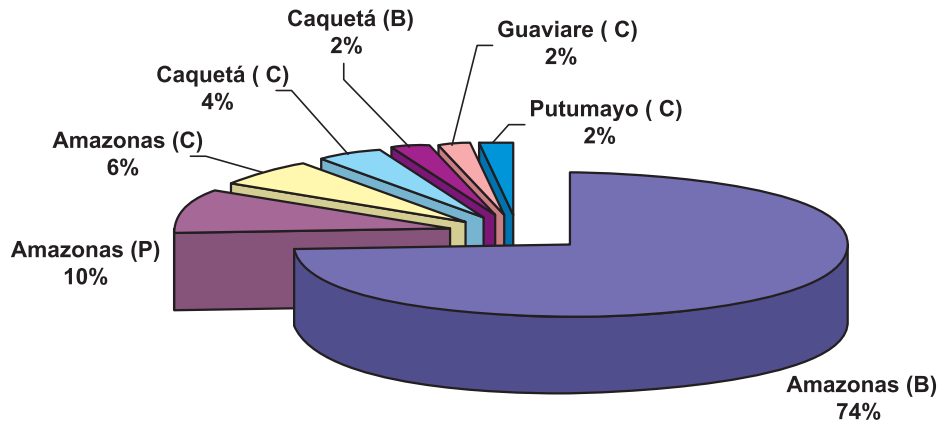
Otro tema de análisis a esta escala, en las cuatro cuencas, es la limnología de los ambientes: mediante información física y química generada por el Instituto Sinchi, y recopilando datos inéditos y publicados, se realizó una aproximación regional a la mineralización de las aguas. En ella se encontraron dos gradientes de conductividad (mayor a menor mineralización), así: en el eje sur-norte (río Amazonas-río Caquetá) y, en el sentido oeste-este (Figura 5) (Agudelo *et al.*, 2000); gradientes que se manifiestan debido a la influencia en

FIGURA 3. PRINCIPALES FAMILIAS DE PECES COMERCIALIZADOS EN LAS CUENCAS AMAZONAS, PUTUMAYO, CAQUETÁ Y GUAVIARE, ORGANIZADAS DE MAYOR A MENOR IMPORTANCIA.



Fuente: Adaptado de: Salina y Agudelo, 2000.

FIGURA 4. PORCENTAJE DE LA PRODUCCIÓN PESQUERA POR PAÍS ACOPIADA EN LOS PUERTOS COLOMBIANOS DURANTE 1998 (C = COLOMBIA, B = BRASIL, P = PERÚ).



Fuente: Tomado de Agudelo et al., 2000.

TABLA 2. PERÍODOS SUGERIDOS PARA RESTRICCIÓN DE UTILIZACIÓN DE MALLAS POR CUENCA, CON BASE EN LOS RESULTADOS DE LA BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES POR CUENCA HIDROGRÁFICA.

| ESPECIES | AMAZONAS | PUTUMAYO | CAQUETÁ | GUAVIARE |
|---|-------------|--------------|---------------|----------------------|
| Dorado | Marzo-abril | | Mayo-julio | Agosto-octubre |
| Lechero | Abril-junio | | Junio-agosto | Agosto-septiembre |
| Pintadillo rayado | Marzo-abril | | Febrero-abril | Marzo-abril |
| Pintadillo tigre | Abril-mayo | | Marzo-abril | Abril-mayo |
| Baboso | | Julio-Agosto | Junio-agosto | Septiembre-noviembre |
| Períodos sugeridos para restricción de mallas | Abril-mayo | Julio-agosto | Junio-julio | Septiembre-octubre |

Fuente: Adaptado de: Agudelo et al., 2000.

volumen y calidad de sus tributarios amazónicos. Esta misma tendencia podría esperarse en términos de la productividad de los ecosistemas acuáticos e, indirectamente, en la productividad pesquera.

En el caso del río Guaviare, a la altura de San José del Guaviare, se incrementa su mineralización, porque en su corto recorrido le llegan afluentes que provienen de la cordillera de los Andes; especialmente el río Ariari, cuyo origen es rico en roca fosfórica (Donato, 1993) (Figura 5).

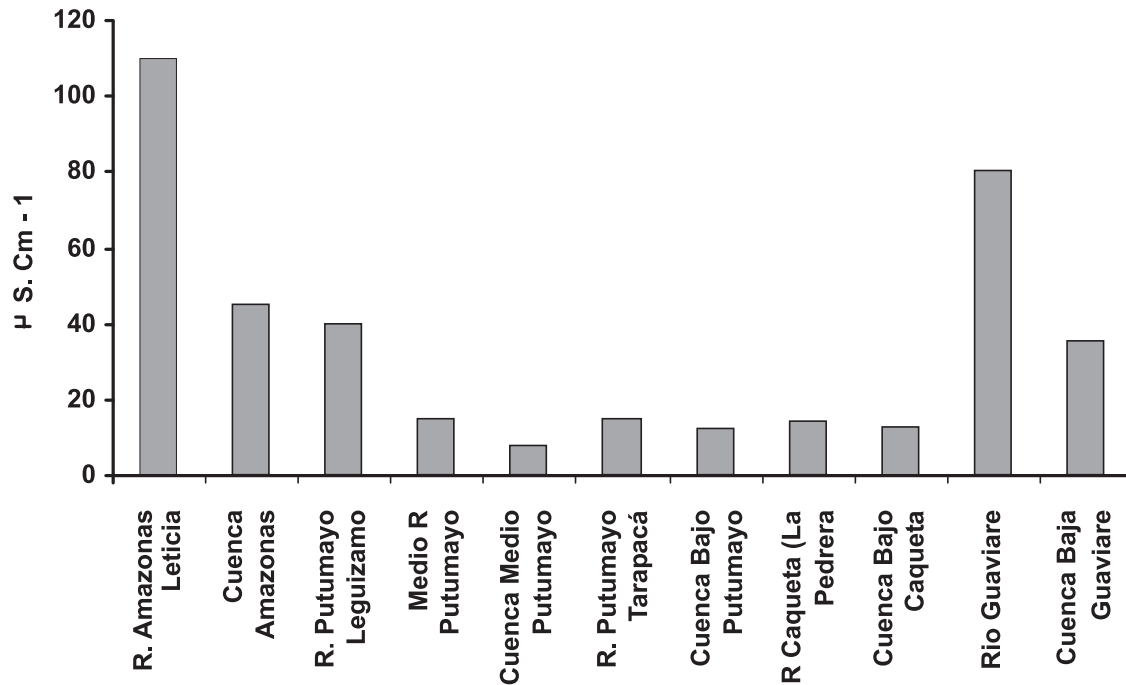
Mesoescala

En esta escala, los estudios binacionales con Brasil y Perú abordaron el componente acuático en varias

dimensiones. El primero de ellos, con el proyecto “Zonificación ambiental del plan modelo colombiano-brasileño Tabatinga-Apaporis - PAT (área colombiana)”, analiza detalladamente, entre otros aspectos, las condiciones limnológicas (Duque *et al.*, 1997) de ríos y lagos del trapecio amazónico (ríos Amazonas, Putumayo y Caquetá y algunos de sus principales tributarios); y se plantean diferentes tipos de ambientes acuáticos producto de la mineralización y productividad de las aguas.

Una reinterpretación de esta información (Núñez-Avellaneda y Duque 2001) permite encontrar diferencias significativas entre el río Amazonas y sus lagos, con mayor productividad y minerales en el agua respecto de las otras dos cuencas, por lo que se propo-

FIGURA 5. GRADIENTES DE MAYOR A MENOR MINERALIZACIÓN (CONDUCTIVIDAD): EN EL EJE SUR- NORTE (RÍO AMAZONAS-RÍO CAQUETÁ) Y, EN EL SENTIDO OESTE-ESTE.



Fuente: Instituto Sinchi?

nen los sistemas de aguas blancas tipo I (Amazonas) y aguas blancas tipo II (Putumayo y Caquetá); de igual manera, el análisis estadístico comprobó la separación de solo dos tipos de aguas negras (Tabla 3).

Los muestreos del proyecto PAT también permitieron profundizar en el inventario de las microalgas del fitoplancton. A la fecha, se cuenta con 10 publi-

caciones (Echenique *et al.*, 2004; Vigna *et al.*, 2004; Núñez-Avellaneda y Duque 1997, 2000; Sala *et al.*, 1999, 2002a, b; Duque y Núñez-Avellaneda 1997) que reconocen una riqueza cercana a 450 especies, de las cuales, 32 son nuevos registros para Colombia, 100 nuevas citas para Amazonia colombiana, una para Sudamérica y cinco nuevas especies para la ciencia (Duque y Núñez-Avellaneda, 2000).

TABLA 3. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES ACUÁTICOS DEL EJE PAT

| TIPO DE AGUAS | PH | CONDUCTIVIDAD (µS.CM-1) | CATIONES (MEQ.L-1) | ANIONES (MEQ.L-1) | CLOROFILA-A (µG.L-1) |
|-----------------|---------|-------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| Blancas tipo I | 5,2-7,6 | 135-220 | 1,1-2,12 | 1,1-2,20 | 2,3-23,6 |
| Blancas tipo II | 5,0-6,6 | 10-20 | 0,09-0,19 | 0,14-0-21 | 0,09-1,2 |
| Negras tipo I | 6,0-7,1 | 20-62 | 0,17-0,82 | 0,18-147 | 4,7 |
| Negras tipo II | 4,6-6,8 | 5-20 | 0,03-0,7 | 0,14-1,47 | 0,01-2,1 |

Fuente: Tomado de Núñez-Avellaneda y Duque (2001).

Estos documentos se complementan con información ecológica de los ambientes que muestran la tendencia a la baja mineralización, pH, productividad y biomasa de los humedales amazónicos, con lo que se evidencia la utilidad e importancia del grupo microalgas en la bioindicación. El estudio del tramo brasileño de los ríos Amazonas, Putumayo y Caquetá, que también contó con la participación del Instituto Sinchi, mostró condiciones similares respecto a la baja mineralización y productividad de estos ecosistemas (Fabrè *et al.*, 1999; Fabrè *et al.*, 2003).

La evaluación de la actividad pesquera y acuícola en este eje fronterizo también mostró diferencias para cada río, donde, sea del lado brasilero o del colombiano, los sistemas de Amazonas son los más productivos y los que soportan mayor presión: 420 pescadores en el Amazonas, 38 en el Putumayo y 43 en el Caquetá (Anzola, 1997). Para el lado brasileño, el número de pescadores involucrados en los centros de acopio colombianos siempre fueron mayores: 978 para el Amazonas, 58 en el Putumayo y 50 en Caquetá (Fabrè y Alonso, 1998).

El segundo grupo de trabajos de carácter binacional se enmarcó dentro del Plan para el Manejo Integral de la Cuenca del Río Putumayo (PPCP), que ha contado con la participación del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) del Perú, la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP) y el Instituto de Investigaciones para la Amazonia Peruana (IIAP).

Se inició con el “Proyecto de macrozonificación del río Putumayo”, que incluye un análisis preliminar de la calidad de las aguas del río y de algunos afluentes y lagos colombianos y peruanos (Ricaurte *et al.*, 1998). Este tema luego es retomado y profundizado en el proyecto “Aprovechamiento y manejo integral de la pesca”, que cubre un tramo de 1.350 km durante dos períodos hidrológicos contrastantes, en 30 puntos de muestreo: siete lagos, 16 tributarios y siete estaciones en el propio río Putumayo. El estudio limnológico abarcó la constitución física, química y biología (ecología del fitoplancton y zooplancton) de las aguas, con diferencias significativas en la composición, densidad planctónica

y minerales entre el río Putumayo y los lagos, respecto de los tributarios. En este último aspecto, se evidencia la importancia del régimen de lluvias y el aporte de la cordillera en la mineralización de las aguas de la cuenca del río Putumayo.

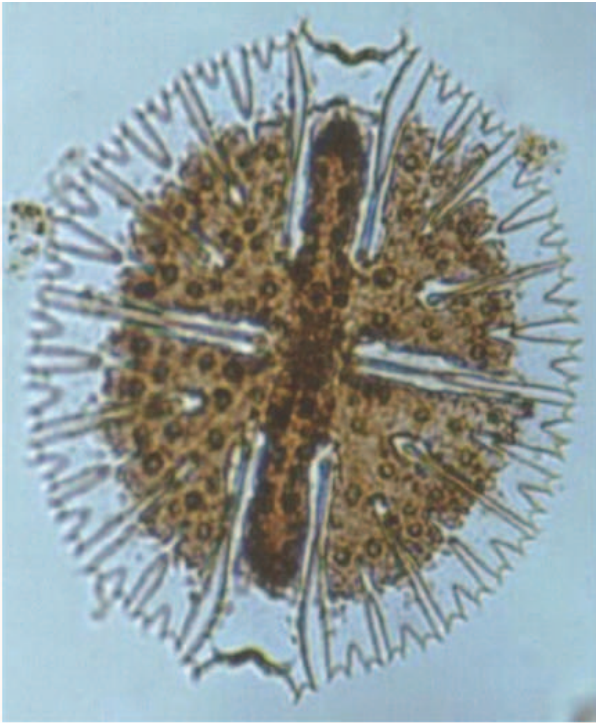
Para el componente biológico, en contraste con la alta riqueza (Figura 6) de organismos encontrados (más de 230 especies de fitoplancton y 150 de zooplancton), la densidad y biomasa de estos grupos fue muy baja, por lo que el nivel de productividad de estos ambientes se puede catalogar como sistemas de baja trofía (ultra – μ oligotrófico), aspecto que es coincidente con los bajos valores de conductividad y concentración de electrolitos, entre ellos, los nutrientes (Núñez-Avellaneda, op. cit.; Marín, 2005).

A partir del componente biológico-pesquero de los trabajos binacionales en el río Putumayo, fue posible estimar la extracción pesquera a lo largo del área binacional de frontera, la cual asciende a 2.500 t/año, generadas por: 1) 1.500 t/año para las capturas realizadas por los pescadores que comercializan su producto; 2) 450 t/año que los mismos pescadores comerciales extraen para autoconsumo; y 3) 550 t/año generadas por las personas que pescan para autoconsumo a lo largo del río (Sinchi-Inade, 2004). Esto significa que el 40% de la producción del área compartida es consumida por los propios pobladores del área compartida Perú-Colombia. Con el valor de la producción de carácter comercial, se puede considerar que el flujo de dinero que estaría circulando a causa de la pesca gira en torno del millón de dólares (Sinchi-Inade, 2004). Este aporte de la pesca a la estabilidad social del eje fronterizo Colombia-Perú contribuyó a que, con el apoyo de la FAO, se identificaran los caminos y las condiciones mínimas para la formulación del Plan Binacional de Ordenamiento de la Pesca y Desarrollo de la Acuicultura en el río Putumayo (Mena *et al.*, 2004).

De otro lado, un ejercicio multidisciplinar apoyado por la Convención Ramsar permitió avanzar significativamente en el inventario y tipificación de humedales de la Amazonia, particularmente de la cuenca alta del río Caquetá (Cuenca río Ortegüaza). Se logró definir

FIGURA 6. MORFOTIPOS MÁS ABUNDANTES EN LOS ANÁLISIS LIMNOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO PUTUMAYO COMPARTIDA POR COLOMBIA Y PERÚ.

FITOPLANCTON



ZOOPLANCTON



una metodología para clasificar los tipos de humedales basada en criterios de vegetación, calidad de agua, fauna (peces y aves), aspectos socioeconómicos y culturales. Para ello, se identificaron 872 humedales, de los cuales, se analizaron 17 en detalle para ser agrupados en ocho clases. El trabajo da elementos al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para la construcción de la “Guía metodológica para la formulación de planes de manejo en humedales” (Ricaurte *et al.*, 2004).

Adicionalmente, como una forma de promover la educación ambiental, se publicó la cartilla “Humedales de la Amazonia colombiana, conocimiento para su conservación” (Ricaurte, 2000). Su objetivo es difundir el conocimiento sobre la definición, clasificación, funcionamiento, fauna, flora, servicios e importancia de la conservación de estos importantes ecosistemas, llegando a las escuelas y colegios de la región, principalmente de aquellas poblaciones de difícil acceso.

Microescala

En el tema de desarrollo tecnológico, a esta escala de análisis, existe una investigación relacionada con el aprovechamiento de los residuos pesqueros con miras a la elaboración de alimentos para diferentes usos, entre ellos, el levante y engorde en el sector pecuario (aves y peces) y como fertilizantes para el mejoramiento de la calidad de los suelos amazónicos. Este proyecto propone generar valor agregado y mejorar los ingresos de pobladores y pescadores de la región, no solo con la utilización de residuos de la pesc, sino también con el procesamiento del producto bruto que se acopia y comercializa desde Leticia hacia el interior del país (Agudelo *et al.*, 2004).

En el sistema de lagos de Yahuaraca, cerca de Leticia, se vienen realizando investigaciones particulares en la biología y ecología de una planta acuática que tiene la posibilidad de desarrollar carnivoría, es decir, complementar sus sustento atrapando presas pequeñas, como microalgas y varios tipos de invertebrados acuáticos (Guisande *et al.*, 2000, 2004). El enfoque del estudio ha permitido utilizar a *Utricularia foliosa* como indicadora de deficiencia de nutrientes que se presenta en algunos momentos del año en los lagos amazónicos.

Estudios ictiológicos a esta escala han sido elaborados en una especie de importancia económica ornamental: la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), en investigaciones concentradas en el área del Parque Nacional Natural La Paya, en la cuenca del río Cauca, afluente del Putumayo. El estudio comprende dos fases: 1) evolución de la biología de la especie, teniendo en cuenta el tamaño, sexo, peso, estadio de madurez y contenidos estomacales y, 2) experimento de levante de alevino a juvenil en jaulas flotantes (Sánchez *et al.*, 2004).

Este estudio concluye que el manejo se debe orientar hacia el uso de artes que no impliquen el sacrificio del animal, además de establecer cuotas máximas de captura para el período de mayor comercialización, debido a que el manejo del recurso no puede basarse en los resultados de la talla mínima (Talla Media de Madurez). Por estos motivos, tecnificar el manejo poscaptura y, en especial, validar el levante en jaulas para que se constituya en una alternativa económicamente viable para la población local son aspectos que deben abordarse con urgencia (Sánchez y Alonso, 2003; Sánchez, 2004; Sánchez y Chaparro, 2004).

Perspectivas de investigación

Procesos de investigación con aportes al conocimiento, como los presentados anteriormente, permitieron que los investigadores vinculados a cada uno de ellos ganara experiencia académica, de campo y laboratorio, interactuara con otras organizaciones nacionales e internacionales y, principalmente, recogiera de los propios usuarios de los ecosistemas y sus recursos las preocupaciones y expectativas que se tejen a su alrededor.

Dicha experiencia contribuyó a reformular los principios de trabajo del Programa de Ecosistemas Acuáticos Amazónicos (PEEA) del Instituto Sinchi, los cuales, en la actualidad, se orientan por el enfoque ecosistémico adoptado por la Convención Mundial sobre Diversidad Biológica (CBD) que promueve el manejo integrado de la tierra, el agua y los seres vivos con miras a su conservación, uso sostenible y equidad en los beneficios provenientes de su aprovechamiento (UNEP-CBD-COP, 1998; Unesco, 2000).



En este sentido, la misión y líneas de investigación del PEEA consideran elementos de estrategias y políticas globales, regionales y nacionales para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH). Estos ya se encuentran bien documentados desde la Conferencia Internacional sobre el Agua (Dublín, 1992), Cumbre de la Tierra (Río, 1992), Dublín+10, Río+10 y los tres foros mundiales sobre el agua realizados entre 1997 y 2003 (GEO-ALC, 2003). Igualmente, la participación en los ejercicios y capacitaciones del Global International Waters Assessment (GIWA) y de la Convención sobre los Humedales (Ramsar), sumada a la Declaración de Arequipa emitida en el III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas (Arequipa, 2003), contribuyeron a la definición de los delineamientos de trabajo.

En el ámbito regional, el Plan Estratégico 2004-2012 de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) indica que concentrará, entre otros, sus esfuerzos para que los gobiernos actúen coordinadamente en la formulación de un programa regional para la gestión sostenible de los recursos hídricos. En la actualidad, Colombia está presentado el proyecto de Ley 365 de 2005 o Ley del Agua, en la cual se propone que la investigación técnica-científica y el monitoreo periódico sean la base conceptual para la implementación de políticas nacionales y regionales, además de la política nacional de humedales (MMA, 2002). Al respecto, Gutiérrez (2005) y García (2005) hacen un recorrido por los marcos legales nacionales e internacionales que sustentan la propuesta, donde se reconoce que el medio ambiente también es un usuario del recurso agua, por lo que es necesario establecer los mínimos necesarios para la conservación de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas asociados.

Dentro de este marco –y guiados por los principios del Plan Estratégico del Instituto Sinchi de generar conocimiento, innovar y transferir tecnología y difundir información sobre la realidad biológica, social y ecológica de la región amazónica–, se conformaron cuatro lineamientos de investigación que guiarán en adelante los estudios sobre los ecosistemas acuáticos de la Amazonia colombiana:

Línea 1: Tipificación y modelamiento

El conocimiento de especies, no solo de las económicamente importantes, sino de todas las que hacen parte de la biodiversidad amazónica, es una necesidad prioritaria en razón de dos motivos antagónicos: 1) la alta presión antrópica a la que están sometidos algunos sectores en la Amazonia; 2) la escasa interacción, en términos de la investigación, que se tiene en los sectores sin intervención humana. Es una necesidad identificada cuantificar la biodiversidad y su grado de adaptación al medio por los especialistas en recursos acuáticos, lo que permitiría medir su variabilidad en los diferentes niveles de organización (paisajes, ecosistemas, comunidades, poblaciones y especies) (Ettler, 1992). Por su parte, detallar las diferentes vías de flujos de energía, entrada, salida y ciclo de materiales ayuda a interpretar el grado de organización de la naturaleza y muestra tendencias sobre las potencialidades y vulnerabilidades de los ecosistemas, los recursos hidrobiológicos soportados por ellos y sus posibles comportamientos futuros (Odum, 1980).

- Objetivo: tipificar¹ y modelar los ecosistemas acuáticos de las cuencas y microcuencas hidrográficas de la Amazonia colombiana, a partir de su composición, estructura y funcionamiento, con miras a definir ambientes estratégicos y corredores ecológicos, y a orientar lineamientos de uso y conservación local, nacional y global.

Línea 2: Valoración ambiental

La proyección estratégica del desarrollo de la Amazonia debe partir de un reconocimiento de sus recursos naturales, entre ellos, de la biota acuática, la cual se constituye en uno de los renglones de mayor importancia ecológica, económica y social tanto en el país y resto de la cuenca como en el contexto global (Montenegro, 1994). Las progresivas alteraciones que vienen sufriendo los ecosistemas acuáticos en la Amazonia no son proporcionales a los estudios ambientales realizados en ellos, lo que produce una pérdida de información ecológica de los sistemas y de los bienes y servicios que pueden prestar. Asignar valores cuantitativos

a esos bienes y servicios permite medir y comparar sus beneficios y encontrar mecanismos de retribución económica y de beneficio social (FAO, 2004).

- Objetivo: definir las potencialidades de los usos y servicios prestados por los ecosistemas estratégicos y su biodiversidad en las cuencas y microcuencas hidrográficas de la Amazonia, de modo que, por medio de herramientas de valoración ecológica, social y económica, contribuyan con su manejo y conservación.

Línea 3: Calidad ambiental

Hace más de una década, se plasmaron los problemas ambientales que vienen agobiando al planeta (Río, 1992), de estos, se destacan los relacionados con superpoblación, deforestación, especies amenazadas, alteraciones climáticas, daño en la capa de ozono, desechos domésticos, industriales, tóxicos y hospitalarios y la contaminación del agua (Lobo, 2004). Relacionado con esto último, el desarrollo de la sociedad moderna demanda un uso cada vez más intenso de los ecosistemas acuáticos epicontinentales. De allí que sea fundamental conocer en primera instancia las condiciones naturales de los ecosistemas acuáticos amazónicos, para tener parámetros de comparación, con los cuales luego se podrán reconocer y medir las alteraciones o usos inadecuados. Esta información guiará las acciones que lleven a mantener la integridad ecológica, a mitigar impactos y, en el mejor de los casos, a tomar las medidas preventivas que eviten realizar procesos onerosos de descontaminación.

- Objetivo: definir tanto las condiciones naturales de los ecosistemas acuáticos como el grado de alteración causada por acción antrópica y fenómenos naturales, de manera que guíen acciones de conservación, mitigación y uso adecuado en la Amazonia colombiana y en la totalidad de la cuenca.

Línea 4: Desarrollo tecnológico

¹ Definir un tipo de ecosistema a partir del conocimiento de sus componentes físicos (fisiografía y clima) y bióticos (vegetación, aguas y fauna relacionada); pueden surgir subcategorías, al considerar los aspectos sociales, económicos y culturales de los habitantes que ocupan el área de estudio (Ricaurte et al., 2004).

Se hace indispensable desarrollar alternativas de uso que permitan generar ingresos, empleo productivo y participación activa de los pobladores locales en el desarrollo regional. Es así que opciones como acuicultura, zootecnia, procesamiento de materias primas, reconversión y utilización de residuos y extracción de principios activos aparecen como soluciones para el aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos, en términos artesanales e incluso industriales, si se logran establecer estrategias adecuadas de producción sostenible para la Amazonia (Blanco, 1998).

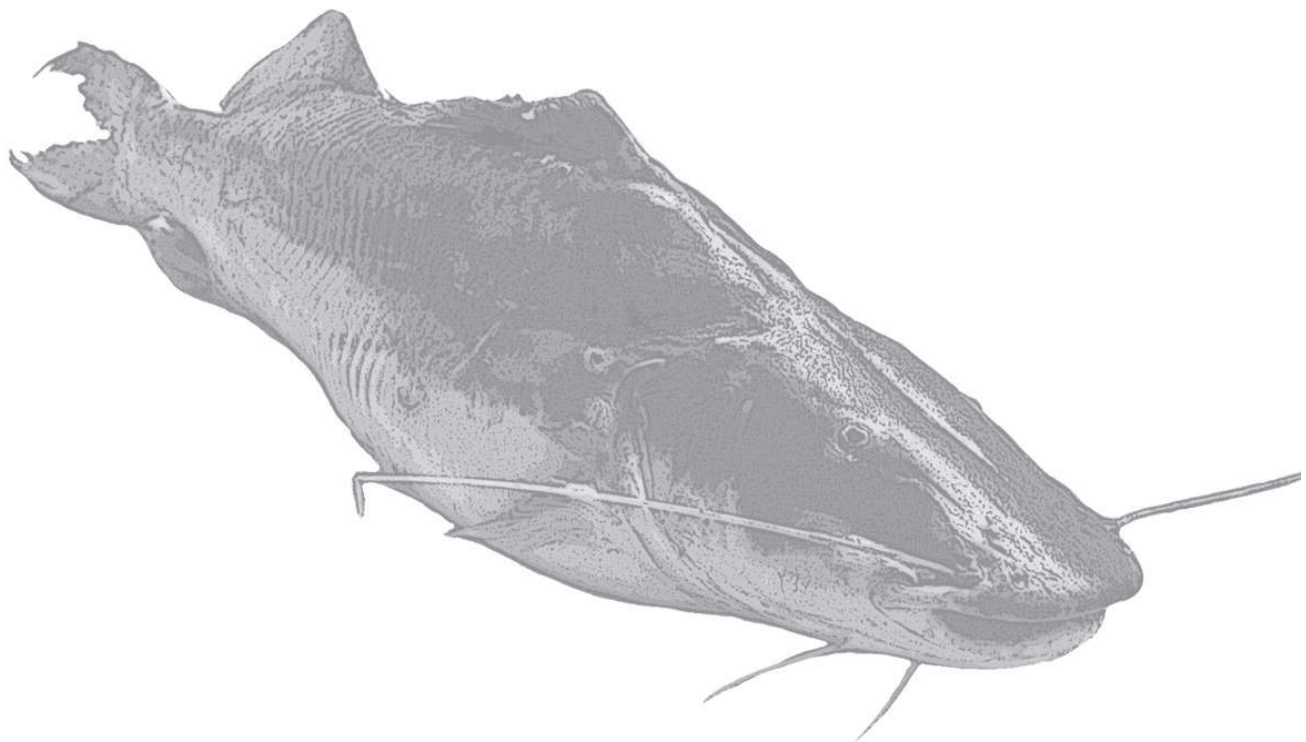
- Objetivo: desarrollar alternativas innovadoras para el aprovechamiento de los recursos naturales provenientes de los ecosistemas acuáticos amazónicos, con criterios ecológicamente viables que den acceso equitativo y contribuyan a disminuir los efectos de las prácticas inadecuadas de uso.

Interdisciplinariedad e interinstitucionalidad

En la misma medida que se propone abordar las investigaciones atendiendo el enfoque ecosistémico, aliarse y cooperar con otras instituciones y organizaciones nacionales e internacionales que complementen la vocación innata de cada estamento son estrategias fundamentales para alcanzar con mayor eficiencia los objetivos propuestos. Es así como se espera que los lineamientos de investigación sugeridos también sirvan de guía a los interesados en profundizar en el conocimiento de los ecosistemas acuáticos de la Amazonía colombiana y sean el punto de partida para generar sanas discusiones que mejoren y amplíen estas perspectivas de trabajo y persigan un fin común: el desarrollo sostenible de la Amazonía.

Agradecimientos

Las investigaciones del Instituto Sinchi en el tema del recurso agua han recibido apoyo de numerosas instituciones colombianas y extranjeras, para las cuales extendemos nuestro sentimiento de gratitud. Aunque es posible que en este espacio no se incluya la totalidad de ellas, no significa que sea menos



importante su aporte. Gubernamentales: Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT); Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN); Corporaciones Regionales como Corpoamazonia y CDA; Ministerio de Agricultura-Pronatta, INPA-Incoder; gobernaciones y alcaldías de la Amazonia colombiana. Organizaciones gubernamentales: de los Estados Americanos-OEA y de las Naciones Unidas-FAO. Universidades: Nacional de Colombia; Andes; Amazonia; Javeriana; Jorge Tadeo Lozano; Nacional de la Amazonia Peruana-UNAP; Federal del Amazonas (Brasil); de Vigo y Sevilla (España); Nacional de la Plata (Argentina). Institutos: Instituto Nacional de Desarrollo-INADE (Perú); Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP); Instituto Nacional de Pesquisas de la Amazonia (INPA) (Brasil). Organizaciones no gubernamentales colombianas, como la Fundaciones Natura, Omacha y Trobenbos; y extranjeras, como Convención Ramsar. Y una mención muy especial para los usuarios directos de los ecosistemas acuáticos y sus recursos naturales: las familias de las comunidades asentadas en las riberas de los ríos amazónicos (indígenas y colonas); pescadores y cazadores; comerciantes; intermedarios; asociaciones de pescadores y comerciantes de pescado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, E.; Y. Salinas; C. L. Sánchez; D. L. Muñoz; J. C. Alonso; M. E. Arteaga; O. J. Rodríguez; N. R. Anzola; L. E. Acosta; M. Núñez-Avellaneda; H. Valdés (2000), *Bagres de la Amazonia colombiana: un recurso sin fronteras*, Bogotá, Instituto Sinchi, Estudios Regionales de la Amazonia colombiana, Editorial Scripto.
- Agudelo, E.; M. Alzate; O. Chaparro; J. H. Arguelles y C. P. Peña-Venegas (2004), *Cuantificación y aprovechamiento de los subproductos pesqueros en el Trapecio Amazónico colombiano*, informe final, Pronatta, Instituto Sinchi, pp. 1-74.
- Alonso, J. C. (1998), *Pesca e esforço de pesca dos grandes bagres (Siluriformes: Pimelodidae) em um setor colombiano do alto Amazonas*, Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), Universidade do Amazonas, p. 82.
- _____ (2002), “Padrão Espaço-Temporal da Estrutura Populacional e Estado Atual da Exploração Pesqueira da Dourada (*Brachyplatystoma Flavicans*, Castelnau, 1855; Siluriformes:Pimelodidae), no Sistema Estuário-Amazonas-Solimões”, tesis de Ph. D., Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), Universidade Federal do Amazonas (FUA), Brasil.
- _____ (2003), *Dinâmica populacional das espécies de bagres migradores: Siluriformes, Pimelodidae. Relatório final para a espécie: Dourada (Brachyplatystoma flavicans). Estudo Estratégico: Bases para o manejo dos grandes bagres*, Manaus, A. M., Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea (ProVárzea), p. 36.
- Anzola, R. (1997), *Actividades Piscícolas Desarrolladas en el Trapecio Amazónico. Anexo. Zonificación ambiental para el plan modelo colombo-brasilero (eje Apaporis-Tabatinga: PAT)*, IGAC (ed.), Santafé de Bogotá, Linotipia, pp. 47-68.
- Arheimer y Wittgren (1994), “Modelling the effects of wetlands on regional nitrogen transport”, *Ambio. Royal Academy of Sciences*, 23(6):378-386.
- Caro, C.; L. F. Ricaurte y A. Vargas (1998), “Bases para la formulación del programa de investigación en ecosistemas acuáticos”, documento interno, Instituto Sinchi, p. 37, versión preliminar.
- Castro, D. (1992), “La pesca en la Amazonia colombiana”, en G. Andrade, A. Hurtado y R. Torres (eds.), *Amazonia colombiana, diversidad y conflicto*, Bogotá, Colciencias, CONIA, CEGA, pp. 256-281.
- Castro, M.; C. A. Santamaría y J.C. Alonso (1997), “Investigación y manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos de la Amazonia colombiana”, en *Memorias del Primer Encuentro de Investigadores del Piedemonte Amazónico*, Bogotá, Tercer Mundo, pp. 225-230.
- Convención Ramsar (1996), *Manual de la Convención Ramsar: Una guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional*, T. J. Davis, D. Blasco, M. Carbonell (eds.), Gland, Suiza, Oficina de la Convención Ramsar.
- Duivenvoorden, J. F. y J. M. Lips (1993), “Ecología del paisaje del medio Caquetá. Memoria explicativa de los mapas”, en

- J. G. Saldarriaga y T. van der Hammen (eds.), *Estudios en la Amazonia colombiana*, Bogotá, Tropenbos-Colombia, IIIA: vol. 3, 301 pp., 11 mapas.
- Duque S. R. y M. Núñez (1997), "Ficoflora de algunos ambientes acuáticos de la Amazonia colombiana", *Caldasia*, 19(1-2):37-42.
- Duque S. R. y M. Núñez-Avellaneda (2000), "Microalgas acuáticas de la Amazonía colombiana", *Biota Colombiana*, 1(2):208-216.
- Duque, S. R.; J. E. Ruiz, J. Gómez y E. Roessler (1997), "Limnología", en IGAC (ed.), *Zonificación ambiental para el plan colombo-brasilero (eje Apaporis-Tabatinga: PAT)*, Santafé de Bogotá, Linotipia, pp: 69-134.
- Echenique, R. O.; M. Núñez-Avellaneda y S. R. Duque (2004), "Chlorococcales de la Amazonia Colombiana I: Chlorellaceae y Scenedesmeceae", *Caldasia*, 26(1):37-51.
- Etter, A. (1992), "Caracterización ecológica general y de la intervención humana en la Amazonia colombiana", en G. Andrade, A. Hurtado y R. Torres (eds.), *Amazonia colombiana, diversidad y conflicto*, Colciencias, CONIA, CEGA, pp. 27-67.
- Fabré, N. N. y J. C. Alonso (1998), "Recursos Ícticos no Alto Amazonas: sua Importância para as Populações Ribeirinhas", *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoológica*, 14(1):19-55.
- Fabré, N. N.; E. Viera y J. C. Alonso (1999), "Compatibilização do Zoneamento Ecológico- Económico Brasil-Colômbia. Eixo Tabatinga-Apaporis", en *Limnologia*, cap. 9, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Serviço Geológico do Brasil-CPRM e Instituto Sinchi, OEA/Sudam, pp. 151-162.
- _____ (2003), "Caracterização de ambientes aquáticos da região do Alto Solimões - Amazônia, Brasil", *Brazilian Journal of Ecology*, São Paulo, (1-2):24-32.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2004), *Sistemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas*, Land and water discussion paper 3, Roma, FAO, 74 p.
- _____ y Comisión de Pesca Continental para América Latina (Copescal) (2000), *Informe taller regional sobre el manejo de las pesquerías de bagres migratorios del Amazonas (Iquitos-Perú)*, informe de campo F-5, Roma, Copescal, FAO, 1103 p.
- García, M. P. (2005), "Perspectivas generales de la gestión integrada de recursos hídricos en el proyecto de Ley 365 de 2005 de Colombia. Aplicación de los principios de Dublín", en *Incorporación de los principios de la gestión integrada de recursos hídricos en los marcos legales en América Latina: Experiencias aprendidas*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, Panamericana, pp. 293-312.
- GEO-ALC (2003), "Agua dulce", en *GEO América Latina y el Caribe - Perspectivas del medioambiente 2003*, México, D. F., Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe, pp. 79-94.
- González, E.; G. Guillot.; N. Miranda y D. Pombo (1994), *Perfil ambiental en Colombia*, Bogotá, Instituto Sinchi, Escala, 260 p.
- Goulding, M.; R. Barthem y E. Ferreira (2003), *The Smithsonian Atlas of the Amazon*, Washington, Smithsonian Books.
- Guisande, C.; C. Andrade; C. Granado-Lorencio; S. R. Duque y M. Núñez-Avellaneda (2000), "Effects of zooplankton and conductivity on tropical *Utricularia foliosa* investment in carnivory", *Aquatic Ecology*, 34(2):137-142.
- _____ (2004), "Relative balance of the cost and benefit associated with carnivory in the tropical *Utricularia foliosa*", *Aquatic Botany*, 80:271-282.
- Gutiérrez, F.; L. E. Acosta-M. y C. A. Salazar (2004), *Perfiles urbanos en la Amazonia colombiana: un enfoque para el desarrollo sostenible*, Bogotá, Editorial Guadalupe, 260 p.
- Gutiérrez, N. P. (2005), "Una ley del agua para Colombia", en *Incorporación de los principios de la gestión integrada de recursos hídricos en los marcos legales en América Latina: Experiencias aprendidas*, Bogotá, Universidad Externado de Colombia, Panamericana, pp. 185-230.
- Jacks, G.; A. Joelsson y S. Fieisher (1994), "Nitrogen retention in forest wetlands", *Ambio. Royal Academy of Sciences*, 23(6):358-362.
- Jansson, M.; R. Andersson; H. Berggren y L. Leonardson (1994), "Wetlands and lakes as nitrogen traps", *Ambio. Royal Academy of Sciences*, 23(6):320-325.

- Junk, W. J.; P. B. Bayley y R. E. Sparks (1989), "The flood pulse concept in river- floodplain systems", en D. P. Dodge, Proceedings of International Large River Symposium, Can Spec Public Fish Aquatic Sci, 106:110-127.
- Lowe-McConnell, R. H. (1999), Estudios ecológicos de comunidades de peixes tropicales: introdução e diversidade: sua manutenção e evolução, São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Marín, R. (1992), Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia, Bogotá, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT), 420 p.
- Marín, Z. (2005), "Distribución geográfica y estructura de la comunidad de zooplancton en la planicie de inundación del río Putumayo (Amazonia colombo-peruana), tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, 120 p.
- Márquez C. (1996), Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental, Fondo FEN Colombia, 211 pp.
- Mena, A.; M. Valderrama y H. Guerra (2003), Informe de resultados del proyecto TCP/RLA/2802 – Apoyo al Ordenamiento de la Pesca en el río Putumayo, proyecto TCP/RLA/2802, FAO, 57 p.
- Ministerio del Medio Ambiente (2002), Política nacional para humedales interiores de Colombia: estrategia para su conservación y usos sostenible, Bogotá, MMA.
- Montenegro, M. (1994), "Distribución espacial de la vaca marina *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia) en el río Amazonas, Trapecio Amazónico", *Trianea*, 5:323-334.
- Murcia-G., U. G.; A. Mazorra; L. F. Ricaurte; O. Méndez; R. Ocampo; C. G. Infante; J. H. Argüelles (2000), "El manejo de la información en el Instituto Sinchi", *Boletín Interno No. 2*, Área de Sistemas de Información, Bogotá.
- Núñez, M. y S. R. Duque (1997), "Chlorococcales (Alga, Chlorophyceae) found in aquatic environments of the Colombian Amazon basin", *Caldasia*, 20(1):7-13.
- Núñez-Avellaneda, M. (2005), "Fitoplancton de la cuenca del río Putumayo, Amazonia colombo-peruana", tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, 100 p.
- _____ y S. R. Duque (2000), "Desmidiás (Zygnemaphyceae) de un pequeño tributario del río Amazonas en Colombia", *Rev Col Acad Cien Exac y Nat*, 14(93):493-498.
- _____ (2001), "Estudio del fitoplancton en ambientes acuáticos de la Amazonia colombiana", en C. Franky, y C. Zarate (eds.), *Imani Mundo*, estudios en la Amazonia colombiana, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones (IMANI), Unibiblos.
- Odum, H. T. (1980), *Ambiente, energía y sociedad*, Barcelona, Blume, 409 pp.
- Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) (2004), *Plan estratégico 2004-2012*, Brasilia, OTCA, secretaria permanente, 82 p.
- Poiani, K. P.; B. D. Richter; M. G. Anderson y H. E. Richter (2000), "Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks", *BioScience*, 50:133-146.
- Ricaurte, L. F.; M. Núñez-Avellaneda y C. Caro (1998), "Ambientes acuáticos", en *Macrozonificación ecológica-económica. Plan Colombo Peruano para el Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Putumayo - PPCP - Área colombiana*, Bogotá, pp. 12-18.
- Ricaurte, L. F.; M. Núñez-Avellaneda; C. Marín; C. A. Salazar; M. C. Pinilla; A. Velásquez; F. Lara y J. C. Alonso (2004), *Inventario y tipificación de humedales en el departamento del Caquetá*, informe final, Instituto Sinchi, Convención Ramsar, p. 176.
- Ricaurte L. F. (2000), "Los Humedales de la Amazonia Colombiana – Conocimiento para su Conservación", cartilla Instituto Sinchi - Convención de Ramsar, Bogotá, Productos.
- Sala, S.; S. R. Duque; M. Núñez-Avellaneda y A. A. Lamaro (1999), "Nuevos registros de diatomeas (Bacillariophyceae) de la Amazonia colombiana", *Caldasia*, 21(1):2-12.
- _____ (2002a), "Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae)", *Acta Amazónica*, 32(4):123-132.
- _____ (2002b), "Diatoms from the Colombian Amazon", *Cryptogamie Algologie*, 23(1):75-99.
- Salinas, Y. y E. Agudelo (2000), *Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana*, Instituto Sinchi, Scripto, 140 p.
- Sánchez, C. (2004), *Mi amiga la arawana*, CIUDAD, Editorial Bochica.
- Sánchez, C. L.; E. Agudelo; J. C. Alonso; L. F. Ricaurte y M. Núñez-Avellaneda (2002), *Propuesta programa ecosistemas acuáticos 2002*, Instituto Sinchi, 15 p., sin publicar.
- Sánchez, C. L. y J. C. Alonso (2003), "Componente biológico", en *Evaluación ecológica y biología reproductiva de la arawana *Osteoglossum bicirrhosum* en el Parque Nacional Natural La Paya, Puerto Leguizamo*, informe final, Bogotá, Instituto Sinchi, Fundación Natura, Parque Nacional Natural La Paya, pp. 1-55.
- Sánchez, C. L. y J. P. Chaparro (2004), "Ensayo de estabulación de alevinos", en *Evaluación ecológica y biología reproduc-*

- tiva de la arawana *Osteoglossum bicirrhosum* en el Parque Nacional Natural La Paya, Puerto Leguizamo, informe final, Bogotá, Instituto Sinchi, Fundación Natura, Parque Nacional Natural La Paya, pp. 1-32.
- Santamaría, C. A. (1997), "Investigación y manejo de los recursos hidrobiológicos en el río Caquetá", En Memorias del Primer Encuentro de Investigadores del Piedemonte Amazónico, Bogotá, Tercer Mundo, pp. 231-235.
- Instituto Sinchi, Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) (2004), Aspectos socioeconómicos, biológico-pesqueros y ambientales relacionados con la pesca y acuicultura en el eje fronterizo Perú-Colombia del río Putumayo, informe de avance de resultados del proyecto binacional Manejo Integral de la Pesca - Plan Colombo Peruano para el Desarrollo Integral de la Cuenca del río Putumayo, Leticia/Iquitos, INADE, Perú, Instituto Sinchi, Colombia, p. 164.
- Torres, E.; J. C. Alonso; E. Agudelo; D. Cárdenas; G. Cardona; R. López; U. G. Murcia-G.; C. Marín; M. Núñez-Avellaneda; C. P. Peña-Venegas; H. Pérez; A. M. Puyana; M. del M. Rendón; L. F. Ricaurte; C. Sánchez y C. A. Salazar (2004), "Ecosistemas: Amazonia colombiana", en Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia, Bogotá, IDEAM, SINCHI, IAvH, Invemar, Ministerio del Medio Ambiente, Imprenta Nacional de Colombia.
- UNEP/CBD/COP (1998), Report of the workshop on the ecosystem approach, Convention on Biological Diversity, Slovakia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), (2000), Solving the puzzle: the ecosystem approach and biosphere reserves, París, Unesco.
- Vigna M. S.; S. R. Duque y M. Núñez-Avellaneda (2004), Tropical silica scaled chrysophytes flora (Chrysophyceae, Synurophyceae) from Colombia, sometido a Beiheft de Nova Hedwigia.
- Welcomme, R. (1992), Pesca fluvial, documento técnico de pesca No. 262, Roma, FAO, p. 303.