

# 2010

## AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD Y EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS EN EL SITIO DE PATRIMONIO MUNDIAL LA AMISTAD POR LAS PROPUESTAS DE REPRESAS HIDROELECTRICAS, PANAMA-COSTA RICA.



CENTER for  
BIOLOGICAL  
DIVERSITY  
*Because life is good.*

Dr. William O. McLarney  
Lic. Maribel Mafla  
Lic. Ana María Arias  
Lic. Danielle Bouchonnet



# **AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD Y EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS EN EL SITIO DE PATRIMONIO MUNDIAL LA AMISTAD POR LAS PROPUESTAS DE REPRESAS HIDROELECTRICAS, PANAMA-COSTA RICA.**

Seguimiento a McLarney y Mafla (2007):

**Posibles efectos sobre la biodiversidad acuática y la función de ecosistemas de las cuatro represas hidroeléctricas propuestas en la cuenca hidrológica Changuinola/Teribe, Bocas del Toro, Panamá con énfasis en el Sitio de Patrimonio Mundial La Amistad**

Considerando también La Amistad/Costa Rica y la vertiente Pacífica de La Amistad.

Dr. William O. McLarney  
Lic. Maribel Mafla  
Lic. Ana María Arias  
Lic. Danielle Bouchonnet

Programa de Biomonitorio  
Asociación ANAI

Información de contacto:

Asociación ANAI (Costa Rica):  
Apdo. 170-2070  
Sabanilla de Montes de Oca  
Costa Rica, C.A.  
Teléfono: (506) 2224-3570  
(506) 2756-8120  
Fax: (506) 2253-7524  
E-mail: mmafla@anaicr.org  
anaital@racsa.co.cr

ANAI, Inc. (Estados Unidos):  
1120 Meadows Rd.  
Franklin, North Carolina 28734  
USA  
Teléfono/fax: (828) 524-8369  
E-mail: anaiinc@dnet.net

Presentado respetuosamente a:

UNESCO World Heritage Committee

Abril 22, 2010

## Tabla de Contenido

<b>EXECUTIVE SUMMARY</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>LAS REPRESAS COMO BARRERAS Y LA IMPORTANCIA DE LA DIADROMÍA</b>	<b>14</b>
<b>EFFECTOS DE REPRESAS SOBRE ANIMALES DIADROMOS EN MESOAMERICA Y EL CARIBE</b>	<b>19</b>
<b>EVENTOS DESDE EL 2008</b>	<b>21</b>
1. <u>Eventos sociales, políticos y jurídicos:</u>	21
<u>Panamá – Vertiente del Atlántico:</u>	21
<u>Panamá – Vertiente del Pacífico:</u>	21
<u>Costa Rica – Vertiente del Pacífico:</u>	22
<u>Costa Rica – Vertiente del Atlántico:</u>	22
2. <u>Investigaciones Biológicas:</u>	23
<u>Panamá:</u>	24
<u>Costa Rica – Vertiente del Pacífico:</u>	28
<u>Costa Rica – Vertiente Atlántica:</u>	28
<u>Iniciativa Darwin:</u>	29
<b>EL AREA LA AMISTAD Y SUS CUENCAS</b>	<b>31</b>
EL AREA LA AMISTAD	31
SISTEMAS FLUVIALES DE LA AMISTAD,	
CON COMENTARIOS SOBRE LAS REPRESAS PROPUESTAS	<b>33</b>
<u>Vertiente del Atlántico – Panamá:</u>	33
<u>La cuenca Changuinola/Teribe</u>	33
<u>Vertiente del Atlántico – Costa Rica:</u>	<b>34</b>
<u>Cuenca Sixaola/Telire</u>	<b>35</b>
<u>Cuenca Estrella</u>	<b>36</b>
<u>Cuenca Banano</u>	<b>37</b>
<u>Cuenca Matina</u>	37
<u>Vertiente del Pacífico – Costa Rica:</u>	37
<u>Cuenca Grande de Térraba</u>	37
<u>Vertiente del Pacífico – Panamá:</u>	<b>38</b>
<u>Cuencas Chiriquí Viejo, Piedras/Chico y Chiriquí</u>	38
<u>Conclusión:</u>	<b>39</b>
<b>LA FAUNA ACUÁTICA DE LA AMISTAD</b>	<b>41</b>
PECES	41
<u>Introducción y Descripción General:</u>	41
<u><b>ESPECIES DE LA VERTIENTE ATLÁNTICA:</b></u>	<b>44</b>
Familia Anguillidae	44
<u><i>Anguilla rostrata</i></u>	44
Familia Atherinidae	<b>45</b>
<u><i>Atherinella chagresi</i></u>	45
Familia Gobiesocidae	45
<u><i>Gobiesox nudus</i></u>	45
Familia Gerreidae	<b>46</b>
<u><i>Eugerres plumieri</i></u>	46

<b>Familia Haemulidae</b>	<b>46</b>
<i>Pomadasys crocro</i>	46
<b>Familia Mugilidae</b>	<b>47</b>
<i>Agonostomus monticola</i>	47
<i>Joturus pichardi</i>	<b>48</b>
<b>Familia Gobiidae</b>	<b>49</b>
<i>Awaous banana</i>	49
<i>Sicydium spp.</i>	<b>50</b>
<b>Familia Eleotridae</b>	<b>52</b>
<i>Gobiomorus dormitor</i>	52
<b><u>OTROS PECES DE PREOCUPACIÓN:</u></b>	<b>54</b>
• <u>Especies Potamódromas:</u>	54
• <u>Especies diádromas crípticas:</u>	54
• <u>Nómadas facultativos eurihalinos:</u>	<b>55</b>
• <u>Especies “Nuevas”:</u>	55
• <u>Especies diádromas de la Vertiente Pacífica:</u>	<b>56</b>
<b>MACROINVERTEBRADOS</b>	<b>57</b>
<b><u>BENTOS:</u></b>	57
<b><u>CAMARONES:</u></b>	<b>59</b>
<u>Descripción general:</u>	59
<u>ATYIDAE – VERTIENTE DEL ATLÁNTICO:</u>	<b>61</b>
<i>Atya inocous</i>	61
<i>Atya scabra</i>	61
<i>Jonga serrei</i>	61
<i>Micratya poeyi</i>	61
<i>Potimirim glabra, Potimirim mexicana, and Potimirim potimirim</i>	<b>62</b>
<u>PALAEMONIDAE – VERTIENTE DEL ATLÁNTICO:</u>	62
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	62
<i>Macrobrachium carcinus</i>	62
<i>Macrobrachium crenulatum</i>	62
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	<b>63</b>
<i>Macrobrachium olfersi</i>	63
<u>ATYIDAE – VERTIENTE DEL PACÍFICO:</u>	63
<u>PALAEMONIDAE – VERTIENTE DEL PACÍFICO:</u>	<b>64</b>
<u>RESUMEN:</u>	64
<b>EFFECTOS SECUNDARIOS DE LAS EXTIRPACIONES DE LAS ESPECIES O DRÁSTICA DECLINACIÓN DE LA POBLACIÓN POR ENCIMA DE LAS PRESAS</b>	<b>66</b>
<u>Relación predador – presa:</u>	66
<u>Frugívoros:</u>	66
<u>Omnívoros, herbívoros and detritívoros:</u>	<b>67</b>
<u>Consideraciones generales:</u>	67
<u>Efectos en ríos de altas altitudes:</u>	<b>68</b>
1. <u>Dinámica de los sedimentos:</u>	<b>69</b>
2. <u>Descomposición de material vegetal alóctono:</u>	<b>71</b>

3. <u>Química del agua y del sustrato:</u>	<b>72</b>
4. <u>Biomasa algal y diversidad:</u>	<b>72</b>
5. <u>La estructura del ensamble de macroinvertebrados bentónicos:</u>	<b>73</b>
<u>Conclusión:</u>	<b>74</b>
<b>CARACTERES UNICOS DE LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES Y SU RELACIÓN CON OTROS ECOSISTEMAS</b>	<b>76</b>
<u>Importancia de los ríos a altas altitudes:</u>	<b>76</b>
<u>Singularidad de los ecosistemas fluviales de La Amistad:</u>	<b>78</b>
<u>Sistemas terrestres dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad:</u>	<b>80</b>
<u>Efectos río abajo de las barreras naturales:</u>	<b>82</b>
<u>Efectos en el sitio y aguas abajo de los complejos represa/embalse:</u>	<b>83</b>
<u>Información general y efectos del embalse:</u>	<b>83</b>
<u>Efectos río abajo:</u>	<b>84</b>
<u>Desague</u>	<b>85</b>
<u>La capacidad de alteración de la tasa de flujo</u>	<b>85</b>
<u>Transporte de sedimentos</u>	<b>86</b>
<u>Regímenes de temperatura</u>	<b>86</b>
<u>Los cambios en la química del agua</u>	<b>87</b>
<b>MITIGACIÓN</b>	<b>89</b>
<u>Estrategias para el paso de peces:</u>	<b>89</b>
<u>Cría artificial de especies migratorias:</u>	<b>91</b>
<u>El fenómeno de “landlocking”:</u>	<b>92</b>
<u>Mitigación aguas abajo:</u>	<b>93</b>
<u>Mitigación a escala regional:</u>	<b>94</b>
<u>Conclusión:</u>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCIAS CITADAS</b>	<b>100</b>
<b>APENDICE I. CUADROS</b>	<b>122-126</b>
<b>APENDICE II. MAPAS</b>	<b>127-133</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

In this paper we expand and update our previous report “Probable Effects on Aquatic Biodiversity and Ecosystem Function of Four Proposed Hydroelectric Dams in the Changuinola/Teribe Watershed, Bocas del Toro, Panama, with Emphasis on Effects Within the La Amistad World Heritage Site”, taking into account events occurring since that report was presented in February, 2008 and expanding coverage to include all of the La Amistad World Heritage Site watersheds in both countries and on both sides of the Continental Divide. This is necessary because it has become increasingly apparent that, chiefly as a consequence of dam proposals and in direct contravention of one of the stated purposes for declaring the La Amistad National Parks, all of the major watersheds within the World Heritage Site are threatened with multiple species extirpations and consequent secondary effects which stand to grossly alter the character of ecosystems within the Site and the surrounding protected areas and indigenous territories making up the La Amistad Biosphere Reserve. For the sake of convenience, in much of the discussion we divide the La Amistad region into 4 sectors – Costa Rica and Panama, Atlantic and Pacific slopes.

While this report focuses on biological events and predictions, we must take note of the numerous protests against dam plans and associated development which have occurred in all 4 sectors, based not only on environmental issues, but also reflecting valid socio-cultural, indigenous rights and local economic concerns. Of particular concern are open pit mining plans being developed in Bribri territory on the very periphery of the World Heritage Site on the Atlantic slope of Costa Rica, and which are perceived as related to nearby dam sites.

Results of several important biological investigations in the La Amistad area have been published since our last report. These include inventories of fish and macroinvertebrates carried out by University of Costa Rica biologists and sponsored by ICE in the Grande de Terraba River drainage on the Pacific slope of Costa Rica, advances in Asociacion ANAI’s continuing biomonitoring investigations on the Atlantic slope of that country, and an ongoing binational Darwin Initiative inventory focusing on the World Heritage Site, which has already reported numerous new country records and discovered 31 species of animals and plants new to science.

However, perhaps the most immediately significant new investigation is a series of inventories undertaken by the Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) in the portion of the Changuinola River watershed which would be directly affected by the CHAN-75 and CHAN-140 dams. Along with important new species records, the STRI report confirms the ANAI biomonitoring team’s assertion (based on monitoring in the Atlantic slope watersheds of Costa Rica and non-quantitative surveys in the Changuinola/Teribe watershed of Panama) of overwhelming dominance by diadromous migratory fish and shrimp in streams at middle and upper elevations on the Atlantic slope of the La Amistad area.

Unfortunately, the Executive Summary of the extremely long (total 1,081 pages) STRI report attempts to serve public relations functions by underplaying the significance of diadromy and glossing over problems and limitations which are acknowledged in the full text. This tendency is extended and exacerbated in the recently published mitigation proposal by the engineering firm AES Changuinola and the consulting firm MWH which does however constitute an important new bibliographic resource.

Descriptive sections of the present ANAI report place the rivers which arise within the La Amistad World Heritage Site in a geographic context of the ca. 10,000 sq. km. La Amistad Biosphere Reserve, and review the fish and macroinvertebrate taxa known from these watersheds, with emphasis on diadromous species known to occur within the World Heritage Site.

For each of the 4 sectors of the La Amistad area we analyze all publicly available information on proposed dams and relate it to the threat of species extirpation and related ecological consequences. For the Pacific slope of Panama, we note that all access by diadromous species to streams within the World Heritage Site is already blocked by existing or nearly completed dams, leading to a hypothesis of

total or near-total species extirpation. On the Atlantic slope of Panama, the only significant change since 2007 is progress toward completion and closure of the CHAN-75 and Bonyic Dams. We report on proposals for 8 dams on the Atlantic slope of La Amistad/Costa Rica, and plans for one large and several smaller dams on the Pacific slope of that country. We conclude that if all presently proposed dams are constructed, 67% of the total watershed area of the La Amistad World Heritage Site will become inaccessible to diadromous and other upstream/downstream migratory fauna. As maps in this report suggest, similar figures could be derived for all of the upland protected areas and indigenous territories in the La Amistad region.

In the following discussion of the biological aspects of the dam threat, we will emphasize the Atlantic slope watersheds of both countries, for two reasons: 1) More than 90% of the World Heritage Site is located on that side of the Continental Divide and 2) Our knowledge of the biology of the Atlantic slope streams is much more detailed. With these limitations acknowledged, and recognizing also that the World Heritage Site and contiguous protected areas on the Pacific slope for the most part consist of a high altitude fringe, we must mention that, at the watershed level, the threat (and in Panama, losses to date) in Pacific slope watersheds is very comparable.

For the Atlantic slope we identify at least 16 diadromous species (8 fish and 8 shrimps) which will probably be extirpated from major portions of the World Heritage Site if existing dam plans are realized, and also discuss implications for potamodromous species (those which perform obligatory migrations entirely within fresh water) and others.

We argue that the ecological effects of predictable species extirpations will not be limited to a loss of biodiversity at the species level and that, in fact, secondary effects will be more significant. In addition to noting the implications of loss of species of seed dispersers and alteration of predator-prey relationships, we draw on a large, long term body of research from Puerto Rico (where rivers have a similar diadromous fish and shrimp fauna) and elsewhere to show how elimination of omnivores, herbivores and detritivores (categories which include all the shrimp and the most abundant fishes of the La Amistad region) affects sediment dynamics, breakdown of allochthonous vegetable matter, water and substrate chemistry, algal biomass and diversity and structure of the benthic macroinvertebrate assemblage. We apply the principles of the River Continuum Concept to show that loss of these “ecosystem engineers” would have profound negative effects on the fluvial systems of the La Amistad area within and downstream of the World Heritage Site, all the way to the estuaries.

A large body of experience at existing dams worldwide suggests that causes outside the World Heritage Site (dams) will have negative effects within the Site which will in turn contribute synergistically to effects occurring downstream. In addition to habitat loss in areas occupied by dam sites, reservoirs and downstream dewatered reaches, the effects of downstream alterations in flow rate and periodicity, sediment transport and deposition, temperature, and water chemistry will be exacerbated by biological impoverishment of the upper reaches of rivers.

In general, we take exception to government policies which permit and facilitate massive species extirpations and associated ecological impacts within a World Heritage Site, while noting that in this particular case the threat is to a nearly unique ecosystem. The faunal assemblage typical of high gradient streams in the La Amistad area, with high diversity in the lower reaches, coupled with dominance by *Sicydium* gobies and shrimps in the upper watersheds, occurs in only 3 other small areas in the Caribbean Basin. In large part because of the existence of the World Heritage Site and its surrounding complex of other protected areas, La Amistad represents our best chance to permanently protect this unique ecosystem.

The AES/MWH mitigation proposal for the CHAN-75 and CHAN-140 dams provides an opportunity to critique the concept of mitigation as it relates to this particular ecosystem. Beginning with the patently false assertion that the dams will occasion no alteration in downstream habitats and ecosystems, they propose as the best mitigation for upstream effects an aquaculture system which

exists only conceptually and would be impossible to implement in a way compatible with dam construction schedules. While this mitigation proposal, like those previously presented in less developed form in the Environmental Impact Assessments for the Changuinola and Bonyic Dams, suggests a lack of willingness to sincerely address the problem of upstream species extirpations, the treatment of aquaculture and other options in it does serve to advance the discussion of mitigation alternatives and reinforces our conclusion: Based on all available information, we conclude that there is no possibility of significant mitigation for the ecological alterations which would result from completion of existing dam plans in the La Amistad region.

Recognizing that UNESCO, ANAM, MINAET and all others involved face clearly defined limits to their authority, we suggest that the threats facing the fluvial and other ecosystems of the La Amistad area cannot be dealt with solely through implementing policies within jurisdictional boundaries. The nature of the rivers of the La Amistad area, particularly their diadromous component, and their relation to terrestrial and marine environments, demands a watershed conservation approach, extending across all kinds of boundaries.

Our previous report to UNESCO was in support of a petition soliciting the declaration of La Amistad as a World Heritage Site in Danger; this has not yet occurred. In the interim it has become clear that the threat presented by proposed dams extends beyond the Changuinola/Teribe watershed in Panama. It is binational in nature and has the potential to grossly alter the natural character of the World Heritage Site and other areas on both sides of the Continental Divide.

At this point, in recognition of the greater severity of the threat, we recommend that the UNESCO World Heritage Committee reopen the discussion of possible listing of the binational La Amistad World Heritage Site as a World Heritage Site in Danger, in the context of considering all alternatives for the protection of its biodiversity. We would also strongly suggest to UNESCO, the two national governments and all other concerned parties that all discussions related to this threat take place in a context which recognizes the ultimate impossibility of protecting the biodiversity and ecosystem integrity of the La Amistad World Heritage Site without taking into account entire watersheds, from the Continental Divide to the sea.



## RESUMEN EJECUTIVO

En este documento expandimos y actualizamos nuestro previo documento “Posibles efectos sobre la biodiversidad acuática y la función de ecosistemas de las cuatro represas hidroeléctricas propuestas en la cuenca hidrológica Changuinola/Teribe, Bocas del Toro, Panamá con énfasis en el Sitio de Patrimonio Mundial La Amistad”, considerando los sucesos ocurridos desde que ese informe fuera presentado en febrero del 2008 y expandiendo el área de análisis a toda la región de Patrimonio Mundial en las cuencas de ambos países y a ambos lados de la división continental de aguas. Esto se hace necesario porque está llegando a ser obvio que mayormente como consecuencia de la propuesta de construcción de las represas, y contraviniendo directamente el propósito de la formación de La Amistad como parques nacionales, la mayor cantidad de cuencas en este Sitio de Patrimonio Mundial están siendo amenazadas con la extirpación de un gran número de especies y con consecuentes efectos secundarios que alterarán el carácter de sus ecosistemas, de las áreas protegidas y de territorios indígenas aledaños que en su conjunto forman la Reserva de la Biosfera de La Amistad. Para facilitar algunos aspectos del análisis, dividimos la región de La Amistad en 4 sectores - Costa Rica y Panamá, Vertientes Atlántica y Pacífica.

Mientras este informe se enfoca en sucesos y predicciones biológicas, debemos considerar también las numerosas protestas que se están llevando a cabo contra los planes de construcción de las represas y el desarrollo asociado a ellas en los 4 sectores; protestas basadas no sólo en aspectos de protección del medio ambiente sino también en la validez socio-cultural de los planes, y su impacto contra la economía local y los derechos de los indígenas. De particular preocupación son los planes mineros a tajo abierto que están siendo desarrollados en el territorio Bribri en la periferia misma del Sitio de Patrimonio Mundial sobre la vertiente atlántica de Costa Rica, que son percibidos como planes relacionados a la construcción de las represas.

Desde la presentación de nuestro último informe, se han publicado resultados de importantes investigaciones biológicas en el área de La Amistad. Éstos incluyen inventarios de peces y macroinvertebrados llevados a cabo por biólogos de la Universidad de Costa Rica con el apoyo de ICE en el drenaje del Río Grande de Terraba en la Vertiente Pacífica de Costa Rica; progresos en las investigaciones de monitoreo de la Asociación ANAI en la Vertiente Atlántica de ese país; y el inventario binacional de la Iniciativa Darwin que se enfoca en el Sitio de Patrimonio Mundial que viene reportando numerosos nuevos records y descubriendo 31 especies de plantas y animales nuevas para la ciencia. Sin embargo, quizás la investigación más significativa es una serie de inventarios llevados a cabo por el Instituto de Investigación Tropical Smithsonian (STRI) en la porción de la cuenca del Río Changuinola que puede ser directamente afectada por las represas CHAN-75 y CHAN-140. Además de registrar la existencia de nuevas especies, el informe de STRI confirma la afirmación del equipo de monitoreo de ANAI (basado en el monitoreo de las cuencas en la Vertiente Atlántica de Costa Rica y las encuestas no cuantitativas en la cuenca Changuinola/Teribe de Panamá) de la existencia de una abrumadora dominancia de peces y camarones diadromos (migratorios) en ríos y quebradas en elevaciones medias y altas de la Vertiente Atlántica del área de La Amistad.

Desafortunadamente, el resumen ejecutivo del extenso informe de STRI (con un total de 1,081 páginas) intenta cumplir más funciones de relaciones públicas al reducir la importancia de diadromía y al pasar por encima problemas y limitaciones que son reconocidos en el texto completo del informe. Esta tendencia es extendida y exacerbada en la propuesta de mitigación recientemente publicada por la firma de ingenieros AES Changuinola y la firma consultora MWH que constituye, sin embargo, un nuevo recurso bibliográfico importante.

Secciones descriptivas del presente informe de ANAI ubica los ríos que surgen en el Sitio de Patrimonio Mundial La Amistad en un contexto geográfico de cerca de 10,000 km<sup>2</sup> de la Reserva Biosfera

La Amistad, y revisa los taxones de peces y macroinvertebrados de esas cuencas con énfasis en especies diadromas que han sido identificadas en el Sitio de Patrimonio Mundial.

Para cada uno de los 4 sectores del área de La Amistad analizamos toda la información pública disponible sobre las propuestas de construcción de las represas y la conectamos con la amenaza de extirpación de especies y las consecuencias ecológicas relacionadas. Para la Vertiente Pacífica de Panamá, anotamos que todo el acceso de las especies diadromas a los ríos y quebradas dentro del Sitio de Patrimonio Mundial está actualmente bloqueado por las represas existentes o casi terminadas, lo que nos lleva a apoyar la hipótesis de extirpación total o casi total de las especies. En la Vertiente Atlántica de Panamá, el único cambio significativo desde 2007 es el progreso hacia la culminación de las represas CHAN-75 y Bonyic. Informamos sobre 8 de las represas propuestas en las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad/Costa Rica y sobre los planes existentes para construir una represa grande y varias represas pequeñas en la Vertiente Pacífica de ese país. Concluimos que si todas las actuales represas propuestas son construidas, 67% del total del área de las cuencas hidrológicas del Sitio de Patrimonio Mundial La Amistad llegará a ser inaccesible a diadromos y a otro tipo de fauna migratoria río arriba o río abajo. Como lo sugieren los mapas en este informe, porcentajes similares pueden ser estimados para todas las áreas protegidas y los territorios indígenas en la región de La Amistad.

En la discusión sobre los aspectos biológicos de la amenaza de las represas, enfatizaremos la situación de las cuencas en la Vertiente Atlántica en los dos países, por dos razones: 1) Más del 90% del Sitio de Patrimonio Mundial está ubicado a ese lado de la División Continental de aguas y 2) Nuestro conocimiento de la biología acuática de la Vertiente Atlántica es mucho más detallado. Con el reconocimiento de estas limitaciones y reconociendo también que el Sitio de Patrimonio Mundial y las áreas protegidas contiguas en la Vertiente Pacífica en su mayor parte consisten de una franja de gran altitud, mencionaremos que, al nivel de cuencas, la amenaza (y en Panamá las pérdidas a la fecha) en las cuencas de la Vertiente Pacífica es muy comparable.

Para la Vertiente Atlántica identificamos al menos 16 especies diadromas (8 de peces y 8 de camarones) que probablemente serán extirpados de la mayor porción del Sitio de Patrimonio Mundial si los planes existentes de construcción de las represas son ejecutados, y también discutimos las implicancias para las especies potamodromos (animales obligados a migraciones largas en aguas dulce para completar su ciclo de vida) y otras especies.

Sostenemos que los efectos ecológicos de las predecibles extirpaciones de especies no estarán limitados a la pérdida de biodiversidad a nivel de las especies y que, de hecho, otros efectos secundarios serán aún más significativos. Además de considerar las implicancias de la pérdida de especies de dispersores de semillas y de la alteración de las relaciones de predadores-presas, nos basamos en una abundante información acumulada tras un largo periodo de investigación en Puerto Rico (donde los ríos tienen una fauna similar de peces y camarones diadromos) y en otros lugares para mostrar como la eliminación de omnívoros, herbívoros y detritívoros (categorías que incluyen todos los camarones y la mayor cantidad de peces de la región de La Amistad) afecta las dinámicas de sedimentación, descomposición de materia vegetal alóctona, la química del agua y los substratos, biomasa de algas y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos. Aplicamos los principios del Concepto del Continuo del Río para mostrar que la pérdida de estos “ingenieros de ecosistemas” podría tener profundos efectos negativos en los sistemas fluviales del área de La Amistad, río abajo del Sitio de Patrimonio Mundial, y hasta los estuarios.

Una gran cantidad de experiencia acumulada en existentes represas a nivel mundial sugiere que las causas fuera del Sitio de Patrimonio Mundial (represas) tendrán efectos negativos dentro del Sitio lo que en su momento contribuirá sinérgicamente a efectos que ocurrirán río abajo. Además de la pérdida de hábitat en las áreas ocupadas por las represas, reservorios y trechos de desagüe, los efectos por la alteración del flujo de agua río abajo, en cantidad y periodicidad, transporte y deposición de

sedimentos, temperatura y alteración química del agua, serán exacerbados por el empobrecimiento biológico de las áreas altas de los ríos.

En general, objetamos las políticas gubernamentales que facilitan y permiten la extirpación masiva de especies y sus impactos ecológicos asociados en el Sitio de Patrimonio Mundial, mientras observamos que en este caso particular la amenaza es a un ecosistema casi único. El ensamblaje de fauna típico de ríos de gradiente alta de La Amistad, con su gran diversidad en sus partes bajas, acompañada con la dominancia de gobios *Sicydium* y camarones en las cuencas altas, ocurre solamente en otras 3 áreas pequeñas en la región del Caribe. En gran parte por la existencia del Sitio de Patrimonio Mundial y su conexión a otras áreas protegidas aledañas, La Amistad representa nuestra mejor oportunidad para proteger permanentemente este ecosistema único.

La propuesta de mitigación AES/MWH por las represas CHAN-75 y CHAN -140 nos ofrece una oportunidad para criticar el concepto de mitigación en lo que se refiere a este ecosistema en particular. Empezando con la afirmación evidentemente falsa de que las represas no ocasionarán alteraciones al hábitat y ecosistemas río abajo, propone como la mejor mitigación para efectos aguas arriba un sistema de acuicultura que sólo existe conceptualmente y que sería imposible implementar de manera compatible con el programa de construcción de las represas. Mientras que esta propuesta de mitigación, al igual que las anteriormente presentadas en forma menos detallada en las Evaluaciones de Impacto Ambiental para las represas Changuinola y Bonyic, sugiere la falta de voluntad para enfrentar sinceramente el problema de extirpación de especies aguas arriba, la propuesta de acuicultura y otras opciones en ella sirven para adelantar la discusión sobre alternativas de mitigación, y refuerza nuestra conclusión: Basados en toda la información disponible, concluimos que no existe ninguna posibilidad de mitigación efectiva para contrarrestar las alteraciones ecológicas que resultarían de la ejecución de los planes existentes de construcción de las represas en la región de La Amistad.

Reconociendo que UNESCO, ANAM, MINAET y todas las demás organizaciones involucradas enfrentan limitaciones de autoridad, consideramos que las amenazas que confrontan los ecosistemas fluviales del área de La Amistad no pueden ser enfrentadas solamente con políticas dentro de los límites jurisdiccionales. La naturaleza de los ríos del área de La Amistad, particularmente su componente diadromo y su relación con ambientes terrestres y marinos, demanda un enfoque de conservación de cuencas que se extienda más allá de los límites y fronteras existentes.

Nuestro informe anterior a UNESCO fue escrito en apoyo a la petición de declaración de La Amistad como un Sitio de Patrimonio Mundial en peligro, la cual no ha sido promulgada aun. En este ínterin, ha llegado a ser evidente que la amenaza presentada por las represas propuestas se extiende más allá de la cuenca Changuinola/Teribe en Panamá. Es binacional por naturaleza y tiene el potencial de alterar tremendamente el carácter del Sitio de Patrimonio Mundial y de otras áreas en ambos lados de la División Continental de aguas.

En estas circunstancias, reconociendo la severidad de la amenaza, recomendamos que el Comité de Patrimonio Mundial de UNESCO reabra la discusión para la identificación del Sitio binacional de Patrimonio Mundial La Amistad como un Sitio de Patrimonio Mundial en Peligro, en el contexto de considerar todas las alternativas posibles para proteger su biodiversidad. También sugerimos enfáticamente a UNESCO, a los dos gobiernos nacionales y a las demás partes interesadas que toda discusión relacionada con esta amenaza se lleve a cabo en un contexto que reconozca la imposibilidad de proteger la biodiversidad y la integridad ecológica del Sitio de Patrimonio Mundial La Amistad con propuestas que no tomen en cuenta las cuencas en su totalidad, desde la División Continental de aguas hasta el mar.

## INTRODUCCIÓN

El presente informe está basado en nuestro reporte del año 2007, citado anteriormente y ampliado en otras secciones, con cuatro grandes diferencias:

1. Se añade un resumen de las investigaciones científicas y publicaciones, y una breve crónica de otros acontecimientos relevantes que se han producido, desde que el informe del 2007 fue realizado. Además de la función de actualización, nosotros usamos esto como una oportunidad para discutir las declaraciones erróneas en la propuesta de mitigación para las represas CHAN-75 y CHAN-140, publicado recientemente por los defensores de las represas (AES y MWH, 2009).
2. El informe del 2007 estuvo casi totalmente enfocado a los efectos de las represas en la cuenca Changuinola/Teribe del Sitio de Patrimonio de la Humanidad La Amistad en la provincia de Bocas del Toro, Panamá. El presente informe, expande el área de cobertura, el reconocimiento y el análisis de las amenazas implícitas por las represas propuestas para todas las cuencas de La Amistad, en Panamá y Costa Rica. Nosotros concluimos que si todas las represas que se han hecho públicas se realizan, una extirpación total o casi total de la fauna diádroma se producirá en un 67,1% del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad. Esto claramente contradice uno de los propósitos de la creación del PILA, como lo expresado por Alvarado (1989), para el Parque Nacional La Amistad Panameño, "para proteger una muestra significativa de la diversidad biológica en una de las zonas más ricas de fauna y flora que aún permanece grandemente inalterada en la República de Panamá".
3. Hemos tenido la oportunidad de incorporar resultados de una muy completa búsqueda bibliográfica, particularmente con respecto a los efectos documentados de alteraciones de los ecosistemas, por encima de las presas altas y embalses en los trópicos. Más allá de la pérdida numérica de la diversidad a nivel de especies, nosotros señalamos que algunas de las especies amenazadas son claramente especies muy interactivas ó especies "clave", como inicialmente fue definido por Paine (1969). Estamos de acuerdo con Soule *et al.* (2005) que "la desaparición de una especie muy interactiva puede conducir a cambios profundos en la composición, estructura y diversidad de un ecosistema" y que "una hipótesis razonable es que los ecosistemas que han perdido una o más especies fuertemente interactivas están destinados a sufrir una degradación profunda y reducción a lo largo del tiempo". Esto sería particularmente desafortunado, en el contexto de que acá identificamos como un ensamblaje único de peces y camarones que habitan las cuencas de la Vertiente Atlántica del área de La Amistad.
4. También hemos ampliado nuestra documentación sobre los efectos por debajo de la represa, más allá de lo que apareció en el informe anterior, para fortalecer nuestro argumento de que los ríos del área de La Amistad deben ser tratados como corredores biológicos altitudinales. Sostenemos, que más allá del compromiso explícito de preservar la biodiversidad, la UNESCO, junto con la ANAM y el SINAC, como administradores del Parque Internacional de la Paz La Amistad, tienen una obligación de oponerse a las medidas que reduciría o eliminaría la función de corredor en los ríos que se originan en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Nuestras preocupaciones por la región de La Amistad imitan aquellos indicados en términos globales por Pringle (2001), quien observó que "Cada vez más, las reservas biológicas en todo el mundo están amenazadas por alteraciones acumulativas en la conectividad hidrológica dentro del gran paisaje. La *conectividad hidrológica* es usada aquí en un sentido ecológico para referirse a la

transferencia mediada por el agua de materia, energía y/o organismos dentro o entre los elementos del ciclo hidrológico.”

Ella tiene en cuenta que muchas "reservas" (entre ellas el Sitio de Patrimonio de la Humanidad La Amistad y el complejo circundante que componen la Reserva de la Biosfera La Amistad), están concentradas en la parte alta de las cuencas y, como tal, "pueden tener intacto el hábitat físico y una población fuente importante para algunas especies nativas. Sin embargo, los disturbios hidrológicos en la parte baja de las cuencas pueden causar la extirpación de las especies migratorias, efectos en cascada trófica, y aislamiento genético. Muchas reservas se encuentran en peligro de convertirse en poblaciones "sumidero", para la fauna silvestre si no se desarrolla un mayor entendimiento predictivo de cómo se ven afectados por las alteraciones hidrológicas, que se originan fuera de sus fronteras". El objetivo del presente informe es comenzar a establecer el "entendimiento predictivo" como una ayuda, para evitar una cadena de acontecimientos similares a los que se refieren en Soule *et al.* (2005) y Pringle (2001).

En nuestro informe anterior, seguido de la introducción dedicamos dos páginas a discutir:

- Los efectos generalizados de las presas como barreras a movimientos río arriba y río abajo de animales acuáticos, especialmente peces y camarones, con énfasis en los generalmente subestimados efectos del complejo represa/embalse en los tramos aguas arriba de los ríos.
- La particular importancia de estos efectos en los sistemas fluviales, caracterizado por la abundancia y diversidad de animales diádromos, con énfasis en la cuenca Changuinola/Teribe.
- Predicciones sobre los efectos de las represas en los ríos de La Amistad, basándose en la experiencia en otras partes del mundo, particularmente en las Antillas.

Este material se repite en forma ligeramente editado a continuación, para aquellos que no hayan leído McLarney y Mafla (2007). Muchos lectores del presente documento no tendrán que estar convencidos de la legitimidad de la preocupación por la salud biótica de los ríos del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, si los proyectos de la represa son llevados a cabo. Los argumentos aportados en nuestro informe anterior y las analogías de experiencias en lugares como Puerto Rico y Guadalupe son igualmente aplicables a las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad en Costa Rica, y en términos generales a las cuencas de la Vertiente del Pacífico, de ambos países. Algunos lectores pueden desear que se vaya directamente a las secciones siguientes que se componen principalmente de material más reciente, incluyendo:

- Descripciones de las cuencas y biota que se verían afectadas por la proliferación de represas, en las cuencas que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.
- Una revisión de los eventos relacionados en el área de La Amistad, desde nuestro último informe, incluyendo publicaciones recientes.
- Una sección más profundamente desarrollada, sobre los efectos secundarios de extirpaciones de especies, incluyendo posibles efectos en los ecosistemas vecinos.
- Articulación de la naturaleza única de los ecosistemas, representados por los ríos de la Vertiente Atlántica del área de La Amistad.
- Presentación del caso, para la conservación de los ríos de La Amistad, como corredores biológicos altitudinales, dentro y aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.
- Breves comentarios sobre los métodos de mitigación para los ensamblajes diádromos.
- Recomendaciones a la UNESCO y a otros organismos pertinentes.

Nuestros comentarios aquí, reflejan nuestra preocupación por el área de La Amistad como un repositorio irremplazable de biodiversidad, que es nuestra área de juicio y la razón principal, para la declaración de un Sitio binacional de Patrimonio de la Humanidad. Sin embargo, nos gustaría aprovechar esta oportunidad, para enfatizar que en la medida en que la discusión sea acerca de los pros y contras de la construcción de represas hidroeléctricas en los ríos de La Amistad, todos los involucrados deben estar conscientes de una variedad de cuestiones relacionadas de justicia social y micro vs macroeconomía. Estas importantes preocupaciones han sido y seguirán siendo planteadas por otras personas y organizaciones.

## LAS REPRESAS COMO BARRERAS Y LA IMPORTANCIA DE LA DIADROMÍA

Cualquier obstrucción ubicada en un cuerpo de agua corriente funcionará hasta cierto punto, como una barrera para el movimiento de animales acuáticos, y por lo tanto, en alguna medida fraccionará el ecosistema. Incluso diques de piedra porosa colocados temporalmente en pequeñas quebradas, con el fin de almacenar agua para usos como el riego o recreación, pueden exigir a peces y otros animales a gastar energía adicional, exponiéndolos a depredadores. En el extremo opuesto, grandes represas pueden funcionar como casi barreras absolutas, dividiendo un río en dos segmentos aislados, separados no sólo por la presa, sino por un tercero y extremadamente diferentes ambientes en forma de un lago de embalse. El grado en que estos efectos pueden ser mitigados es variable; aquí nosotros discutiremos que en la situación presentada por las cuencas del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, la adecuada mitigación, para proteger la biodiversidad aguas arriba de las represas propuestas es casi imposible. Esto es especialmente cierto en el caso de las cuencas Changuinola (Panamá) y Telire (Costa Rica) que potencialmente enfrentan los efectos de múltiples represas en secuencia, así eliminando aún, la ligera posibilidad de sobrevivencia a largo plazo de algunas especies diádromas en un sistema en donde solo hay una represa y un embalse.

En defensa de este argumento, tendremos que introducir un vocabulario muy específico relacionado con los modos de movimiento de los animales acuáticos. Algunos peces y muchos invertebrados acuáticos son relativamente sedentarios; ya que ellos tienden a pasar toda su vida dentro de un área bastante restringida (aunque de vez en cuando pueden ocurrir movimientos involuntarios, bajo condiciones de clima extremo o como consecuencia de perturbaciones antropogénicas). Estos animales son generalmente considerados como "no migratorios", aunque deambulando por movimientos individuales o involuntarios, pueden desempeñar un papel importante en la dispersión de poblaciones.

Algunas formas de movimiento voluntario, incluso en distancias largas, no son propiamente denominadas como "migratorias". Un ejemplo serían los movimientos oportunistas de algunos peces marinos que suben a los ríos en busca de presas. Se supone que esto representa la presencia ocasional documentada de grandes peces marinos, como los Róbalos (*Centropomus*), los Jureles (*Caranx*), y más recientemente Gerreidos (*Eugerres*) (Lasso, *et al.* 2008b y c) tierra adentro en los ríos de ambas vertientes de La Amistad. Este comportamiento, probablemente mejor descrito como "nómada facultativo" (McDowall, 1988), no es estrictamente esencial para la supervivencia de estas especies, incluso algunas poblaciones existen sin darse cuenta de esta oportunidad. "Migración" fue mejor definida por Northcote (1979) como:

"Movimiento resultante en una alternación entre dos o más hábitat (es decir, un movimiento fuera de un hábitat seguido por un retorno), que ocurre con periodicidad regular (usualmente estacional o anual), pero ciertamente dentro de la vida de un individuo y que involucra una gran parte de la población reproductora. El movimiento en algunos estados de este ciclo es dirigido, más que un recorrido aleatorio o una deriva pasiva, aunque estos puedan formar parte, o una fase de una migración."

En otras palabras, la migración es un movimiento voluntario esencial, para el mantenimiento de las especies y las poblaciones. En los peces de agua dulce, la migración real puede dividirse en dos categorías, como se definió por primera vez por Myers (1949): Potamodromía, que se refiere a las migraciones llevadas a cabo totalmente en agua dulce. Diadromía, que es aplicada a animales que se ven obligados a migrar entre agua dulce y salada, a fin de completar su ciclo de vida. La potamodromía

es de gran importancia en los ríos grandes, como el Amazonas, Mississippi o Mekong, pero es relativamente poco común en la región de La Amistad, donde los ejemplos más conocidos son los peces Carácidos del género *Brycon*, los cuales son elementos importantes de la fauna de las cuencas del Pacífico, pero que están ausentes al sur del río Estrella en el Atlántico. La posibilidad de comportamiento potámodromo, detectado por peces pequeños existe. Por ejemplo otro Carácido, *Astyanax aeneus*, uno de los peces de agua dulce obligados más comunes de todas las cuencas de La Amistad, ha sido demostrado potámodromo en Guanacaste, Costa Rica (López, 1978). Sin embargo, el mayor énfasis aquí será en peces y camarones diádromos.

Alguna proporción de animales diádromos está presente en la mayoría de los ríos del mundo, incluso en lugares alejados del mar. Un ejemplo extremo es proporcionado por cinco especies de bagres, en los cuales se ha demostrado que desovan en las cabeceras de la Cuenca Amazónica y utilizan los estuarios del río como zona de cría (Borges Barthem, *et al.* 1991). Sin embargo, la diadromía es especialmente frecuente en las islas y los istmos, como Mesoamérica, en donde los sistemas fluviales son necesariamente cortos. En el caso de Mesoamérica, incluyendo las cuencas de La Amistad, el predominio de formas diádromas también se debe al aislamiento periódico, a lo largo del tiempo geológico, del istmo de las grandes masas continentales de Norte y Sur América. Como consecuencia de ello, la diversidad de peces "primarios" de agua dulce, definido por Myers (1966) y Miller (1966) como peces estenohalinos (peces con un estrecho margen de tolerancia a la salinidad), estrictamente intolerantes a agua salada, es baja. "Aparentemente, la dispersión ha sido un proceso lento para la mayoría de los peces de agua dulce debido a su imposibilidad de viajar por agua salada u otros medios" (Bussing, 1998). Como consecuencia, los peces eurihalinos (capaces de tolerar un amplio rango de salinidad), la mayoría de ellos de origen marino, han tenido una ventaja competitiva, y los ríos de Mesoamérica contienen una proporción extraordinariamente grande de peces de agua dulce mejor descritas como "secundarias" (en gran parte restringidas a agua dulce, pero capaces de moverse y sobrevivir en ambientes salinos) o diádromos. (Aquí nos referimos principalmente a los peces; gran parte de la misma terminología y argumentos se aplican a algunos crustáceos, y también se hará referencia a los camarones en el desarrollo de nuestro argumento).

Estudios dirigidos por nosotros desde 1999 en las cuencas de los ríos Sixaola/Telire y Estrella de Costa Rica y Panamá, que drenan la Vertiente Atlántica de la Zona del Patrimonio de la Humanidad La Amistad (McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, *et al.* 2009a), mas los esfuerzos de inventario más recientes de un equipo del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) (Lasso, *et al.* 2008b y c), y la información recopilada por indígenas parataxónomos que residen en la cuenca Changuinola/Teribe (Mafla, *et al.*, 2005; McLarney y Mafla, 2008, 2009a), han dado lugar a una lista bastante completa de las especies de peces de agua dulce de las cuencas de la Vertiente Atlántica del área La Amistad. Casi la mitad de poco más de 40 especies de agua dulce reportadas se desplazan frecuentemente entre agua dulce y salada, y al menos 14 presentan un verdadero comportamiento diádromo (McLarney y Mafla, 2006b). Esta información, complementada por otras fuentes (Bussing, 1998; STRI, 2007; Goodyear, 1980, comunicación personal, Dr. Jorge Garcia, U. de Panamá), forma la base de la información en las cuencas de la Vertiente Atlántica en la Tabla 1.

El reciente trabajo del equipo del STRI en la parte alta del Changuinola y del equipo de ANAI en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella de varios años, dan un indicio de la importancia de los peces diádromos en las cuencas de la Vertiente Atlántica de la zona La Amistad:

Lasso, *et al.* (2008b) especifica cuáles de las especies colectadas en la cuenca Changuinola por encima del sitio de la presa CHAN-75 son diádromas, pero no dicen nada acerca de su importancia



relativa en la comunidad de peces. Usando sus datos preliminares, se calcula que (sumando todos los peces de todos los sitios durante los periodos húmedo y seco del muestreo) mientras que sólo 7 de 15 especies son indiscutiblemente diádromas (véase abajo la discusión de *Atherinella chagresi* y *Eugerres plumieri*), el 83,1% de un muestreo total de 3.724 individuos de peces y 82,4% de la biomasa de peces están compuestos por especies diádromas.

Datos de biomonitorio de ANAI de 16 muestreos de peces en 11 sitios en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella en los límites del PILA en el periodo 2004-2009, muestran que 13.234 de un total de 18.691 peces capturados (70,8%) pertenecen a 8 especies diádromas. Las proporciones de peces diádromos en colectas individuales varió desde 22,8 hasta un 96,0%, y en todos menos en 5 casos, los peces diádromos forman la mayor parte de la muestra.

Dos factores principales contribuyen a la predominancia de peces diádromos en ambos casos.

- En casi todos los sitios, los peces más numerosos, usualmente por un amplio margen, son los gobios diádromos del género *Sicydium*.
- Todas las otras especies diádromas son peces de gran tamaño; el único no diádromo que normalmente alcanza tamaños comparables es el pez gato *Rhamdia*, lo que representó solamente 0,3% de los peces en los muestreos del Changuinola. La combinación de "más numerosos" y "más grandes", aseguran el dominio de la biomasa de las especies diádromas.

Puede parecer contradictorio que la importancia relativa de los peces diádromos aumente con la altura, pero, aunque cada individuo de una especie diádroma debe pasar por toda la longitud de su río por debajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad al menos una vez, la mayor diversidad total de peces y/o la escasez de los adultos de especies diádromas en los tramos intermedios se refleja en los datos de las investigaciones de ANAI. Tomaremos el año más reciente de la colecta de datos (2009) como un ejemplo. En un total de 24 muestreos de IBI de una gran diversidad de quebradas y ríos en las cuencas aguas abajo de la frontera PILA de los ríos Sixaola/Telire y Estrella, muestreamos 13.302 peces de los cuales 3.866 o el 29,1% fueron especies diádromas (incluyendo *Eleotris* y *Microphis*, los cuales no han sido registrados en altitudes superiores a 100 m).

En el extremo opuesto, por encima de barreras verticales naturales dentro de la Zona del Patrimonio de la Humanidad, encontramos *Sicydium* como el único pez diádromo presente. Lo mismo se aplica, en general a los camarones – que están presentes en todos los sitios, aunque son más abundantes río arriba, y dominan en zonas encima de barreras naturales. Estos números sirven para subrayar la especial importancia del PILA en la conservación del componente diádromo de la biota de los ríos de La Amistad.

Desde el año 2008, hemos acumulado cierta información sobre los peces y camarones diádromos de la Vertiente del Pacífico, pero mientras suponemos que el dominio de *Sicydium* y camarones representa una situación natural en ríos de alta montaña en esa vertiente, nosotros no podemos citar datos de colectas que apoyen esta suposición. Información sobre los cuerpos de agua corriente de la Vertiente del Pacífico serán presentados en las secciones siguientes, según corresponda.

Diadromía puede ser dividida en 3 categorías, sobre las cuales hay una cierta cantidad de malos entendidos en la literatura con respecto a la categoría de anfidromía. El lector interesado en esta

discusión es referido a McDowall (2004) y referencias en él. En la Tabla 1 y en el resto de este artículo, seguimos a Myers (1949) y McDowall (1988) en la división de diadromía en 3 categorías:

- Peces Anádromos "pasan la mayor parte de sus vidas en el mar y migran hacia agua dulce para reproducirse" (McDowall, 1988). Los ejemplos mejor conocidos de los peces anádromos son los salmones del Pacífico (*Oncorhynchus*), que constituye un recurso comercial muy importante en Norteamérica y el norte de Asia. Aunque la anadromía es de lejos la forma más conocida de diadromía, es poco desarrollada en los trópicos. La mayoría de los peces anádromos tropicales, tales como los peces pipa (Syngnathidae), no ascienden muy por encima de las mareas.
- Peces Catádromos son lo opuesto a las especies anádromas, ellos "pasan la mayor parte de su vida en agua dulce y migran al mar para reproducirse". Los ejemplos más conocidos son las anguilas de agua dulce (Anguillidae) de distribución casi mundial, incluyendo las cuencas de la Vertiente Atlántica de la región La Amistad.
- Peces Anfídromos representan una tercera y poco conocida categoría, aunque anfidromía es la forma dominante de diadromía en los trópicos y en muchas islas, y prácticamente la única forma de diadromía conocida para crustáceos y moluscos. Anfidromía fue primero definida por Myers (1949) quien la usó para referirse a los nominalmente animales de "agua dulce" que se ven obligados a pasar un tiempo en agua salada fuera del período reproductivo. Esto mantuvo una oscura y a menudo mal entendida categoría (a veces tratados como un subconjunto de catadromía) hasta que McDowall (1987, 1988, 2004, 2007) publicó el trabajo definitivo a cerca del tema.

El patrón normal de anfidromía comienza con huevos puestos en agua dulce, algunas veces después de una migración aguas abajo por adultos reproductores. (En algunos casos, es dudoso dónde termina esta migración, difuminando los límites entre anfidromía y catadromía). Las larvas recién nacidas son transportadas por la corriente hacia el medio marino donde, después de un período de desarrollo de duración variable, ellos comienzan una gran migración aguas arriba como larvas avanzadas o juveniles, continuando con el desarrollando a medida que ellos migran.

Un hábito peculiar de algunos animales anfídromos es migrar en grupos mixtos. Quizás, la más conocida manifestación de anfidromía es el "tismiche" del Caribe Mesoamericano (Gilbert y Kelso, 1971), en el que grandes masas de larvas y juveniles de gobios (Gobiidae) y camarones palaemónidos, a veces mezclados con otros grupos de peces y crustáceos, y colectivamente llamados "titi", migran río arriba juntos.

Todas las formas de comportamiento migratorio, diádromos o de otro modo, están sujetas a interrupción cuando se represan los ríos. Esto puede tomar varias formas:

- Migrantes río arriba, incluso peces grandes y fuertes nadadores, pueden ser obstaculizados por las barreras físicas puestas por las presas, compuertas y partes de los ríos desecados.
- Migrantes río abajo pueden morir al pasar por estructuras de caída o a través de turbinas.

- Migrantes río abajo pasivos, como muchas formas larvales, que dependen de las corrientes del río, pueden hundirse y perecer en el lento movimiento de las aguas estancadas de los lagos del embalse.
- Neonatos ("sac fry en Ingles) de algunos peces anfidromos pueden morir de hambre si no llegan a las aguas de estuarios con la suficiente rapidez; un lago de un embalse puede retardar su progreso y causa hasta el 100% de mortalidad.
- Algunas especies que nadan activamente dependen de las corrientes para orientarse y pueden viajar sin rumbo, con alta mortalidad como consecuencia, en embalses o ser atraídas a flujos asociados con operaciones de represas que no tienen salida.
- Los animales que intentan superar los obstáculos pueden ser excesivamente expuestos a la presión pesquera, depredación, desecación y otras amenazas.

## EFFECTOS DE REPRESAS SOBRE ANIMALES DIÁDROMOS EN MESOAMERICA Y EL CARIBE

En esta sección hacemos un breve análisis de la literatura que sugiere los posibles efectos de las represas, y especialmente las grandes presas en la región La Amistad, con énfasis en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. "Grandes" represas se definen aquí como aquellas de más de 15 m de altas (World Commission on Dams, 2000), una definición que se aplica para todas, excepto para unas pocas de las represas discutidas aquí. Los únicos estudios publicados sobre los efectos de las represas sobre animales diádromos en Mesoamérica son los de Anderson, et al. (2006, 2007) refiriéndose a las presas relativamente pequeñas en la cuenca del Sarapiquí, en el Atlántico norte de Costa Rica. Sin embargo, podemos aprovechar la experiencia en las grandes islas de las Antillas, donde los ríos son igualmente cortos, y donde la mezcla de especies diádromas es similar a la de la parte continental de Mesoamérica, aunque con una proporción aún mayor de especies diádromas.

En Curazao, Debrot (2002, 2003) involucró presas (junto con las desviaciones asociadas al agua) en la desaparición de los peces y camarones diádromos en la mayor parte de la isla. En Guadalupe Fievet (1999) y Fievet, et al. (2001a, 2001b) encontró total o casi total ausencia de peces y camarones diádromos en los ríos aguas arriba de las represas.

El mejor caso de ensayo es Puerto Rico. Mientras en la mayoría de América Latina, la presión para la construcción de represas hidroeléctricas hasta ahora está alcanzando su pico, Puerto Rico, siendo una Comunidad de los Estados Unidos, ya está saturada con represas hidroeléctricas (3 veces más grandes por unidad de área que Estados Unidos continental, de acuerdo con Greathouse, et al. 2006b). Holmquist, et al. (1998) encontró que todos los peces y camarones nativos fueron extirpados aguas arriba de las grandes represas, sin vertedero de descarga en Puerto Rico y observó una ausencia total o casi total de peces y camarones diádromos en los ríos aguas arriba de las presas con vertederos teóricamente asequibles por los peces y camarones. Kwak, et al. (2007) en un estudio de los cuerpos de agua corriente de Puerto Rico, no encontraron peces nativos en ningún sitio aguas arriba de embalses de gran tamaño.

Presas bajas en Puerto Rico (mucho menores que las propuestas para el área La Amistad), no siempre resultaron en extirpación, pero invariablemente causó una grave reducción en el número de camarones Atyidos y Palaemónidos diádromos (Benstead, et al., 1999). Greathouse, et al. (2006a, 2006b) examinaron la situación en Puerto Rico y determinaron que las presas con vertederos "causan cerca, no completa, la reducción de las poblaciones de aguas arriba de la fauna migratoria". Sin embargo, la presencia de camarones diádromos, o en un caso de pez diádromo (*Gobiomorus dormitor*) por encima de las presas fue generalmente vinculado a rutas migratorias alternas, incluyendo fugas características de las grandes represas; la reproducción exitosa de las poblaciones por encima de las presas no fue demostrada. Ellos estiman que "las grandes represas eliminan o reducen el acceso de la biota migratorias a 2000 kilómetros cuadrados de las cuencas hidrográficas de la isla o el 22% de la masa terrestre de la isla".

Fuera de las Antillas, los fuertes efectos negativos de las presas sobre la fauna anfídroma se han descrito para Japón (Miya y Hamano, 1998; Katano, et al. 2006; Han, et al. 2007), Brasil (Odinetz-Collart, 1996); Guam (Concepción y Nelson, 1999), Nueva Zelanda (McDowall, 2000, Joy y Death, 2007), Australia (Gehrke, et al, 2002), Texas (Horne y Beisser, 1997) y los Estados Unidos en general (Bowles, et al. 2000). Grupos taxonómicos mencionados en estos estudios, que también están presentes en la región La Amistad incluyen los géneros de peces *Anguila*, *Agonostomus*, *Awaous*, *Sicydium* y *Gobiomorus*, más los camarones Palaemónidos (*Macrobrachium*) y Atyidos (*Atya*, *Micratya* y *Potimirim*).

Información sobre los efectos de las represas en Mesoamérica es principalmente anecdotal, aunque Anderson, et al. (2006, 2007) sugirieron que presas mucho más pequeñas que las que se proponen para el área de La Amistad afectaron negativamente la diversidad de peces, incluyendo especies diádromas, en la cuenca del Sarapiquí en el Atlántico norte de Costa Rica. Bussing (1998) cita la comunicación personal (H. Arraya) en el sentido de que *Joturus pichardi* ha desaparecido de los afluentes del lago Arenal, Costa Rica, desde que éste fue represado en 1980. Chris Lorion de la Universidad de Idaho/CATIE reporta la ausencia de esta especie en el río Reventazón en Turrialba, Costa Rica, por encima de la presa de Angostura, mientras que McLarney (observaciones no publicadas) encontró que es común antes de la construcción de la represa. La observación de Lorion fue confirmada en un documento estudiantil no publicado; Vormiere (2007) registró *J. pichardi* y su pariente *Agonostomus monticola* hasta la represa Angostura en el Reventazón, y hasta la más pequeña, represa privada Tuis en el río Tuis, tributario del Reventazón por debajo de la represa Angostura, pero no fue posible encontrar ninguna de estas especies por encima de las represas.

## EVENTOS DESDE EL 2008

### 1. Eventos sociales, políticos y jurídicos:

Muchos aspectos relevantes han sucedido, para la discusión de las represas propuestas y la conservación de la biodiversidad en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad desde la primera visita de la UNESCO y la presentación de nuestro primer informe (McLarney y Mafla, 2007), en febrero del 2008. Otros pueden, y esperamos hacer un trabajo más profundo de lo que podemos para informar y comentar sobre los acontecimientos en los ámbitos social, político y jurídico. Sin embargo, un cierto grado de resumen es necesario para colocar el resto del presente documento, incluyendo las noticias sobre investigaciones científicas que siguen, en contexto. Será conveniente enmarcar este debate en términos de 4 sectores que comprenden la "Área La Amistad" - Panamá y Costa Rica, Vertientes Atlántica y Pacífica.

Panamá – Vertiente del Atlántico: Nuestro informe anterior se centró casi exclusivamente en cuatro represas propuestas para la cuenca Changuinola/Teribe, la cual drena la mayor parte de la Vertiente Atlántica de la parte Panameña del PILA, y este sigue siendo el sector en el que la polémica de la presa es más visible. La construcción está en marcha en dos de las presas - CHAN-75 sobre el cauce principal del río Changuinola y Bonyic, en el río Bon o río Bonyic, tributario del río Teribe. Estas represas, además de involucrar aspectos indígenas y de derechos humanos, han sido objeto de mucha discusión a nivel local, en la prensa y en foros internacionales. Hasta ahora, las preguntas planteadas por organizaciones de conservación Panameñas e internacionales, los indígenas Ngöbe y Naso habitantes de la zona afectada y los organismos internacionales de la UNESCO a la Comisión Interamericana de Derechos Humanos han sido ampliamente ignorados por el gobierno Panameño; la respuesta evidente es acelerar el ritmo de trabajo en las represas CHAN-75 y Bonyic.

Panamá – Vertiente del Pacífico: La atención prestada a las represas en la provincia de Bocas del Toro, ha servido como un estímulo a los esfuerzos anti-represas en la provincia adyacente de Chiriquí, la cual se encuentra en la Vertiente del Pacífico de la parte Panameña del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Entre los cuatro sectores del área La Amistad, Chiriquí es única en dos aspectos: 1) Es el único sector que no incluye territorios indígenas situados aguas abajo del Patrimonio de la Humanidad, en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Amistad y 2) Es el único sector donde existen represas hidroeléctricas.

Si se dedica relativamente poco espacio a Chiriquí en el presente documento, es porque es el único sector donde la mayor parte del daño ya está hecho. Las represas existentes en el río Chiriquí y las represas casi terminadas Baitun y Bajo de Minas en el Chiriquí Viejo bloquean de manera efectiva el acceso de todos los animales diádomos a la Vertiente del Pacífico del PILA en Panamá. Sin embargo, existen alrededor de 40 represas de diferentes tamaños, están en construcción o están propuestas en la provincia de Chiriquí. Esta actividad, que también afecta a las cuencas hidrográficas vecinas en Chiriquí, que no drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, ha provocado protestas, que incluyeron un comunicado de prensa del Congreso de Ganaderos y Productores de la provincia de Chiriquí (Encuentro de Productores y Ganaderos, 2008), declarando su solidaridad con los Naso y Ngobe afectados por las represas propuestas para la Vertiente Atlántica, y rechazando "la expansión hidroeléctrica incontrolada en la ausencia de una Política Energética basada en parámetros técnicos. . . que no sacrifique nuestros ríos".

Un suceso que afectó a todos los sectores, pero que fue particularmente bien atendido por las partes interesadas de la Vertiente del Pacífico de Panamá, fue la conferencia anual de REDLAR (Red Latinoamericana Anti-Represas), celebrada en Boquete, en la provincia de Chiriquí, en abril del 2009, en la que Bill McLarney y Maribel Mafla de ANAI, junto con Hugo Sánchez de la Fundación Naso, presentaron la importancia de la diadromía y el efecto de las represas sobre las comunidades naturales con un componente diádromo.

Costa Rica – Vertiente del Pacífico: En el momento de la visita anterior de la UNESCO, el Gobierno de Costa Rica seguía adelante con sus planes, para la enorme represa de Boruca, en el río Grande de Térraba, el cual drena todo el Sitio del Patrimonio de la Humanidad en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. La controversia sobre este proyecto se centró principalmente en el desplazamiento de comunidades humanas, incluyendo comunidades indígenas (etnias Bribri, Brunka, Cabecar, Naso y Ngobe), y en cuestiones económicas asociadas, y no se refirió a la del Parque Nacional La Amistad.

Desde entonces, el proyecto ha sido reducido en tamaño, y ahora se llama el proyecto Diquis. Esto no ha cumplido con todos los aspectos de tenencia de tierra y la protesta continúa. Desde el punto de vista de La Amistad y diadromía, la propuesta de la presa Diquis, junto con varios pequeños proyectos de represas privadas, no es diferente de la gran presa de Boruca. Dado que el Sitio del Patrimonio de la Humanidad afectada, sería pequeña y situada a altitudes por encima de 900 m, una parte importante de la cuenca a elevaciones más bajas dentro de las Reservas Indígenas y la Reserva de la Biosfera La Amistad serían afectados, y creemos que los argumentos expuestos anteriormente con respecto a la función del corredor y el concepto del continuum del Río se obtienen en la cuenca del Grande de Térraba.

Costa Rica – Vertiente del Atlántico: A partir de Febrero del 2008, este fue el sector donde hubo la menor discusión en cuestiones relacionadas con la presa. Sin embargo, esto ha cambiado desde que ANAI obtuvo y distribuyó los detalles de los planes del ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) de seis centrales hidroeléctricas a ser establecidas en las Reservas Indígenas Talamanca Bribri, Talamanca Cabécar y Telire, en cuatro de los cinco ríos que forman el Sixaola, y que podría afectar a la totalidad del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en la cuenca Sixaola/Telire de Costa Rica (más una pequeña parte en Panamá) (ICE, 2001). Asimismo, hemos documentado los planes para una represa hidroeléctrica privada, prevista para la parte alta del río Estrella, en la Reserva Indígena Tayni, que afectaría un 100% del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en esas cuencas (Fernández Marín, 2009; Machore Levy, 2009; Rivera Mesén, 2008).

El conocimiento público de los embalses en la cuenca del Sixaola/Telire coincidió con la revelación de las solicitudes de tres concesiones mineras a cielo abierto (basadas en posibles depósitos de plata, cobre, níquel, oro, molibdeno, cromo y zinc) en la zona. Los proyectos Urén y Yuani (esencialmente un proyecto, pero dividido en dos propiedades por razones legales) en la cuenca del río Uren y el proyecto Dueri, ubicado en la cuenca del río Coen, todo dentro de la Reserva Indígena Talamanca Bribri, podrían juntas ocupar 60.000 hectáreas. Ambas áreas del proyecto fronterizan directamente en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

Las solicitudes originales de las concesiones mineras, que están aún pendientes, fueron hechas a nombre de ADITIBRI (el cuerpo gobernante de la tribu Bribri), aparentemente sin el conocimiento de la comunidad Bribri; la controversia resultante condujo a la destitución del presidente de ADITIBRI. La

proximidad de la concesión de los yacimientos mineros a algunas de las represas propuestas de la cuenca Sixaola/Telire no pasan inadvertidos. (MINAE, 2008 a, b; MINAET 2009 a, b, c).

Los eventos reportados aquí, además de la publicidad sobre los acontecimientos en Panamá y los intercambios informales con grupos indígenas Panameños preocupados en las propuestas de la represa, han puesto a las represas y problemas relacionados con ellas como sociales y ambientales a la vanguardia de las preocupaciones en el cantón de Talamanca en este momento.

Quizás el más importante desarrollo relacionado con la represa en las comunidades indígenas de la Vertiente Atlántica de ambos países desde el 2008, ha sido un cambio de actitud con respecto al Sitio del Patrimonio de la Humanidad ("El Parque") entre las comunidades indígenas Ngöbe, Naso, Bribri y Cabécar. Tradicionalmente, si bien en general no ha sido abierta la oposición a las áreas protegidas de La Amistad, y las invasiones de tierra han sido esporádicas y oportunistas, la actitud de los habitantes indígenas de la zona La Amistad han estado pensando que el Parque no es para ellos, sino para el beneficio de personas que viven fuera de esta área. Esto es visto por ellos como territorio donde se les niega el uso legal y carecen de una percepción clara de la utilidad prevista de la protección de esta gran área.

Sin embargo, a medida que las controversias de la presa han venido desarrollándose, defensores del área protegida y conservacionistas de la biodiversidad por un lado, y las comunidades indígenas por otro, han percibido una causa común. El Sitio del Patrimonio de la Humanidad ha llegado a ser más vista, como una fuente de beneficios que brinda a las comunidades indígenas situadas aguas abajo. Esta es tal vez una frágil coalición, que podría disolverse si los problemas de las represas son resueltos de una manera u otra. Sin embargo, la inserción del aspecto diadromía dentro la amplia discusión ha cumplido una importante función de educación ambiental. Las comunidades indígenas son cada vez más capaces de ver más allá de la conveniencia representada por coaliciones de activistas que no todos comparten necesariamente los mismos intereses, y perciben las protecciones que les ofrecen los Parques Nacionales como un servicio que los beneficia, independientemente de las controversias que puedan existir.

En nuestra opinión, esto constituye una ventana de oportunidades para la UNESCO, los organismos de recursos naturales de ambos países y la comunidad conservacionista en general. Si tenemos éxito en la preservación de la integridad de los ríos de La Amistad, con su fauna diádroma intacta, habremos ganado un apoyo permanente, por parte de Parques Nacionales y Sitios del Patrimonio de la Humanidad, reduciendo la amenaza a estas áreas protegidas del uso inadecuado o la invasión por sus vecinos indígenas. Si fracasamos, la probabilidad de problemas localmente generados aumentará para el futuro.

## 2. Investigaciones Biológicas:

Como en el caso del desarrollo social, político y jurídico, indicados anteriormente, la mayoría de las investigaciones biológicas acuáticas llevadas a cabo en las cuencas de La Amistad durante el período 2008-2009 están mejor reportadas por sectores geográficos. Todavía no hay investigaciones ecológicas importantes, llevadas a cabo en el área La Amistad, pero se han dado diferentes contribuciones para nuestro conocimiento de la distribución de especies entre y aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Aquí vamos a presentar las líneas generales de la labor realizada, con algunas de las principales conclusiones. Para obtener información detallada sobre la distribución de las especies e interacciones ecológicas, ver otras secciones en este informe.



Panamá: No tenemos conocimiento de cualquier nueva información biológica que haya sido generada de la vertiente del Pacífico de La Amistad/Panamá, con la posible excepción de algunos registros de las expediciones de la Iniciativa de Darwin (descrita separadamente a continuación). Sin embargo, algunas de las más importantes informaciones de inventario obtenidas durante el período 2008-2009 fue el resultado de una expedición organizada por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) en la cuenca del Changuinola en la Vertiente Atlántica. Allí Lasso, et al. (2008a, 2008b, 2008c) inventariaron peces y macroinvertebrados acuáticos, incluyendo camarones, así como un amplio conjunto de plantas y animales terrestres en la zona que se verían directamente afectados por las presas CHAN-75 y CHAN-140. Los resultados toman hasta 1.081 páginas, repartidas en 3 volúmenes (uno de ellos, aquí designado por Lasso, et al. 2008c, es un Resumen Ejecutivo de 49 páginas). Antes de pasar a describir los contenidos del informe de STRI, es necesario tener en cuenta que existen serias diferencias entre el Resumen Ejecutivo y el volumen 2 del texto (Lasso, et al. 2008c), que aparentemente reflejan un deseo de utilizar el Resumen Ejecutivo como un documento de relaciones públicas. Para citar dos ejemplos:

- El Resumen Ejecutivo enfatiza el hecho de que la electropesca (el principal método de pesca utilizado) es un método no destructivo que permite devolver los animales capturados sanos y salvos al agua. Esto es cierto, pero el informe señala que todos los peces y camarones recolectados fueron preservados para la colección del STRI, una práctica que no fue bien entendida o recibida por la población local.
- El Resumen Ejecutivo establece que el equipo de STRI contó con la "plena cooperación" de la población local. Sin embargo, en el texto completo Lasso et al. (2008b) ofrecen una nota de disculpas con respecto a no poder muestrear todos los sitios previstos porque "en algunas zonas las comunidades resistieron nuestra presencia debido a la tensión y la desconfianza provocada por los diversos proyectos de desarrollo en la zona".

El tratamiento de diadromía es un problema más grave, tanto en el texto principal como en el Resumen Ejecutivo. Lasso, et al. (2008 b) correctamente atribuyó diadromía a los camarones en general y a ocho especies de peces (incluyendo *Atherinella chagresi*, que según todas las demás fuentes que hemos encontrado, está restringido a agua dulce), pero siempre se modifican con frases como "esta clasificación está basada en las referencias consultadas para estas especies en otras cuencas y no en los datos colectados en este estudio donde para ninguna de las especies, la tolerancia a la salinidad ha sido probada". Esto es falso entre otras razones, porque se confunde tolerancia a la salinidad con el comportamiento migratorio, pero desafortunadamente esto es típico de una falta de voluntad, a lo largo del informe, para el tratamiento de diadromía, como un aspecto relacionado con la construcción y el funcionamiento de represas. Y en ninguna parte del informe, a pesar de la presencia de 40 cuadros y gráficas sólo en la sección de peces, hay alguna indicación de la importancia relativa de diadromía en términos cuantitativos (las proporciones de número de especies, la abundancia de individuos y biomasa de los peces diádromos, antes citada no aparecen en ninguna parte del informe de STRI, pero son calculados por nosotros a partir de sus datos preliminares).

Con estas limitaciones reconocidas, y teniendo en cuenta los tamaños relativamente pequeños de muestreo, el informe de STRI es una valiosa contribución a nuestro conocimiento de la biología de la cuenca Changuinola por encima de la confluencia del río Teribe. De especial valor es la primera lista en

la que somos conscientes de la fauna de camarones diádromos de la parte alta de la cuenca del Changuinola. En cuanto al muestreo de peces, se produjo un registro totalmente sin precedentes (*Eugerres plumieri*, generalmente considerado por ser una especie marina). El STRI obtuvo un total de 17 especies de peces que supera la lista elaborada por el personal de ANAI y parataxónomos de ANAI capacitados, (14 especies en aproximadamente el mismo trecho del Changuinola y 15 especies en un trecho similar en el Teribe) (Mafla, et al., 2005, McLarney y Mafla, 2006b) y porque fueron capaces de usar métodos basados en captura también han proporcionado datos valiosos sobre el uso del hábitat y el distribución del tamaño dentro la porción del Changuinola, que se podría ver directamente afectado por las represas CHAN-75 y CHAN-140.

Mientras Lasso, et al. (2008b) citan pruebas estadísticas (curvas de acumulación), en apoyo de la afirmación de que sus inventarios de peces se aproximan a ser completos, nosotros no compartimos su confianza. Podríamos constatar que el total de 3.794 peces colectados por el equipo de STRI en 33 muestreos es extremadamente bajo, comparado con los resultados registrados por el Programa de Biomonitorio de ANAI en más de 300 muestreos durante un período de 9 años en la cuenca vecina Sixaola/Telire. Exceptuando algunos muy pequeños cuerpos de agua a altitudes altas con muy baja densidad de peces, todos nuestros muestreos individuales están en el rango de 200-2000 individuos, con un rango normal de 600-800 (McLarney y Mafla 2006a, 2008; McLarney, et al. 2009 a, 2009b).

Ya que el equipo de ANAI nunca ha sido capaz de muestrear con artes de pesca eléctrica en la cuenca del Changuinola/Teribe, no podemos excluir la posibilidad de observar un muy bajo número total de peces en la cuenca Changuinola aguas arriba del sitio CHAN-75. Sin embargo, los registros de especies de los dos equipos (STRI y parataxónomos capacitados por ANAI) sugieren que ningún equipo puede pretender haber agotado la lista de especies para la cuenca alta del Changuinola. Por una parte, Lasso, et al. (2008) registró *Gobiesox nudus*, el cual el equipo de ANAI encontró en la cuenca del Teribe, pero no por encima de la desembocadura del Teribe en la cuenca del Changuinola. Por otra parte, el equipo de ANAI registró dos especies de agua dulce primarias (*Astyanax orthodus* y *Archocentrus nigrofasciatus*) de la cuenca alta del Changuinola/Teribe, mientras que el equipo de STRI no los encontró. Basados en las investigaciones de ANAI en la cuenca del Yorkin en el PILA, podríamos considerar que aún otra nueva especie de agua dulce primaria, *Rivulus isthmensis*, probablemente habita la cuenca del Changuinola en la Zona del Patrimonio de la Humanidad, aunque sólo una pequeña minoría de nuestros registros de esta especie de humedales son de arroyos de flujo libre. Y nuestros datos muestran cinco especies adicionales de agua dulce de elevaciones más bajas dentro de la Zona del Patrimonio de la Humanidad en la cuenca adyacente del Sixaola/Telire.

Quizás la diferencia más significativa entre las experiencias de STRI y ANAI, en términos de la controversia de las represas, está constituido por nuestros registros de la Anguila Americana catádrroma (*Anguilla rostrata*) del Teribe (Mafla, et al., 2005) (también tenemos inconfirmables informes verbales de *A. rostrata* en el Changuinola por encima del Teribe de años anteriores). Mientras que *A. rostrata* no tiene un estatus oficial en Panamá o en cualquier otro país, la especie está en declive en todo el mundo, ha sido propuesta como candidata para protegerla en los Estados Unidos (véase la descripción de la especie más adelante) y es sin duda una especie de preocupación en términos de conservación mundial de la biodiversidad. En conjunto, los resultados de STRI y ANAI sugieren la necesidad de seguir trabajando en el inventario de peces en la cuenca alta del Changuinola.

Cabe mencionar también que el equipo del STRI hizo el descubrimiento de varias especies de plantas y animales que pueden ser nuevas para la ciencia (Lasso, et al. 2008a, 2008b). Mientras ninguna de las nuevas especies son acuáticas, nosotros apoyamos la conclusión de Lasso, et al. (2008c): "Los

resultados de este estudio revelan que apenas estamos empezando a conocer la biodiversidad de la región de Bocas del Toro. Es extraordinario que en este breve inventario, que ha cubierto menos del 4% de la cuenca del río Changuinola y mucho menos del 1% de todos los bosques en la provincia de Bocas del Toro, cuatro especies de epifitas que probablemente son nuevas a la ciencia hayan sido encontradas, así como dos nuevas especies de anfibios y una especie de serpiente no identificada".

Los informes del STRI sirvieron de base para la publicación en mayo del 2009, de un documento de 171 páginas (AES y MWH, 2009) sugiriendo métodos de mitigación, para reducir los daños a las poblaciones de algunas de las especies diádromas de la cuenca alta del Changuinola por la construcción de tres represas actualmente propuestas, para el cauce principal del Changuinola. Este informe (el cual no fue distribuido hasta diciembre del 2009) incluye abundantes referencias bibliográficas de todas las especies de peces y dos de camarones encontrados por Lasso, et al. (2008b). En este sentido, se formará una valiosa referencia, para todos los interesados en la biota acuática de la Vertiente Atlántica del área La Amistad para los años que vienen.

AES y MWH (2009) representan un avance sobre los informes de STRI en los que reconoce que, aunque como Lasso, et al. (2008b y c) indican, hay una carencia casi total de investigaciones biológicas que van más allá del nivel de inventario de especies sobre los peces y camarones de la cuenca Changuinola/Teribe, sin embargo, es razonable suponer que varias de las especies de peces y de todos los camarones colectados son diádromos en el Changuinola. Esto revela las dudas sobre la existencia del comportamiento diádromo en la cuenca Changuinola (Lasso, et al. 2008b y c) a ser una preocupación engañosa. A partir de ese reconocimiento AES y MWH (2009) sacan la conclusión lógica y correcta de que cualquier plan de construir represas en la cuenca del Changuinola implica la obligación de adoptar medidas específicas para proteger la fauna diádroma. Si bien es gratificante ver la unanimidad de la opinión científica sobre este punto, la propuesta presentada no puede convencer en términos de estrategias de mitigación propuestas.

- AES y MWH (2009) no tienen en cuenta la posibilidad de encontrar especies diádromas adicionales en la cuenca. En vista de la extensa investigación bibliográfica realizada, el error de citar los informes de ANAI (Mafla, et al. 2005; McLarney, et al. 2006b, 2008) con respecto a los registros del catádro *Anguila rostrata* en la cuenca Changuinola/Teribe es misterioso.
- Las medidas de mitigación son propuestas sólo para tres especies de peces y dos de camarones, de un total de ocho especies de peces reconocidas en el informe como diádromas y cinco camarones identificados como diádromos por Lasso, et al. (2008b). Dado que a menudo citan la rareza en apoyo a medidas de conservación, su justificación sobre la omisión de cinco especies de peces diádromas sobre la base de su abundancia relativamente baja en los muestreos del STRI es cuestionable.
- La posibilidad de que la represa CHAN-75 pudiera tener algún efecto sobre las especies diádromas y otras especies en la parte debajo del río es simplemente rechazada. Esto va en contra de la investigación copiosa en otras cuencas a lo largo del mundo, (un pequeño muestreo que se menciona en este informe) que demuestra que las grandes presas siempre ocasionan alteraciones significativas de la comunidad biótica aguas abajo.

- Las estrategias propuestas absolutamente no tienen en cuenta la importancia de mantener el Continuo del Río y la función del corredor biológico del río Changuinola. No se hace referencia a la gran cantidad de investigaciones (citadas en el presente informe), lo que sugiere, que la libre circulación de la fauna diádroma entre el estuario y las cabeceras es esencial, para el mantenimiento de la integridad biótica y la función de los ecosistemas en todo el rango altitudinal sobre sistemas de ríos, en este caso, incluyendo las partes en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Más bien, la mitigación es tratada como una preocupación a nivel de especie, independientemente de su contexto ecológico.
- Prácticamente no se hace referencia a la importancia del Parque Nacional La Amistad, Reserva de la Biosfera y Sitio del Patrimonio de la Humanidad, lo que sugiere un deseo de abordar las preocupaciones a nivel de especies, evitando los problemas de las áreas protegidas.
- Las medidas de mitigación propuestas se basan casi exclusivamente en los métodos de acuicultura, que especialmente para las tres especies de peces discutidas (y en menor proporción para los camarones), aún no se han desarrollado. Declaraciones como ésta para *Agonostomus monticola*: "Será necesario desarrollar anticipadamente los protocolos técnicos que permitan la reproducción en cautiverio para esta especie", no sólo pasan por alto la dificultad (o imposibilidad) de desarrollar tales métodos, los cuales son completamente irreales en términos de planificación. Basados en la experiencia mundial en el desarrollo de métodos de acuicultura para nuevas especies, la implementación de la sugerencia anterior podría implicar varios años de retrasos en la realización del proyecto CHAN-75.
- El informe contiene absurdos optimistas como la "posibilidad" de que las larvas de *Sicydium* spp. podrían adaptarse a las condiciones lóxicas de los embalses en el Changuinola, usándolos como sustituto del hábitat estuarino. Aunque no hay investigaciones pertinentes para cualquier de las dos especies de *Sicydium* que pueden estar presentes en la parte alta del Changuinola (*S. altum* y posiblemente *S. adelum*), la investigación sobre otras especies de *Sicydium* y gobios emparentados anfidromos, tanto en el Caribe y el Indo-Pacífico, han demostrado de forma consistente que la exposición prolongada al agua dulce retarda el desarrollo y causa mortalidad en larvas (Bell y Brown, 1994; Lindstrom y Brown, 1994; Lindstrom, 1999; Keith, 2002 y 2003).

La impresión general dejada por AES y NWH (2009), a pesar del contenido bibliográfico excelente, es un esfuerzo tardío y apresurado (como lo demuestran los errores ortográficos frecuentes), para hacer frente a un problema inesperado (protección de las especies diádromas en un contexto más amplio de conservación de la biodiversidad) y un fracaso en conciliar esta necesidad con el objetivo de la construcción de represas hidroeléctricas en el río Changuinola. Teniendo en cuenta que los autores del informe (ninguno de los autores individuales son nombrados o reconocidos) son los principales responsables de la empresa, para la construcción de represas en el Changuinola (AES) y la empresa consultora (MWH) contratada como enlace entre AES y las autoridades responsables del medio ambiente (ANAM), no es de sorprender que la orientación del esfuerzo intelectual es justificar la construcción de represas, y no la conservación de los recursos bióticos de la cuenca del río Changuinola y las áreas protegidas dentro de ella .

Costa Rica – Vertiente del Pacífico: El ICE ha respondido a las preocupaciones sobre el proyecto de la presa Boruca/Diquís, patrocinando tres investigaciones valiosas de la fauna acuática en la cuenca del Grande de Térraba. Los resultados (descritos en más detalle en otra parte de este documento) ofrecen el primer listado organizado de peces y camarones para esta cuenca.

Rojas y Rodríguez (2008) muestrearon peces en cuatro estaciones a lo largo del Grande de Térraba a alturas de 15-145 m., reportando 36 especies, representados en 26 géneros y 14 familias. Excluyendo once especies marinas que entran en los ríos como nómadas facultativos, cuatro de estas especies son definitivamente diádromas y otras dos probablemente también. Curiosamente, todas las 6 especies posiblemente diádromas, mas 6 de los nómadas marinos facultativos se encontraron a una altitud de 145 m., la elevación más alta del muestreo, que corresponde al nivel de la represa propuesta Diquís. Por tanto, es muy probable que la extinción de los peces diádromos ocurrirían en la cuenca del Grande de Térraba, por debajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, si es que no dentro de ella. Lo mismo se aplicaría al potámoproducto *Brycon behreae*, que también se encuentra hasta los 145 m.

La abundancia de peces diádromos en el Grande de Térraba fue extremadamente baja; las seis posibles especies diádromas juntas representaron sólo el 2,0% de una muestra total pequeña de 984 peces. La baja abundancia total de peces puede reflejar una barrera para los peces diádromos, presentado por el curso inferior altamente contaminadas del Grande de Térraba donde éste pasa a través de una enorme concentración de plantaciones de piña, cuatro de las seis probables especies diádromas se encuentran sólo en lo más alto del sitio. Sin embargo, el potámoproducto *B. behreae* era de lejos la especie más abundante, encontrada en todos los sitios.

Los resultados de un inventario más intensivo de camarones diádromos de la cuenca del Grande de Térraba, dirigido por el Dr. Ingo Wehrmann de la Universidad de Costa Rica, fueron publicados recientemente (Lara, 2009). El equipo de la UCR visitó 65 lugares en la cuenca desde el nivel del mar hasta los 1075 metros, encontrando nueve especies de Palaemonidos y cuatro especies de Atyidos. De estas especies, cuatro están documentadas desde altitudes más altas a la de la represa propuesta Diquís. Lara (2009), también representa una primera contribución al entendimiento de la ecología y las preferencias de hábitat de algunas de estas especies en Costa Rica.

El ICE también apoyó un estudio de macroinvertebrados bentónicos, dirigido por la Dra. Monika Springer de la Universidad de Costa Rica, en la cuenca del Grande de Térraba (Umaña-Villalobos y Springer, 2006). Los resultados demuestran ensamblajes bentónicos intactos en sus partes más altas, más cercano al Sitio del Patrimonio Mundial y generalmente en buenas condiciones en conjunto, pero con la diversidad significativamente reducida y un predominio de formas tolerantes a la contaminación en el sitio más bajo muestreado (en la localidad de Palmar Norte).

Costa Rica – Vertiente Atlántica: El equipo de Biomonitorio de ANAI sigue siendo el principal investigador en este ámbito. Durante el periodo 2008 - 2009 hemos hecho énfasis en el monitoreo ecológico y trabajos de inventario en los cuerpos de agua en y cerca del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, principalmente en las cuencas del Yorkin, Coen y Uren del sistema Sixaola/Telire. Uno de los resultados de este trabajo (McLarney, et al. 2009 a, 2009b) es que estamos mucho más seguros de lo que hicimos en el año 2008, en reportar la ocurrencia de especies dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

A partir del 2009, bajo los términos de un contrato con el U.S. Fish and Wildlife Service, División de Conservación Internacional, hemos hecho especial hincapié en la cuenca Uren como el componente más amenazado del gran sistema de Sixaola/Telire, debido a la combinación de propuestas de represas hidroeléctricas y dos solicitudes de concesiones, para minerías a cielo abierto en la cuenca. Un informe sobre este trabajo estará disponible a partir de junio del 2010.

Tres importantes resultados de nuestro trabajo durante el período 2008-2009 son:

- Confirmación de la presencia de cuatro especies de peces diádromos, además de la presencia de familias de camarones diádromos, a alturas de casi 400 m. en la cuenca del Uren, con *Sicydium* y camarones hasta al menos 469 m. - la mayor altitud a la que hemos trabajado en Talamanca.
- Un catálogo preliminar de los camarones diádromos de las cuencas Sixaola/Telire y Estrella, el cual culminará en una guía sencilla laminada de las especies de la región (Asociación ANAI, en preparación).
- Entrenamiento acelerado de indígenas parataxónomos y desarrollo de Grupos Comunitarios de Biomonitorio en cuencas hidrográficas claves, que nos permita desarrollar con más rapidez, nuestro conocimiento de la presencia y distribución de peces y camarones diádromos en las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad/Costa Rica.

Iniciativa Darwin: Otro esfuerzo de investigación importante, con implicaciones para los cuatro sectores del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, debe ser mencionado. En el año 2006, la Iniciativa Darwin del Reino Unido, con la colaboración del Museo de Historia Natural de Londres, INBIO, ANAM, el SINAC (el Sistema de Áreas Protegidas de Costa Rica), y cuatro universidades (Panamá, Costa Rica, Autónoma de Chiriquí y Oxford), puso en marcha un proyecto titulado "Herramientas Básicas para el Manejo del PILA". Su objetivo es proporcionar acceso a mapas y otros datos, para ser usados por el gobierno, y todos aquellos interesados por la biodiversidad del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

La Expedición Iniciativa Darwin La Amistad está prevista que continúe hasta el año 2011. Los primeros esfuerzos se han concentrado en el mapeo y el inventario biológico sistemático, con énfasis en los cuatro grupos considerados con mayores probabilidades de producir nuevos descubrimientos (plantas vasculares, reptiles, anfibios y escarabajos). El proyecto ha producido cuatro informes, a partir del año 2007 (Monro, et al. 2007, 2008, 2009). Entre los resultados más notables son el descubrimiento de doce plantas vasculares, quince reptiles, tres anfibios y un escarabajo nuevo para la ciencia. El proyecto también ha identificado un enorme número de especies endémicas de Panamá y/o Costa Rica, incluyendo 79 especies endémicas en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

Ninguna de las nuevas especies son acuáticas, ni el plan de investigaciones de la Iniciativa Darwin se centró en los ambientes acuáticos. Sin embargo, el proyecto es importante, para todos los interesados en la biodiversidad de La Amistad, ya que llama la atención sobre el enorme valor para la conservación del área protegida más grande de América Central y del carácter extremadamente limitado de nuestro conocimiento de su biodiversidad.

Aunque el potencial para nuevos descubrimientos en el ambiente acuático de La Amistad es relativamente limitado (y la naturaleza del comportamiento diádromo dicta que las perspectivas para el

descubrimiento de especies endémicas diádromas son prácticamente nulas), sería oportuno complementar los esfuerzos de la Iniciativa Darwin, con la evaluación sistemática de la biodiversidad acuática en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. La mejor oportunidad podría ser en el área de macroinvertebrados bentónicos, principalmente insectos, pero la creciente disponibilidad de métodos de genética molecular en los estudios taxonómicos sugiere que los peces también deben ser considerados. Tres géneros parecen ser de particular interés:

- *Rivulus*, un género altamente diverso (132 especies de acuerdo con Froese y Pauly, 2009), está representado en Costa Rica por cinco especies en la Vertiente del Pacífico, pero sólo una en la Vertiente Atlántica (*R. isthmensis*) reportada dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad (McLarney, et al. 2009b). Tres de las especies del Pacífico están estrechamente endémicas (Bussing, 1980), con *R. uroflammeus* conocida sólo de las dos principales cuencas del Pacífico La Amistad (Grande de Térraba y Chiriquí Viejo), mientras que *R. glaucus* se conoce sólo de la cuenca del río General, un afluente del río Grande de Térraba en Costa Rica (Bussing, 1998). Sugerimos que la inaccesibilidad de la región de Talamanca puede limitar la recolección de *Rivulus* en la Vertiente Atlántica de La Amistad, y que las perspectivas de nuevos descubrimientos son considerables. La base de datos del STRI (STRI, 2007) lista dos especies adicionales, *R. birkhahni* y *R. wassmanni* de Bocas del Toro, con el último reportado de la cuenca del Changuinola.
- *Bryconamericus*: Una reciente revisión de *Bryconamericus* (Roman-Valencia, 2000, 2002) erigió la nueva especie *B. gonzalezi*, y Lasso, et al. (2008b) también identificó como *B. gonzalezi* sus especímenes de la cuenca alta del Changuinola. Las localidades designadas en Roman-Valencia (2002) nos deja ciertas dudas en cuanto a la distribución de esta especie y *B. scleroparius*, al que hasta ahora hemos referido todos los especímenes de *Bryconamericus*, pero parece muy probable que ambas especies se encuentran en las cuencas de La Amistad en la Vertiente Atlántica. Froese y Pauly (2009) listan una especie adicional, *B. ricao*, para varios sitios en Costa Rica, incluyendo uno en los drenajes de La Amistad (río Sepeque en la cuenca del Sixaola/Telire) y STRI (2007) listan esta especie de Bocas del Toro, pero no se menciona en Bussing (1998), ni Roman-Valencia (2002).
- *Rhamdia*: Los peces gato *Rhamdia* son notoriamente taxonómicamente difíciles. Silfvergrip (1996), redujo una lista de más de cien especies a once, de los cuales dos son definitivamente encontradas en las cuencas de La Amistad, aunque todavía se discute sobre nombres específicos que deberían aplicárseles. Existe la posibilidad de que la aplicación de métodos moleculares genéticas a *Rhamdia* podría parcialmente revertir la labor de Silfvergrip (1996) en la simplificación del género, con la posibilidad de nuevas especies para las cuencas de La Amistad.

## EL AREA LA AMISTAD Y SUS CUENCAS

### EL AREA LA AMISTAD

El término "La Amistad" se aplica indistintamente, de acuerdo a la categoría del área protegida en discusión. El **Sitio Binacional del Patrimonio de la Humanidad La Amistad**, se considera que está conformado por dos Parques Nacionales contiguos, ambos llamados "La Amistad", que se extienden por una distancia lineal de 140 km. a lo largo de la cordillera de la división continental a alturas que van desde aproximadamente 1800 a 3549 m., conectando dos Parques Nacionales icónicos, en el oeste el Parque Nacional Chirripó en Costa Rica, y con el Parque Nacional Volcán Barú, en Panamá, y protegiendo un total combinado de más de 4.000 kilómetros cuadrados. En 1982, los dos parques fueron nombrados el Parque Internacional de la Paz La Amistad, conocido comúnmente por sus siglas en español "PILA" (Parque Internacional La Amistad). En 1983, la parte Panameña se unió a la de Costa Rica, que ya era reconocida como Patrimonio de la Humanidad por el territorio unitario "La Amistad". Desde 1982, la UNESCO ha designado un área más grande que incluye al PILA como Reserva de la Biosfera. Se considera generalmente a la Reserva de la Biosfera La Amistad para incluir una zona de amortiguamiento que abarque las siguientes áreas:

- Otras áreas nacionales protegidas adyacentes al PILA: las reservas forestales Palo Seco y La Fortuna, y el Parque Nacional Volcán Barú en Panamá, además los parques nacionales de Chirripo, Barbilla y Tapanti - Macizo de la Muerte, la Reserva Biológica Hitoy-Cerere, las zonas protectoras Las Tablas y Pacuare, la Reserva Forestal Río Macho y el Jardín Botánico Robert y Catherine Wilson en Costa Rica. Los parques nacionales Volcán Barú y Chirripó son de particular importancia, ya que son el soporte de La Amistad a lo largo de la divisoria continental e incluyen los picos más altos en cada país (Volcán Barú, a 3.475 m en Panamá y el cerro Chirripó a 3.819 m en Costa Rica).
- Cuatro áreas protegidas costeras/marinas – El Parque Nacional Bastimentos y el Humedal de Importancia Internacional San San/Pondsak, en Panamá, el Refugio de Vida Silvestre Gandoca/Manzanillo y el Parque Nacional Cahuita, en Costa Rica: Los cuatro están físicamente separados de los parques de La Amistad, pero San San/Pondsak y Gandoca/Manzanillo (ambos designados por la UNESCO como sitios Ramsar) protegen las zonas bajas y estuarios de los dos ríos principales que drenan La Amistad (el río binacional Sixaola y el río Changuinola en Panamá), y se verán directamente afectados por cualquier cambio en la hidrología o biología de las zonas altas. Bastimentos y Cahuita son principalmente parques marinos, que pueden aportar zonas estuarinas, hábitat en costas y arrecifes de coral para peces y camarones, que también utilizan los ríos de La Amistad.
- Territorios indígenas reconocidos y no reconocidos. En Costa Rica, estos incluyen cuatro "Reservas Indígenas" pertenecientes a la etnia Bribri (Talamanca Bribri, Cabagra, Salitre y Kekoldi) y ocho reservas de la etnia Cabécar (Talamanca Cabécar, Telire, Tayni, Pacuare, Alto Chirripó, Bajo Chirripó, China Kicha y Ujarrás,) todos los cuales son debidamente reconocidas. La parte de Panamá del territorio semiautónomo Ngobe-Bugle se encuentra dentro del territorio designado como Reserva de la Biosfera, así como tres territorios



habitados exclusivamente por grupos indígenas, que hasta ahora no son reconocidos por el gobierno panameño – El “anexo” Ngobe-Bugle a lo largo del Río Changuinola, el territorio tradicional Naso a lo largo del Río Teribe y un territorio Bribri a lo largo del Río Yorkin, limitan con la Reserva indígena Bribri de Talamanca en Costa Rica. (Estas últimas tres áreas limitan extensamente con la Reserva Forestal de Palo Seco).

Si los territorios de las cuatro áreas oficialmente protegidas en Panamá y nueve en Costa Rica, contiguas al del patrimonio mundial La Amistad, se añaden a la del Patrimonio de la Humanidad, la superficie adicional de bosques protegidos en la región de La Amistad llegaría a unos 1.600 kilómetros cuadrados en Panamá y a 3.450 kilómetros cuadrados en Costa Rica. Con una superficie total de más de 9.000 kilómetros cuadrados, La Amistad es fácilmente el bloque más grande de bosques protegidos en Mesoamérica. Para algunos fines, a esto hay que añadir unos 400 kilómetros cuadrados en las cuatro zonas costeras protegidas (en los dos países), y cerca de 3.000 kilómetros cuadrados de los territorios indígenas reconocidos en Costa Rica. La figura N°1 es un mapa de la zona La Amistad, que muestra la relación de estas jurisdicciones con el Sitio del Patrimonio Mundial.

Si bien el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, se extiende a ambos lados de la divisoria continental en toda su longitud, en ambos países la mayoría del área de los dos Parques Nacionales de La Amistad se encuentra en la Vertiente Atlántica, que comprende las partes altas de las cuencas, hasta elevaciones de 90 - 100 m, de los ríos Changuinola, Sixaola y Estrella, además de pequeñas porciones de las cuencas altas de los ríos El Banano y Chirripó (este último forma parte de la cuenca del gran río Matina). En la Vertiente del Pacífico, en ambos países los límites de los parques se encuentran en altitudes mayores (900 - 3.000 m), y los Parques de La Amistad protegen sólo las cabeceras extremas de las cuencas de los grandes ríos de Térraba en Costa Rica y el río Chiriqui Viejo (además de una muy pequeña porción de la cuenca del río Chiriquí) en Panamá. La Tabla N°1 muestra el área total de las cuencas hidrográficas, y el Sitio del Patrimonio de la Humanidad para cada uno de estos ríos en ambos países, junto con las zonas que puedan verse afectadas por las represas propuestas en cada cuenca.

Hay que tener en cuenta que la información presentada anteriormente está basada en mapas y datos que pueden ser contradictorios, erróneos o no están disponibles en forma oficial. Por ejemplo, hemos visto el área de la cuenca para el río Estrella citada desde 717 a 1.002 km. cuadrados en diversas publicaciones. No pretendemos la precisión en la Tabla N°1, pero sí creemos que sirve como un propósito útil, como es poner el material que sigue en su contexto. Los errores son responsabilidad de los autores de este informe y no de los muchos individuos e instituciones que han colaborado en su preparación.

## SISTEMAS FLUVIALES DE LA AMISTAD, CON COMENTARIOS SOBRE LAS REPRESAS PROPUESTAS

En esta sección vamos a discutir las cuencas de los cuatro sectores del área de La Amistad (Atlántico y Pacífico de Panamá y Costa Rica), incluyendo lo que se conoce acerca de los planes de represas para cada uno. El cuadro N°2 muestra esta información en forma tabular. Las figuras 2-5 son los mapas de la región que muestran la ubicación de las propuestas de diferentes represas y determinan sus zonas de influencia aguas arriba. Las Figuras 6 y 7 son mapas simplificados diseñados para dramatizar el impacto potencial de las represas propuestas en las cuencas aguas arriba.

### Vertiente del Atlántico – Panamá:

Cuenca Changuinola/Teribe (Figura N°2): Nuestro primer informe a la UNESCO (McLarney y Mafla, 2007) se ocupa principalmente de cuatro controvertidas represas en la cuenca Changuinola/Teribe, que comprende un 90% de este sector, ubicado en la provincia Panameña de Bocas del Toro. (La porción más pequeña en relación a la cuenca Sixaola / Telire se verá más adelante, en la costa del Atlántico - Costa Rica.) Nosotros preferimos hablar de la cuenca Changuinola/Teribe, en vez de simplemente "Changuinola", porque el principal afluente del río Changuinola, el río Teribe es grande (área de la cuenca 514 kilómetros cuadrados de un total de 1390 kilómetros cuadrados). Compruebe con cualquiera de los números que Osvaldo pueda proporcionar.

La cuenca del río Changuinola comienza en la divisoria continental, que es también la división entre las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí. Mientras los extremos de las cabeceras y la mayoría de los afluentes por encima del Teribe, surgen dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, gran parte del canal principal (67 km.) se encuentra fuera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, pero dentro de la reserva forestal de Palo Seco, establecida en 1983. Antes de esa fecha gran parte de esta área fue habitada por los miembros de la etnia Ngobe, quienes continúan promoviendo su unión a la Comarca Ngobe/Bugle.

El Teribe se une al Changuinola en El Silencio, a unos 115 km. por encima del Caribe. Al igual que en el caso del Changuinola, mucho del canal principal por encima de El Silencio (82 km.) está fuera del PILA y dentro de Palo Seco. Esta estrecha franja forma parte de la tierra ancestral de la etnia Naso (Teribe), quienes como los Ngobe a lo largo del cauce principal del Changuinola, han defendido durante mucho tiempo el establecimiento de un territorio Naso centrado en esta área (es probable que esta franja, y el área similar en el territorio Ngobe a lo largo del Changuinola, fueron excluidos del Parque Nacional La Amistad, no por respeto a las comunidades indígenas, sino para evitar la controversia que inevitablemente surgen de cualquier propuesta de construir una presa en un parque nacional.) Aunque el Teribe se origina en Panamá, en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad circula brevemente en Costa Rica. Esta área relativamente pequeña (255 kilómetros cuadrados) comprende la totalidad de la cuenca Changuinola/Teribe en Costa Rica.

Por debajo de El Silencio, el Changuinola fluye a través del Valle del Changuinola, dominado por plantaciones de banano, con su centro urbano de Changuinola, y luego se divide en dos, el Humedal San San/Pondsak, los cuales forman parte de la Reserva de la Biosfera La Amistad. A pesar de graves problemas agrícolas y de contaminación urbana, las partes bajas del Changuinola y su extenso sistema lateral de lagunas y canales comprende un área pesquera importante.

En la actualidad, se han propuesto cuatro represas formalmente en la cuenca Changuinola/Teribe, con dos bajo construcción; otras son rumoradas. Tres de las presas propuestas oficialmente, llamadas CHAN-75, CHAN-140 Y CHAN-220 (con los números puestos por la distancia sobre

el nivel del mar en km.) están previstas para el cauce principal del río Changuinola en el territorio Ngobe, mientras que la cuarta presa, Bonyic, se localiza en el Río Bon (a veces denominado Bonyic), afluente del río Teribe en el territorio Naso. CHAN-75 y Bonyic están en construcción, a pesar a la continua protesta de los habitantes indígenas de la zona y las organizaciones de conservación nacionales e internacionales (Thorson, et al. 2007, McLarney, 2005; McLarney y Mafía, 2006a, Cultural Survival, 2008; Anaya, 2009). Ninguna de las evaluaciones de impacto ambiental de las presas para el Changuinola o Bonyic (PLANETA Panamá, 2005; Proyectos y Estudios Ambientales del Istmo, 2004a, b y c) tratan seriamente la diadromía y lo relacionado con asuntos de biodiversidad.

La Figura Nº2 no muestra la represa CHAN-220, por lo cual fuimos incapaces de encontrar las coordenadas geográficas. Incluso si las presas CHAN-140 y CHAN-220 no se construyen y ninguna presa es construida sobre el cauce principal del Teribe, la interrupción causada por CHAN-75 podría comprometer gravemente la función de corredor biológico del río Changuinola, y causar la extirpación o la casi extirpación de la fauna diádroma en más de la mitad de la porción Panameña del Sitio del Patrimonio de la Humanidad (esta cifra se mantiene incluso sin tener en cuenta las pérdidas similares que se han producido o que son esperadas en la vertiente del Pacífico de La Amistad en Panamá, véase más adelante).

En términos de área total de la cuenca o del área dentro del PILA que se verían afectados, la represa de Bonyic es comparativamente insignificante. Sin embargo, sería destruir a un río de extraordinaria belleza panorámica y de una gran importancia para la cultura Naso. El embalse detrás de la represa Bonyic se extendería 60 m. dentro de la frontera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

En este informe nos referimos principalmente a las represas para las cuales hemos sido capaces de revisar algún tipo de documentación oficial. Esto no debe interpretarse como la totalidad de las represas que existen conceptualmente en las cuencas de La Amistad. Esto es particularmente importante en el caso del Teribe. En el año 2000, un sitio web del Gobierno de Panamá (ETESA, 2000), además de las tres represas del Changuinola y Bonyic, figuran estudios de "prefactibilidad" de por lo menos cinco represas en el cauce principal del Teribe, más una en el río Culubre, el siguiente afluente principal al Changuinola por encima del sitio CHAN-75.

Un esquema que ha sido extraoficialmente discutido tiene una de las represas del Teribe que desviaría las aguas a través de una tubería de carga dentro del cercano río San San, de baja pendiente. Este plan tendría graves consecuencias tanto en el área de la laguna San San, en los Humedales San San/Pondsak (parte de la Reserva de la Biosfera La Amistad), como también en las dos de las comunidades Naso a lo largo de San San, ya enfrentadas en un conflicto con sus vecinos por intereses de tierras ganaderas, con el gobierno de Panamá apoyando a estos últimos (Mayhew and Jordan, 2010).

La pequeña parte de Costa Rica de la cuenca del Teribe, aunque se encuentra en el interior del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, no está exenta. Una revisión en 1979 del ICE acerca del potencial hidroeléctrico de la cuenca Sixaola/Telire (ICE, 1979) indica que "la posible utilización de las aguas de la cuenca superior del río Teribe, en Costa Rica, podría ser aprobada en la cuenca del Sixaola", pero concluye que, a fin de aprovechar mejor los recursos de energía hidroeléctrica, sería mejor pensar en términos de un proyecto binacional.

Vertiente del Atlántico – Costa Rica:

Cuenca Sixaola/Telire (Figura N°3): La mayoría de esta cuenca se encuentra en el cantón de Talamanca, Costa Rica, con el 23,5% en Panamá. Su característica más singular es el amplio valle aluvial (hasta 10 km. de ancho) de Talamanca, que se forma justo antes de donde el río Sixaola termina exactamente en la desembocadura de la Río Yorkin. La cuenca Yorkin es el hogar de la población sólo Bribri en Panamá, al igual que sus vecinos Naso y Ngöbe, ellos han solicitado desde hace mucho tiempo y hasta ahora sin éxito, sus tierras ancestrales (estimadas en 370 km. cuadrados) para ser reconocidas como una Comarca por el gobierno Panameño.

Por encima del Yorkin, el Sixaola se divide en cuatro grandes ríos, siendo el Telire el más grande. Las cuencas de los ríos Telire, Coen y Lari están situadas totalmente dentro de Costa Rica, mientras que una pequeña porción de la cabecera de la cuenca Uren, junto con la mayoría de la cuenca Yorkin, están en Panamá.

Abajo del Yorkin, el Sixaola forma la frontera entre Costa Rica y Panamá por 70 km. pasando por la parte inferior de la reserva indígena de Talamanca Bribri y grandes zonas de plantaciones agro-industriales de banano en ambos países. El extremo inferior del Sixaola separa dos humedales Ramsar - San San / Pondsak en Panamá y el Refugio de Vida Silvestre Gandoca/Manzanillo, en Costa Rica. A diferencia de la cuenca Changuinola, el Sixaola no tiene un sistema extensivo de lagunas en su desembocadura, y su importancia pesquera es muy local. Sin embargo, las inundaciones periódicas del Sixaola desempeñan un papel importante en la hidrología de la Laguna Gandoca, uno de los elementos claves del Refugio Gandoca/Manzanillo. Lo mismo es cierto en cierta medida para la laguna de San San en el lado opuesto del río, a pesar de que un dique a lo largo de gran parte del banco Panameño del Sixaola, reduce la frecuencia y el volumen de las inundaciones naturales en el área de San San.

En el pasado, el ICE (la autoridad Costarricense de energía eléctrica) ha propuesto un máximo de 16 represas hidroeléctricas en la cuenca del Telire por encima a la desembocadura del Yorkin (ICE, 1979). A partir del año 2001, los proyectos Durika y Broi-Matama (río Telire), Bugu (río Coen) y Uren (río Sukut, cuenca del Uren) están fuera de la mesa, al menos en parte debido a que serían localizados dentro del Parque Nacional La Amistad (ICE, 2001). Lo mismo se aplica a los proyectos llamados Sku, Betsu, Uri, Dika, Kivut y Ourut, cuyos lugares se encuentran fuera del "Parque Nacional La Amistad" y no están especificados en los documentos a los que hemos podido acceder. Sin embargo, en el año 2007 el Ministro de Medio Ambiente propuso en un periódico una entrevista que el ICE podría proponer cambios a la ley que permitirían el desarrollo de los recursos energéticos en los Parques Nacionales en el futuro (Dobles, 2007). De hecho, un cierto precedente existe en la forma de una represa micro hidroeléctrica sobre el río Genio en el Parque Nacional Isla del Coco (Rojas M., sin fecha), que es también un Sitio del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO.

Seis de los originales 16 represas son actualmente consideradas proyectos viables, incluyendo Talamanca, Telire y Nakeagre en el río Telire, Coen y Cabécar en el río Coen, y Lari en el río del mismo nombre. Todos están localizados en las Reservas Indígenas Talamanca Bribri, Talamanca Cabécar o Telire (Cabecar). El alcance de aplicación de los planes originales de las represas Talamanca y Lari ha sido reducido, para evitar los impactos directos al Parque Nacional La Amistad, como se hizo para el proyecto de la represa Telire en relación con la Reserva Biológica Hitoy-Cerere (aunque los planes actuales aún requieren de un túnel bajo una parte del Hitoy/Cerere). Sin embargo, todos los planes afectarían aguas arriba las cuencas dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Lo más preocupante de las represas desde el punto de vista de conservación de la biodiversidad es también de lejos, el más grande. La represa Talamanca, situada a sólo 80 m. por encima del nivel del

mar, crearía un embalse de 37.000 hectáreas por las inundaciones en todo el Valle de Talamanca, formado por los canales trenzados entre sí de los ríos Telire, Coen, Lari y Uren. Destruiría las comunidades de Boca Uren, Katsi, Amubri, Cachabri, Tsoki, Bajo Coen, Coroma, Sepecue, Shiroles y Suretka, desplazando así a aproximadamente más de la mitad de la población de la Reserva de Talamanca Bribri (que es a su vez la mayor concentración de los 33 pueblos indígenas en Costa Rica). El mapa (Figura N°3) muestra el área del propuesto embalse de Talamanca, junto con la ubicación aproximada de las comunidades Bribri que se inundarían.

El embalse Talamanca también destruiría una zona agrícola importante. La mayoría de los plátanos consumidos en Costa Rica se cultivan en el cantón de Talamanca, y el Valle de Talamanca ha sido durante muchos años la más importante zona productora. En los últimos años el valle de Talamanca también ha asumido gran importancia como fuente de cacao y banano para el mercado orgánico.

Desde un punto de vista de la biodiversidad, la represa Talamanca eliminaría completamente el acceso de los animales diádromos a la totalidad de las cuencas Uren, Lari y Coen dentro y fuera del PILA, además de toda la parte baja de 3 km. del río Telire. Como lo muestran la Figura N°3 y la Tabla N°1, la única parte del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en la cuenca Sixaola/Telire que no se vería directamente afectada sería la cuenca Yorkin. Puesto que todos los Sitios del Patrimonio de la Humanidad en la cuenca del Yorkin se encuentran en Panamá, la represa Talamanca, cerraría así el acceso de animales diádromos al 100% del PILA en la cuenca del Sixaola de Costa Rica. La gran área y la forma aproximadamente circular del Embalse Talamanca la harían especialmente eficaz como una barrera al movimiento de especies adaptadas a los hábitats fluviales.

Los otros cinco proyectos estarían todos ubicados por encima de la represa Talamanca, a elevaciones relativamente altas (280-630 m.) y, al mismo tiempo causarían una mayor fragmentación del las cuencas de los ríos Telire, Coen y Lari, ellas no aportarían nada al área total de la cuenca total al ser aislados por las grandes represas. En este sentido, podrían ser consideradas como potencialmente menos perjudiciales. Sin embargo, dado que (en comparación con el sitio de la represa Talamanca, ubicada cerca de la carretera que sirve a las comunidades localizadas a lo largo del Telire) sería difícil y costoso acceso, parece probable que formarían una opción menos atractiva, sin la contrapartida del gran proyecto de la represa Talamanca.

A diferencia de la situación de la cuenca Changuinola/Teribe, por lo que sabemos, no se ha hecho ninguna inversión más allá de la planificación inicial las represas para la cuenca Sixaola/Telire. Sin embargo, al largo plazo, en términos de la zona y el kilometraje del río que pueda verse afectado, consideramos que la cuenca Sixaola/Telire sería aún más severamente amenazada que la vecina Changuinola/Teribe; el potencial es para la extirpación de las formas diádromas en el 77% de la cuenca.

Cuenca Estrella (Figura N°4): A partir del año 2009, una empresa privada (Santuario Indígena, SA), comenzó a entrar en negociaciones con los representantes de la Asociación de Desarrollo Comunitario de la Reserva Indígena Tayni (Cabecar), que ocupa la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Amistad inmediatamente aguas abajo de la frontera del PILA en el Valle de la Estrella, sobre la posibilidad de explotar los recursos hidroeléctricos en la Reserva Tayni (Fernández Marín, 2009). La Figura N°4 muestra la ubicación de una represa propuesta en el río Estrella. La legitimidad de esta propuesta ha sido cuestionada por grupos ambientalistas, basados en el Valle de la Estrella (Machore Levy, 2009) y también por la oficina del Fiscal General de Costa Rica (Rivera Mesén, 2009). Si se construye, cualquier represa eliminaría el acceso de los peces y camarones diádromos al 100% de la cuenca Estrella en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Cuenca Banano (Figura N°4): Una única represa ha sido propuesta para el río Banano, por debajo de la frontera del PILA, pero dentro de la Zona Protegida Río Banano, cerraría cerca del 79% de los 24 km. cuadrados de área de la cabecera de la cuenca del río Banano que se encuentra dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad para el acceso de fauna diádroma. (Tenga en cuenta la distinción entre el Río Banano y el río Bananito, que está relacionada con las cuencas Estrella y Banano, pero que no tiene un área de drenaje dentro del PILA).

Cuenca Matina (Figura N°3): Esta gran cuenca está representada en PILA sólo por una pequeña área de la cabecera (58 kilómetros cuadrados) del tributario sistema del río Chirripó, junto al Parque Nacional Chirripó. Mientras que otro afluente del sistema de Matina, el río Pacuare, ha sido durante años el centro de una gran controversia sobre las represas propuestas del ICE, no sabemos de ningún plan de represa para la cuenca del Chirripó, ni para la parte de la cuenca Matina por debajo de la desembocadura del Chirripó. Esta zona a gran altura (punto más bajo es a 1700 m.) puede no tener ningún río habitable para animales diádomos. (Como la gran mayoría de la cuenca Matina y todos sus afluentes con represas propuestas, se encuentran fuera del PILA, esta cuenca no está incluida en nuestros cálculos globales de las áreas de cuenca afectadas en la Tabla N°1 y en otros lugares).

#### Vertiente del Pacífico – Costa Rica:

Cuenca Grande de Térraba (Figura N°5): La construcción de represas ha sido un tema controvertido en la cuenca del Grande de Térraba (la más grande de las cuencas en Costa Rica, y la única que drena en la vertiente del Pacífico de La Amistad/Costa Rica), no por los efectos potenciales sobre el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, pero si debido a los problemas sociales, como el desplazamiento de las comunidades indígenas y no indígenas. Castro (2004) cita 26 proyectos de represas - 17 privadas y 9 públicas - en esta cuenca, pero tenemos información colectada sólo para los de las partes más bajas de los arroyos que salen del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Este incluye a uno de los más importante proyectos del ICE, inicialmente conocido como la Represa Boruca, y seis iniciativas privadas de generación de energía hidroeléctrica en los afluentes aguas abajo del sitio del proyecto del ICE.

En su forma original, la primera propuesta en la década de 1970, la represa Boruca, para ser ubicada en el cauce principal del río Grande de Térraba, fue diseñada para suministrar energía a un proyecto de minería de bauxita que finalmente no se materializó. El mayor proyecto de obras públicas en la historia de Costa Rica, habría creado el mayor lago de embalse en América Central detrás de un dique 230-260 m. de alto, inundando 260 km. cuadrados, incluyendo la totalidad la Reserva Indígena del Rey Curre (etnia Brunca) junto con partes de otras tres reservas indígenas (etnias Brunca, Teribe y Guaymi) y tierras privadas en el Valle del General. Esta represa, si se construye, eliminaría todo el acceso de animales diádomos a la vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad de Costa Rica.

En sus versiones más recientes, el proyecto Boruca ha sido una pieza fundamental de la actual política energética del gobierno de Costa Rica, destinado a duplicar la capacidad hidroeléctrica del país en 10 años. La corriente más pequeña, pero que aun sigue siendo una versión controversial es conocida como la presa Diquis. Situada en el río General, que se une con el río Coto Brus para formar el Grande de Térraba, sería de 179 m. de alto e inundaría 60 kilómetros cuadrados, aún incluyendo parte de Rey Curre y otras reservas indígenas, mientras que desplazaría cerca de 1.100 personas.

Como muestra la Tabla N°1, el área afectada dentro del PILA en la cuenca General sería relativamente pequeña y concentrada a altitudes superiores a 2.000 m. Sin embargo, hay que tener en

cuenta que más de un tercio de toda la cuenca Grande de Térraba dentro y fuera de las Áreas Protegidas y Reservas Indígenas se verían afectadas (área gris en la Figura N°5), incluyendo el 100% de las cuencas en el Parque Nacional Chirripó y casi la mitad de las tres reservas indígenas contiguas que bordean el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

El Proyecto Diquís no afectaría directamente al movimiento aguas arriba y abajo de animales en la subcuenca del Coto Brus, que representa casi un tercio de la cuenca del Grande de Térraba dentro y fuera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Sin embargo, 6 de 10 pequeñas, represas privadas planeadas para afluentes del Coto Brus, podrían bloquear el acceso a casi un cuarto del área del PILA en esas cuencas, a altitudes tan bajas como 900 m.

En general, con la construcción de la represa Diquís y tan sólo dos de las represas previstas para la cuenca del Coto Brus, el 55,8% del total de la cuenca Grande de Térraba sería obstruido al acceso de animales acuáticos migratorios. La alteración del caudal aguas abajo también afectaría el Humedal Ramsar Terraba-Sierpe, situado donde el Terraba alcanza el Pacífico, con consecuentes repercusiones en los animales diádromos que migran a través o usan esta zona como criaderos.

Si bien, como se ha señalado anteriormente, desde un punto de vista de conservación de la biodiversidad acuática, la parte del Sitio del Patrimonio de la Humanidad que se extiende en la vertiente del Pacífico de Costa Rica es relativamente menos importante que su homóloga vertiente del Atlántico en virtud de su pequeño tamaño y uniformemente gran altitud, también es cierto que prácticamente no tenemos conocimiento de las cabeceras en esa zona.

#### Vertiente del Pacífico – Panamá:

Cuencas Chiriquí Viejo, Piedras/Chico y Chiriquí (Figura N°6): Estas tres cuencas, que alcanzan el Océano Pacífico en una distancia en línea recta de menos de 50 km. uno del otro, son mejor comprendidas como una unidad. Un mapa interactivo en el sitio web de ANAM para promover su "Mecanismo de Desarrollo Limpio" muestra 42 represas existentes o en proyecto, entre las tres cuencas (ANAM, 2009). Si bien estas represas son más pequeñas que la mayoría de las otras aquí descritas, la mayoría si no todas serían lo suficientemente grandes, como para bloquear el movimiento ascendente de los peces migratorios.

De las tres cuencas, el Chiriquí Viejo, con 68 kilómetros cuadrados en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, es el más importante en términos de esta discusión. El mapa sólo muestra la represa más baja (Burica) sobre el Chiriquí Viejo (Figura N°6); el tratamiento individual de 13 sitios de represa en la cuenca está más allá del alcance de este documento. Como la parte gris sobre el mapa indica, el acceso de la fauna diádroma al Sitio del Patrimonio de la Humanidad en esta cuenca es o dentro de poco será totalmente eliminada. Otro efecto, una vez que las represas Bajo de Minas y Baitun (con derechos del agua en propiedad del inversionista Mexicano Carlos Slim) sean completadas, habrá una total destrucción del principal río de aguas bravas para rafting en Panamá – un recurso turístico y recreacional de gran importancia para la Provincia de Chiriquí.

Las cuencas Chiriquí Viejo y Chiriquí están separadas por la cuenca del río Chico, que no tiene área de cuenca dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, aunque el río Piedras, tributario del Chico, drena parte del Parque Nacional Barú, un componente de la Reserva de la Biosfera La Amistad. Un total de 11 represas están planeadas para esta cuenca. El acceso de fauna diádroma al Parque Volcán Barú sería totalmente eliminado, debido a que la mayoría del parque se encuentra en la cuenca del Chiriquí Viejo.

El río Chiriquí tiene sólo una pequeña área (17 km. Cuadrados) dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, y es, junto con las partes vecinas de La Reserva Forestal La Fortuna (también parte de la Reserva de la Biosfera La Amistad), ha sido inaccesible para la fauna diádroma desde mucho antes que comenzara la controversia provocada por las represas Changuinola/Teribe en la vertiente Atlántica. Esta es la consecuencia de represas construidas antes en el cauce principal del río Chiriquí (un total de 19 represas existentes o en proyecto en la cuenca entera). El mapa (Figura N°6) sólo muestra la parte más baja de la represa.

Entre los cuatro cuadrantes de la región de La Amistad, la vertiente del Pacífico en Panamá, que pasa a ser el cuadrante con mayor presente en importancia económica para el turismo, es actualmente el más drásticamente afectado en términos de biodiversidad acuática. Es muy probable, que dentro de poco tiempo, después de finalizar este informe, el 100% de la fauna diádroma en las cuencas de la vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Panamá serán exterminadas por las represas. Esto sirve como una advertencia, pero es especialmente lamentable, porque tardíamente nos estamos dando cuenta que la fauna íctica de esta zona es muy diferente a la de los otros tres cuadrantes (véase la discusión más adelante).

### Conclusión:

En términos de daño/amenaza para la biodiversidad acuática, el mantenimiento de la fauna diádroma y la función del corredor biológico del río, podemos clasificar los cuatro cuadrantes del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad de la siguiente manera, de mayor a menor impacto:

- Vertiente del Pacífico – Panamá: Casi con toda seguridad, una pérdida total en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad y en grandes porciones de las cuencas de fuera de ella, basados en las represas existentes y en las últimas etapas de construcción.
- Vertiente del Pacífico – Costa Rica: Su futuro depende de la situación de un gran proyecto (la represa Boruca/Diquis), cuya ejecución parece probable, y de seis iniciativas privadas más pequeñas. El resultado de la realización de estos proyectos sería una pérdida del 37% en una pequeña parte del Sitio del Patrimonio de la Humanidad y enormes daños a una parte importante de la cuenca aguas abajo, incluyendo partes de varias reservas indígenas.
- Vertiente del Atlántico – Panamá: Dos represas actualmente en construcción causarían la extirpación de la fauna diádroma en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad en la parte alta de la cuenca Changuinola, además de la cuenca Bon, mucho más pequeña, con un daño similar en la Reserva Forestal Palo Seco y dos territorios indígenas. La eventual aparición de los planes de represa en otras partes en este cuadrante, particularmente en el río Teribe, no puede ser descartada.
- Vertiente del Atlántico – Costa Rica: Basado en los planes de represa existentes, prevalece la posibilidad de exterminio total de la fauna diádroma en casi el 100% de esta área. Sin embargo, las represas planeadas no están tan avanzadas aquí, y este cuadrante puede representar la mejor oportunidad de preservar la biodiversidad y la función de corredor fluvial en y aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

Si todas las represas propuestas identificadas en este informe se completan, las únicas áreas en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad en Panamá que aún serían accesibles, para los peces y camarones diádomos estarían en las cuencas Yorkin y Teribe de la vertiente del Atlántico (exceptuando la subcuenca Bon, tributario del Teribe). En Costa Rica, todo lo que permanecería en el



Atlántico estaría en una parte no muy elevada de la cuenca Banano, cuenca Chirripó por encima de 1700 m., y algunas pequeñas porciones de la cuenca Grande de Térraba en la vertiente del Pacífico. En general, en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, esto equivale a una reducción del 67% en el área de cuenca accesible a los migrantes marinos comparado con los niveles naturales y una reducción del 55% en las cuencas de La Amistad en conjunto. El mapa blanco y negro, Figura N°7, dramatiza este efecto mostrando la parte binacional del Sitio del Patrimonio de la Humanidad donde la extirpación de especies que ocurriría se muestra en negro. Hay que tener en cuenta que una decisión de construir siquiera una sola represa en el cauce principal del río Teribe eliminaría la totalidad de la gran zona blanca, separando las dos grandes zonas en negro, resultando en la pérdida de acceso por parte de animales diádromos a 75-80% del área.

Dada la insuficiencia de mapas disponibles para la parte alta de las cuencas es imposible saber con exactitud cuántas millas de río se verían afectadas. Sin embargo, hemos calculado previamente que las represas CHAN-75 y Bonyic juntas bloquearían el acceso de animales diádromos a unas 700 millas (1127 km.) de arroyos perennes (McLarney y Mafla, 2007). Extrapolando a partir de las áreas de cuenca, esto conduce a una conclusión de 4.000 km. de arroyos perennes afectados, con más de la mitad que la longitud ubicada dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Los daños en otras áreas protegidas, reservas indígenas y algunas tierras de propiedad privada podrían ser significativos para ambos países. No es inconcebible que estos efectos, combinados con los impactos aguas abajo de las represas, podrían causar la extirpación completa de algunas especies diádromas en toda el área binacional La Amistad.

## LA FAUNA ACUÁTICA DE LA AMISTAD

### PECES

#### Introducción y Descripción General:

El trabajo del Programa de Biomonioreo de Ríos de la Asociación ANAI en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella (incluyendo la parte Panameña del Sixaola/Telire), ha dado lugar a una lista casi completa de peces y macroinvertebrados diádromos y de agua dulce (excluyendo especies principalmente estuarinas que nunca fueron encontradas en nuestros muestreos de agua dulce); véase el Cuadro N°2. (En nuestro uso, "agua dulce" excluye aquellas especies conocidas sólo de los estuarios; la categoría "estuarino" en las tablas connota especies asociadas con estuarios y los tramos más bajos de los ríos). Hemos identificado 46 especies de peces de agua dulce (15 de ellas consideradas diádromas) reportadas de estos dos sistemas fluviales que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad; esto incluye todas las especies indicadas para estas cuencas por Bussing (1998). De estas 46, hemos confirmado la presencia de 24 especies (7 de ellas diádromas) en, o inmediatamente aguas abajo del Parque Nacional La Amistad (Asociación ANAI, 2007; McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b). (Algunos de nuestros sitios de muestreo están localizados precisamente en el límite del PILA; en ausencia de la existencia de barreras físicas en el límite, se presume que los peces encontrados en estos lugares también habitan flujos significativos dentro del PILA).

Nuestra lista de peces de agua dulce de la cuenca Changuinola/Teribe de Panamá es derivada de una variedad de fuentes, incluyendo el estudio preliminar de Goodyear, et al. (1980), investigaciones esporádicas de la Universidad de Panamá (comunicación personal, Dr. Jorge Garcia), el trabajo en 2006-2008 de cinco parataxónomos Nasos y Ngobes capacitados por el equipo de ANAI (Asociación ANAI, 2007; Mafla, et al. 2005; McLarney y Mafla, 2007, 2008) y la información del sitio web del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) (STRI, 2010), complementado por su trabajo de inventario en el año 2008, sobre el cauce principal del Changuinola y sus afluentes por encima del sitio de la represa CHAN-75 (Lasso, et al. 2008 A, B y C). Basados en la síntesis de estos datos, contamos con 42 especies de peces de agua dulce, incluyendo 13 especies diádromas para la cuenca como un todo. De estos, 25 son encontrados por encima del sitio de la represa CHAN-75, en consecuencia efectivamente dentro de PILA; 19 especies, entre ellas 8 especies diádromas, han sido confirmados dentro de los límites del Sitio del Patrimonio Mundial en la cuenca Changuinola/Teribe (estos números no se deben tomar como exactos, ya que reflejan ciertas inconsistencias taxonómicas entre las autoridades citadas).

Registros detallados de la colecta de peces para la cuenca del río Banano no están disponibles, pero la ictiofauna de este río debe ser muy similar a la del Estrella. La diversidad de peces, si los hubiere, en la parte de la cuenca Matina/Chirripó en el PILA, situada por encima de los 1700 m. podría ser casi seguro baja y compuesta principalmente de especies diádromas.

En general, las listas de especies de peces de las tres cuencas principales hidrográficas del Atlántico (Tabla N°1) son muy similares, pero hay tres diferencias que vale la pena mencionar:

- La lista de la cuenca Changuinola/Teribe incluye una especie diádroma adicional, debido a la documentación de la presencia de *Gobiesox nudus*. Aunque el rango de *G. nudus* se extiende desde Honduras hasta Venezuela, no se ha colectado de la gran región de Talamanca en Costa Rica.

- La Machaca (*Brycon guatemalensis*), nativa de la mayoría de drenajes del Atlántico desde Guatemala hasta el oeste de Panamá es, por razones desconocidas, ausente de las cuencas entre el Estrella y la región este de Almirante en Panamá. Sin embargo, es un miembro prominente de la fauna de la cuenca del río Estrella, donde es un pez importante para el consumo humano. Mientras es estenohalino y se limita a agua dulce, es altamente potámodromo (migratorios en agua dulce), y probablemente se verían gravemente afectados por las represas sobre el Río Estrella o sus tributarios.
- El lector atento se dará cuenta de las diferencias entre las dos listas de países de los géneros no diádromos *Bryconamericus*, *Poecilia*, *Rivulus*, *Rhamdia*, *Amphilophus* y *Astatheros*. Estas diferencias, las cuales seguirán siendo discutidas en el texto cuando sea apropiado, son de nomenclatura y/o el resultado de las últimas “variaciones” taxonómicas, y no reflejan diferencias significativas en la diversidad.

En la vertiente del Pacífico, no fue posible obtener información sobre diversidad de peces de la cuenca del Chiriquí Viejo. No es seguro asumir lo que se podría deducir mirando el mapa - que la fauna de peces nativos de esta cuenca es similar a la de la vecina cuenca del Grande de Térraba en Costa Rica. Briceño y Martínez (1986) dan una lista de 36 especies para el cercano río Chiriquí, de las cuales sólo 2 especies costeras aparecen en el inventario de 33 especies, para el Grande de Térraba citadas a continuación (Rojas y Rodríguez, 2008). Aun teniendo en cuenta una cierta confusión debido a la nomenclatura y la inclusión en el estudio de Chiriquí de un gran número de especies esencialmente marinas, esta es una diferencia notable para dos ríos separados por una distancia de 119 km. en línea recta. En este sentido, cabe señalar que mientras Bussing (1976) atribuyó las cuencas Grande de Térraba y río Coto, que representan el extremo sur del Pacífico Costarricense, a la Provincia Íctica Chiapas/Nicaragua, la línea divisoria entre esa provincia y la Provincia del Istmo sigue la frontera nacional con Panamá.

En cualquier caso, debe ser asumido que la diversidad, particularmente de peces diádromos, en la cuenca del Chiriquí Viejo (y por lo tanto efectivamente en toda la zona de la Vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Panamá) ha sido irreversiblemente reducida debido al represamiento aguas abajo del cauce principal del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Otra amenaza para la biodiversidad nativa en el área de cabecera de esta cuenca es la introducción de la exótica trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Lo que nos hemos dado cuenta tardíamente es que esta fauna en peligro crítico puede ser única entre los drenajes de La Amistad.

Nuestra lista de especies para la cuenca del Grande de Térraba (Tabla N°3), es elaborada parcialmente de la revisión de los mapas de distribución en Bussing (1998), complementada por un estudio reciente (Rojas y Rodríguez, 2008). Dado que solo las zonas de gran altitud en las cabeceras de las cuencas de la Vertiente del Pacífico están contenidas en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, la proporción de estas especies que actualmente habitan PILA deben ser mucho más bajas que para la Vertiente del Atlántico, y podría acercarse a cero. Las especies más probables a estar son la diádroma *Sicydium salvini* (basado en su capacidad para superar las barreras naturales verticales) y la no diádroma *Rivulus uroflammeus*, ya conocida de altitudes de hasta 1.100 m. en la cuenca (Bussing, 1998).

En las páginas que siguen, hacemos hincapié en las especies diádromas documentadas desde dentro o muy cerca del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, así como aquellas especies dentro del ámbito de competencia de la UNESCO que son más vulnerables a la drástica reducción de la población y

la extirpación probable por encima de futuras represas en las cuencas de drenaje del PILA. Nosotros basamos nuestras determinaciones de diadromía en gran medida en el Registro Mundial de Especies Migratorias (GROMS, 2009), complementado por nuestras propias observaciones en el área de La Amistad. También discutimos dos especies potámodromas que podrían verse negativamente afectadas por las represas. Este material actualiza el tratamiento de especies individuales en McLarney y Mafla (2007). Le damos un tratamiento detallado a especies encontradas en la Vertiente Atlántica, y un tratamiento más superficial a los peces de la Vertiente del Pacífico.

## **ESPECIES DE LA VERTIENTE ATLÁNTICA:**

### **Familia Anguillidae (Anguilas de agua dulce)**

#### ***Anguilla rostrata* (Anguila Americana, Anguila del mar)**

Las anguilas de la familia Anguillidae están distribuidas en casi todo el mundo (aunque no son conocidas del Pacífico oriental, incluyendo la Vertiente del Pacífico de Mesoamérica), y provee los ejemplos más conocidos de peces catádromos. *A. rostrata* tiene una enorme distribución - que se extiende desde Groenlandia hasta algún punto indeterminado en el Caribe; puede terminar cerca del extremo sur de su distribución en Talamanca y Bocas del Toro. Debido a su gran tamaño (hasta 1,2 m. de largo), amplia distribución, y la importancia comercial en América del Norte, es la excepción entre los peces diádromos de Mesoamérica el cual su ciclo de vida es relativamente bien conocido. A pesar de que las anguilas Americanas gastan la mayor parte de sus vidas en agua dulce, la madurez sexual no se logra hasta que se embarcan en un viaje largo desde los ríos del hemisferio occidental con el Mar de los Sargazos, frente a África, donde se reproducen en aguas de 500 m. o más de profundidad (Vladykov, 1964) (algunas autoridades creen que *A. rostrata* de Mesoamérica se reproduce en el Caribe; ver Tesch, 1977). Luego del acto de desove, los adultos mueren.

Las anguilas eclosionan en larvas transparentes, forma de listón ("anguilas de cristal" o leptocéfalos), y son transportadas por las corrientes oceánicas de la costa de las Américas, un viaje que dura aproximadamente un año. Después de algunos meses en ambientes estuarinos ellas se vuelven opacas, asumiendo la forma de anguilas pequeñas (angulas), y entran en las desembocaduras de los ríos. Los machos permanecen pequeños, y no se aventuran lejos del estuario, pero las hembras más grandes pueden viajar hasta las partes altas de los ríos. Bussing (1998) reporta *A. rostrata* en elevaciones a 20 m. "en aguas estancadas o ríos de velocidad de corriente moderada". Sin embargo, en la cuenca Sixaola/Telire en varias ocasiones hemos capturado anguilas en rápidos fuertes, y a altitudes de hasta 80 m (McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b). Tenemos reportes confiables de *A. rostrata* en los ríos Teribe y Bon; en la cuenca del Teribe al menos se encuentra dentro de PILA, y ha sido reportada en altitudes de hasta 300 m. en el Bon (Mafla, et al. 2005; McLarney y Mafla, 2007).

Como una especie principalmente nocturna, la anguila Americana es relativamente poco conocida, por la mayoría de la población en Panamá y Costa Rica. Sin embargo, es común, suficiente para ser una fuente menor de alimento en el Teribe, donde es tomada en la noche con anzuelo y línea.

Las anguilas tienen cierta capacidad para viajar sobre la tierra, y se han visto escalar o viajar alrededor de las presas en algunas ocasiones. Ellas también pueden utilizar canales subterráneos, como lo demuestra su existencia en sumideros cársticos en Yucatán, México (comunicación personal, JJ Schmitter-Soto). La navegación en aguas tranquilas de los lagos de embalse no parece presentar un problema. Sin embargo, el viaje fuera del agua es energéticamente costoso y expone a las anguilas a los depredadores. *A. rostrata* se ha vuelto rara en el interior de América del Norte, y recientemente fue considerada por el Fish and Wildlife Service de EE.UU. como candidata a la lista en peligro de extinción (Bell, 2007). La gravedad de cualquier impacto a *A. rostrata* de las presas en Talamanca y Bocas del Toro dependerá de la importancia, hasta ahora desconocida, de los desplazamientos aguas arriba de las hembras. Sin embargo, en América del Norte, la principal causa de la reducción de las poblaciones de anguila es considerada por la proliferación de las represas en los ríos principales (Jenkins y Burkhead, 1993).

## **Familia Atherinidae (silversides, pejerreyes)**

### ***Atherinella chagresi* (sardina plateada)**

No hemos visto ninguna evidencia de diadromía en esta especie, y Bussing (1998), la trata como un pez exclusivo de agua dulce. La mayoría de especies en los Atherinidos son marinos; en la Vertiente del Caribe Costarricense y en otras partes, la familia está representada por especies que viven en quebradas de tierras bajas y otros que habitan en la zona litoral, de esta manera es sorprendente no encontrarla una especie diádroma. Esta observación es compartida por McDowall (1988) "Atherinidos son bien conocidos por su eurihalinidad y es sorprendente que las diversas formas de diadromía no están bien reportadas para la familia. . . Si se define estrictamente, diadromía no parece presentarse en ningún atherinido".

Se incluye *Atherinella chagresi* en esta sección, ya que fue tratada como una especie diádroma por AES y MWH (2009) y porque, aunque Bussing (1998) cita una altitud máxima de 60 m., tanto los equipos de ANAI y STRI la han encontrado en el cauce principal de Changuinola en lugares por encima del sitio de la represa CHAN-75 y hemos capturado éste dentro del PILA en la cuenca Sixaola/Telire (Lasso, et al. 2008b; McLarney y Mafla, 2006b; McLarney, et al. 2009 b). En consecuencia, si *A. chagresi* fuera diádroma, la construcción de las represas propuestas pondría en peligro ésta con extirpaciones dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en ambos países.

AES y MWH (2009) citan a Zaret y Paine (1973) en apoyo de la aparente conducta anfídroma por *A. chagresi* en las proximidades del Canal de Panamá, pero también menciona la existencia a largo plazo de una población reproductora por encima de la presa que forma el Lago Gatún en la misma zona. Sin embargo, observamos que el Lago Gatún, como parte del sistema del Canal de Panamá, es poroso a especies marinas que, aunque *A. chagresi* estuviera bien documentada como diádroma, su presencia allí apenas puede ser citada como prueba de adaptación. En términos de la discusión del cual este informe forma parte, *A. chagresi* es quizás más útil como un recordatorio de lo poco que sabemos realmente de las historias de vida de los peces de agua dulce de Mesoamérica.

## **Familia Gobiesocidae (clingfishes)**

### ***Gobiesox nudus* (clingfish, chupapiedra cabezón)**

*G. nudus* es uno de los pocos representantes de agua dulce de una familia principalmente marina, y no debe ser confundida con los gobios del género *Sicydium*, también llamado "chupapiedras" y mucho más común y ampliamente distribuido en las cuencas de La Amistad. Al igual que *Sicydium*, *G. nudus* tiene las aletas pélvicas modificadas en un disco de succión torácico por medio del cual se adhiere a los sustratos rocosos donde se encuentra normalmente.

La conocida distribución de *G. nudus* se extiende a lo largo de la costa Atlántica de Honduras hasta Venezuela, donde es encontrada en los ríos entre 25 y 580 m. de altitud (Bussing, 1998). En 9 años de intenso muestreo nunca hemos encontrado un Gobiesocido en Talamanca, ni hemos escuchado reportes verbales de su existencia. Sin embargo, desde hace algún tiempo hemos recibido informes anecdóticos de un chupapiedra cabezón en la cuenca Changuinola/Teribe. Esta información fue confirmada en el año 2007 con avistamientos repetidos de un Gobiesocido, presumiblemente *G. nudus*, por parataxónomos calificados en el río Teribe, dentro y aguas abajo del PILA (comunicación personal,

M. Bonilla). Posteriormente, el Inventario del STRI del cauce principal del Changuinola por encima del sitio de la presa CHAN-75 demostró su presencia en la cuenca Changuinola por encima del Teribe (Lasso, et al. 2008b). Hasta la fecha no tenemos conocimiento de ningún otro sitio, pero es probable que este pez pequeño y sigiloso esté más ampliamente distribuido.

No se han publicado estudios sobre la reproducción de cualquiera de las especies de *Gobiesox* de agua dulce. Sin embargo, dada las afinidades marinas de la familia, y teniendo en cuenta que los adultos nunca se han visto por debajo de 25 m. de altitud, mientras que las larvas son desconocidas de la parte alta de los ríos, no es irrazonable proponer que *G. nudus* es anfídromo, y así fue considerado en el inventario del STRI.

Bussing (1998), pone en duda anfidromía señalando que "si éste tiene que descender al mar, este pequeño pez que habita hasta los afluentes del lago Arenal, tendría una migración muy larga para lograr este fin". Sin embargo, AES y MWH (2009) incurrieron en un error al citar este comentario, para apoyar la adaptación exitosa de las cuencas inundadas, ya que el Lago Arenal era un lago natural antes de que fuera inundado para formar un gran "lago", el cual debe ser conocido apropiadamente, como el embalse de Arenal. Todos los registros de *G. nudus* en la cuenca del Arenal por encima del Lago Arenal, aparecen de fechas anteriores al inundamiento del embalse Arenal en 1973 (comunicación personal, W. Bussing). Si bien no se sabe si *G. nudus* persiste en la parte superior del Arenal, otros peces diádromos, en particular *Joturus pichardi*, han desaparecido desde que se construyó la represa.

Si *G. nudus* en realidad es anfídromo, el efecto eventual de las represas podría ser considerable. Además de bloquear el descenso de larvas de peces, la migración aguas arriba de los adultos también podría ser excluida, ya que (al contrario en el caso de *Sicydium* y algunos otros gobios) no hay reportes de *Gobiesox* utilizando la ventosa torácica para escalar superficies verticales.

## **Familia Gerreidae**

### ***Eugerres plumieri* (estrombal, mojarra prieta)**

Esta especie está incluida debido a la captura de 2 ejemplares por la expedición del inventario del STRI en el cauce principal del río Changuinola, por encima del sitio de la represa CHAN-75 (Lasso, et al. 2008b) a una altitud de más de 100 m. Bussing (1998) menciona registros de la captura de esta especie en el río San Juan, a elevaciones de hasta 31 m. Sin embargo, aunque nosotros encontramos *E. plumieri* común en los hábitat estuarinos en Talamanca, en 9 años de muestreo intensivo de agua dulce nunca lo hemos capturado en la región.

La aparición ocasional de carnívoros marinos superiores (en particular, *Centropomus* y *Caranx* en las cuencas del Atlántico de La Amistad) está bien documentada; la hipótesis general es que ellos no son migrantes obligados, sino más bien cazadores oportunistas vagando más allá de su rango normal en busca de presas. Lo mismo podría aplicarse en el caso del invertívoro *E. plumieri*. Se incluye esta especie aquí, porque no podemos confirmar este comportamiento o posible diadromía, y como un ejemplo de lo mucho que aún falta por aprender sobre la biología de los ríos de La Amistad.

## **Familia Haemulidae (grunts, roncadores)**

### ***Pomadasys crocro* (burro grunt, Atlantic grunt, ronco, roncador)**

Esta especie de gran tamaño (hasta 355 mm. de longitud) es importante en la pesca artesanal en todas las cuencas de la Vertiente Atlántica del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, donde vive en ríos de todos los tamaños, dentro y fuera del PILA, hasta una altura de al menos 250 m. (Mafla, et al. 2005). Cervigon (1993) reporta la captura de esta especie a una profundidad de 120 m. en el Caribe frente a Venezuela pero, si bien es común en los estuarios en Talamanca, nunca la hemos observado en un hábitat marino.

No hay nada publicado sobre la reproducción de *P. crocro* o de cualquier otra especie de *Pomadasys*. Dado que la familia Haemulidae es principalmente marina, que *P. crocro* se encuentra principalmente en los ríos y estuarios, y porque nadie ha descrito las larvas, aceptamos su inclusión como anfídromo en el Registro Mundial de Especies Migratorias (GROMS, 2009), pero éste podría ser catádro. En cualquier caso una consecuencia probable de represamiento podría ser su desaparición de la cuenca superior, incluyendo en el PILA.

Castro-Aguirre, et al. (1999) reportan la existencia de una población sin litoral en un lago del embalse (Miguel Aleman o El Temascal) en Veracruz, México. Sin embargo, uno de los autores de ese texto afirma que *P. crocro* usualmente no se adapta de esta manera en México (comunicación personal JJ Schmitter-Soto). La posición conservadora es seguir asumiendo que *P. crocro* es un diádro obligado en Talamanca y Bocas del Toro.

## **Familia Mugilidae (mulletts, lisas)**

### ***Agonostomus monticola* (mountain mullet, sarten, lisa, tepemechin, mechin)**

*Agonostomus monticola* es de lejos el pez más abundante de tamaño comestible en las aguas dulces de Talamanca y Bocas del Toro, y por lo tanto de gran importancia en la dieta de los habitantes. Es más abundante en ríos y quebradas de corriente rápida que en aquellos de menor gradiente, pero se encuentra en cada cuerpo de agua corriente de la región, hasta la primera barrera natural. Bussing (1998) cita *A. monticola* hasta los 650 m. de elevación en Costa Rica, y Cruz (1987) la encontró en pequeños tributarios hasta los 1.500 m. en Honduras. Se ha visto en el 100% de los inventarios visuales realizados en la cuenca Changuinola/Teribe, y en casi todos los muestreos de peces llevados a cabo por el Equipo de Biomonitorio de ANAI en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella (McLarney y Mafla, 2006b, 2008a; McLarney, et al. 2009a, 2009b). También se ha reportado de las cuencas Grande de Térraba (Rojas y Rodríguez, 2008) y Chiriquí (Briceño y Martínez, 1986), haciendo éste el único pez diádro presente en los cuerpos de agua corriente que drenan las dos vertientes del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. En la Vertiente del Atlántico, es probablemente el segundo pez más abundante después de *Sicydium*.

Sorprendentemente, para tal pez ampliamente distribuido (en ambas costas del sur de Estados Unidos a Venezuela y Colombia), abundante, visible y de alto valor, no hay acuerdo general en cuanto a si *A. monticola* es anfídromo o catádro. Anderson (1957), quien encontró larvas pelágicas de *A. monticola* en el mar fuera de Florida, la consideró catádro, al igual que Aiken (1998), Bussing (1998), Erdman (1972, 1976), y Thomson (1978), basado en observaciones en Jamaica, Costa Rica, Puerto Rico y Florida, respectivamente. Phillip (1983) reportó el hallazgo de hembras que al presionarles el cuerpo le



salían huevos en el mar frente a Trinidad, lo que apoyaría el argumento para catadromía. Cruz (1987), quien estudió dos especies de lisas diádromas en Honduras, piensa que *A. monticola* podría ser cualquiera de las dos catádroma o anfidroma.

Por alguna razón, McDowall (1998) en su texto sobre diadromía y una publicación posterior sobre anfidromía (McDowall, 2007) no incluye la observación de Phillip, pero citó a Corujo-Flores (1980) en el sentido de que los adultos maduros siempre han sido tomados en agua dulce. Loftus, et al. (1984), citado también por McDowall, fue más allá y afirmó que los adultos de cualquier estado nunca se han capturado en agua salada y reportó "probable" el comportamiento de desove en los ríos de Puerto Rico. Si *A. monticola* fuera demostrado por ser anfidromo sería el primer caso confirmado de anfidromía en Mugilidae; todos los miembros de la familia que han sido bien estudiados son catádromos o totalmente marinos. (Sin embargo, ver la siguiente nota de *Joturus pichardi*). Gilbert y Kelso (1971) y Gilbert (1978) trataron de resumir la información sobre la historia de la vida *A. monticola*.

Al menos en Costa Rica, (y probablemente en Panamá) la situación es más complicada, porque de acuerdo a Bussing (1998) "*Agonostomus* juveniles aparecen en las diferentes estaciones del año, lo que puede indicar que *A. monticola* se reproduce varias veces durante el año, o puede ser que hay más de una especie, cada una con un período reproductivo diferente". Sin embargo, Phillip (1983) detectó una "sencilla, distinta temporada reproductiva" en Trinidad. Incluso si sólo hay una especie de *Agonostomus* en Costa Rica y Panamá, la gran variación morfológica y la estacionalidad irregular de sus migraciones sugieren la posibilidad de diferentes estrategias de reproducción, posiblemente incluyendo tanto poblaciones catádromas y anfidromas, según lo sugerido por Marcy, et al. (2005).

Sea catádroma, anfidroma o ambas, *Agonostomus* es uno de los pocos peces que aparece en casi todos los muestreos e inventarios visuales de los ríos, quebradas y riachuelos en Bocas del Toro y Talamanca a todas las altitudes por debajo de las barreras naturales, penetrando a lo más alto de las cabeceras (como También se observó por Cruz, 1987 en Honduras y Kenny, 1995 en Trinidad). Este podría ser vulnerable a la extirpación por encima de cualquier presa - y la posibilidad de que exista una gama de comportamientos reproductivos dentro de la especie, resultaría en que cualquier esfuerzo por mitigar daños, facilitando pasajes para *Agonostomus monticola* sería especialmente difícil.

### ***Joturus pichardi* (hogmullet, bocachica, bobo, cuyamel)**

El bobo o bocachica, se encuentra desde el nivel del mar hasta por lo menos 600 m. de elevación (Bussing, 1998), es a la vez el mayor pez de agua dulce en las tierras altas de Mesoamérica, y el pez de mesa preferido. Por este motivo, entre otros, se ha vuelto escaso en la mayor parte de su distribución (en la Vertiente Atlántica de Veracruz, México a San Blas, Panamá, además de Cuba, Haití, República Dominicana y Puerto Rico). Hay acuerdo general en que, mientras *J. pichardi* todavía se puede encontrar en la mayoría de los arroyos de las cuencas Estrella y Sixaola/Telire (donde las represas no son actualmente un factor) en Talamanca su abundancia ha disminuido considerablemente en los últimos 30 años.

Sorprendentemente, teniendo en cuenta la creciente población de Bocas del Toro y el alto aprecio por el cual *J. pichardi* se mantiene como un alimento, no parece ser comparativamente raro allí. Durante una visita a la cuenca alta del Changuinola en 2005, se encontró evidencias de su aparente abundancia en forma de un gran número de "pistas" (huellas dejadas en las rocas donde ellos raspan las algas que forman la mayor parte de su dieta). Basados en toda la información anecdótica disponible de Costa Rica, Panamá y otros países, parece ser que la cuenca Changuinola/Teribe es el hogar de una de

las poblaciones existentes más fuertes de *J. pichardi*, por lo que es importante para la viabilidad a largo plazo de las especies. Allí, como en otros lugares, ésta vive en o cerca de los rápidos más fuertes.

Las lagunas en nuestro conocimiento de la biología reproductiva de esta importante especie son enormes. Como en el caso de *Agonostomus monticola*, nadie ha observado el acto de desove de *J. pichardi*. Darnell (1962), Díaz-Vesga (2007) y Erdman (1984) consideran que *J. pichardi* es probablemente catádroma, basado en estudios realizados en México, Colombia y Puerto Rico, respectivamente. Cruz (1987), quien dedicó varios años al estudio de esta especie en Honduras, opinó que tanto *J. pichardi* y *Agonostomus monticola* son anfídromas, poniendo sus huevos en los ríos. Sin embargo, él subsecuentemente encontró hembras maduras de *J. pichardi* en los estuarios de Honduras. Recientemente, Villalobos y Molina (sin fecha) encontraron hembras maduras en el río Sarapiquí, Costa Rica, en octubre de 2005, pero no pudieron encontrarlas a partir de noviembre, apoyando el concepto popular de una migración anual por adultos de *J. pichardi* a la parte baja de los ríos y/o estuarios. Cualquier intento por sacar conclusiones se ve ensombrecido, por el hecho de que nadie ha colectado larvas de *J. pichardi*, o juveniles de menos de 60 mm. en agua dulce o salada.

Nuestras propias observaciones, apoyadas por información anecdótica de los habitantes de Talamanca y Bocas del Toro, muestran que *J. pichardi* es escaso o ausente de los ríos durante los últimos meses del año, pero que tanto los adultos y juveniles vuelven a aparecer a partir de enero. También hemos encontrado segregación por tamaño, con juveniles en quebradas y los adultos más grandes en los principales ríos (McLarney, et al. 2009b). Esto sugiere que, además de una migración reproductiva anual, ellos se mueven de un río a otro durante su vida, a medida que crecen.

Información sobre los efectos de presa de Mesoamérica es anecdótica. Anderson, et al. (2006) asoció un pequeño embalse en el río Puerto Viejo en el norte central de Costa Rica con la disminución de *J. pichardi* en ese río. Bussing (1998) cita la comunicación personal (H. Araya) en el sentido de que *Joturus pichardi* ha desaparecido de los afluentes del lago Arenal, Costa Rica, ya que fue represado en 1973, y sugiere que efectos similares pueden producirse sobre otros ríos represados en Costa Rica. Chris Lorion de la Universidad de Idaho/CATIE (comunicación personal) y Vormiere (2007?) reportan la ausencia de esta especie en la cuenca del río Reventazón, por encima de la presa La Angostura, mientras que McLarney (observaciones no publicadas) encontró que fue común en 1968. Sin embargo, hay un precedente documentado de la desaparición de esta especie por encima de las represas de Puerto Rico (Erdman, 1984; Kwak, et al. 2007). Suponemos que *J. pichardi* desaparecería de cualquier río por encima de una presa, incluyendo en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

### **Familia Gobiidae (gobies, gobios)**

#### ***Awaous banana* (river goby, chuparena)**

El género gobiido *Awaous* es casi distribuido universalmente en las regiones tropicales y subtropicales; *Awaous transandeanus* (la especie gemela del Pacífico de *A. banana*) habita en arroyos de la Vertiente del Pacífico de Mesoamérica desde Costa Rica a Perú (Bussing, 1998) y puede ascender al Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad en los tributarios de los ríos Grande de Térraba y/o Chiriquí Viejo.

En muchas islas, como Hawai y las islas pequeñas de las Antillas, los *Awaous* spp., son los únicos peces que habitan en algunos ríos y quebradas de agua dulce. *A. banana*, distribuida universalmente en los ríos de Talamanca y Bocas del Toro, es conocida en todo el Caribe hasta el sur del Golfo de

México. Llega a 180 mm. de longitud, y es de importancia menor como alimento. Aunque la abundancia es baja en la mayoría de los sitios, la población de *A. banana* está bien distribuida desde cerca del nivel del mar, hasta casi 500 m. de altitud en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad (Mafla, et al. 2005; McLarney y Mafla, 2006b; McLarney, et al. 2009b).

Como se ha señalado por Keith (2003), mientras que Gobiidae es "la familia con mayor diversidad de peces de agua dulce, su ciclo biológico y los parámetros y procesos evolutivos que llevan a tal diversidad son pobremente entendidos". En el caso del género *Awaous*, a pesar de ser bien conocido en cuatro continentes y en muchas islas, la mayor parte de la información disponible es conjetural. Yerger (1978) pensó que *A. banana* desovaba en el mar, lo que la haría catádroma, pero Bussing (1998) propone anfidromía, opinando que "ellos probablemente se reproducen cerca de la costa y las larvas son arrastradas hacia el mar en donde se desarrollan en aguas pelágicas".

La especie mejor estudiada de *Awaous* (*A. guamensis* de las islas del Pacífico occidental) es anfidroma. Ego (1956) y Kido y Heacock (1992), citado en Keith (2003), han demostrado que "el pez adulto normalmente migra aguas abajo hacia las zonas de desove, las cuales se encuentran en general en los primeros rápidos, poco profundos, encontrados aguas arriba de la desembocadura del río". Los individuos juveniles pueden pasar más de cuatro semanas en los estuarios.

Sea anfidromo o catádromo, si *A. banana* requiere el acceso a agua salada para completar su ciclo de vida, es probable que desaparezcan por encima de las represas propuestas; hay un precedente en Puerto Rico (Holmquist, et al. 1998; Kwak, et al. 2007).

### ***Sicydium* spp. (titi, chupapiedra)**

No hay acuerdo sobre el número de especies de *Sicydium* que ascienden arroyos que desembocan en el Golfo de México y el Caribe. Bussing (1996), revisando Brockmann (1965) pensaba que era probable que *Sicydium antillarum* de la costa norte de América del Sur era sinónimo con *Sicydium altum*, pero reservó el nombre de este último para la población de Costa Rica. Al mismo tiempo él dividió *S. altum* en dos especies, designando la nueva especie *Sicydium adelum*. Sin embargo *S. adelum* no es reconocida por todas las autoridades. Lasso, et al (2008b) se refiere a todos los *Sicydium* capturados en su trabajo de inventario en la cuenca Changuinola a *S. altum*. Según Bussing (1996, 1998) en las elevaciones más bajas las 2 especies casi siempre se presentan juntas, pero mientras que *S. altum* es reportada a alturas de hasta 1200 m. en Costa Rica, *S. adelum* es conocida sólo hasta los 90 m. Esto deja abierta la posibilidad de que *S. altum* ocurre a altitudes por debajo del nivel del sitio de la represa CHAN-75 (unos 100 m.) en la cuenca Changuinola/Teribe, pero no en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Al hablar de las cuencas de la Vertiente Atlántica que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, nos referiremos simplemente a *Sicydium*.

Aunque hay algunas dudas sobre la identidad taxonómica de *Sicydium* en la Vertiente del Pacífico de Mesoamérica (Brockmann, 1965), es probablemente seguro asignar a cualquier individuo de las cuencas de La Amistad en el Pacífico (ríos Grande de Térraba, Chiriquí y Chiriquí Viejo) a *Sicydium salvini*.

En las cuencas Changuinola/Teribe, Sixaola/Telire y Estrella, *Sicydium* es el pez más abundante donde hay sustrato rocoso. A pesar de su pequeño tamaño (hasta 140 mm.) suele ser dominante en términos de número de individuos y biomasa. Lasso, et al.(2008b) encontró *Sicydium* que comprendió el 62,5% de su colecta total de peces (abarcando un total de 15 especies) en la cuenca Changuinola por

encima del sitio de la presa CHAN-75 durante la estación seca; que contribuyó de 39 a 77% de la biomasa en muestreos individuales. Nuestras investigaciones en la estación seca en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella (McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b), muestran que la abundancia poblacional aumenta con la altitud y el gradiente. Incluso en algunos muestreos moderadamente diversos (6-12 especies), *Sicydium* comprende un 75-95% de los peces. Los parataxónomos Naso y Ngobe entrenados por ANAI llegaron a estimaciones visuales similares para varios sitios en el cauce principal y afluentes de los ríos Changuinola y Teribe (Mafla, et al. 2005; McLarney y Mafla, 2006). En general *Sicydium* es casi omnipresente, presentándose en menor cantidad en los ríos y quebradas con pendientes inferiores y materiales de sustrato más fino.

Gracias a su fuerte disco torácico, gobios de *Sicydium* en general son considerados por ser "capaces de escalar cualquier pendiente sobre la cual el agua fluye" (Covich, 1988). (Otro gubio sicydiino, *Lentipes concolor*, de Hawai, está documentado regularmente por superar una serie de cascadas de 300 m. de altura, con 100 m. de caídas verticales; Englund y Filbert, 1997). En Bocas del Toro y Talamanca, *Sicydium* es normalmente el único pez encontrado por encima de barreras naturales tales como cascadas donde, junto con los camarones diádromos, es el principal consumidor de algas bentónicas.

No se han publicado estudios sobre el comportamiento reproductivo de *S. altum* o *S. adelum*, pero *Sicydium antillarum* y *S. punctatum* de Dominica (Bell y Brown, 1995; Keith, 2003), *S. plumieri* de Puerto Rico (Erdman, 1961, 1986), *S. stimpsoni* de Hawai (Tomihama, 1972) y *S. taeniurus* de Tahití (Schulz, 1943) han demostrado ser anfidromos, y la mayoría de las autoridades comparten el supuesto de McDowall (1988) que todos los gobios sicydiinos son diádromos.

Sabemos que las larvas de *S. altum/adelum* (conocidas localmente como "titi") pasan un período de desarrollo en estuarios y que en ciertas épocas del año migran aguas arriba a los ríos de Talamanca en cantidades enormes, muchas veces moviéndose junto con larvas de camarones y otros peces. Aparentemente ellos son de larga vida y continúan creciendo a medida que migran río arriba. Es normal encontrar a individuos más grandes en mayores alturas y a individuos más pequeños cerca de la costa (y sobre sustratos finos).

Es probable que *S. altum/adelum* puedan subir al menos algunas de las represas propuestas, si la humedad fuera adecuada. Sin embargo, también parece que los lagos del embalse podrían constituir un obstáculo insuperable para los adultos y postlarvas ascendentes y casi con certeza para los individuos recién nacidos que descienden. Este último argumento es apoyado por la afirmación de Balon y Bruton (1994) que para los embriones de vida libre de peces anfidromos el tiempo necesario para descender a su lugar de alimentación estuarino es crítico. La investigación en Japón sobre gobios del género *Rhinogobius* (Moriyama, et al. 1997; Tsukamoto, 1991), y un pez no gobiino anfidromo (*Plecoglossus altivelis*) (Iguchi y Mizuno, 1998) demuestra que la supervivencia de los embriones a la deriva es inversamente proporcional al tiempo de tránsito (según la distancia del mar y la velocidad de la corriente). Lyons (2005), relacionó la presencia/ausencia de los gobios *Sicydium* en México y América Central para la longitud y la velocidad de los ríos; en ríos de movimiento lento que atraviesan extensas planicies costeras, *Sicydium* son raros o ausentes.

Estas conclusiones son coherentes con la ausencia natural, en Talamanca, de *Sicydium* en unos pocos sistemas fluviales caracterizados por lagunas costeras con muy poca corriente (McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b), y es suficiente, para explicar la desaparición de *Sicydium* por encima de las represas en Puerto Rico y Guadalupe (Benstead, et al. 1999; Fievet, 1999; Fievet, et al.

2001a, 2001b; Holmquist, et al. 1998; Kwak, et al. 2007). Por lo tanto, es razonable suponer que la alteración de los regímenes de caudal por las grandes represas en las cuencas del PILA causaría la desaparición de *Sicydium* de ríos aguas arriba. Aunque para el observador laico, la desaparición de grandes peces comestibles como *Joturus pichardi* y *Agonostomus monticola* puede ser más alarmante, la desaparición de *Sicydium* (junto con los camarones) podría tener consecuencias ecológicas más profundas. (Véanse las secciones sobre los camarones, y los efectos secundarios de las extirpaciones de especies, abajo).

### **Familia Eleotridae (sleepers)**

#### ***Gobiomorus dormitor* (Bigmouth sleeper, mudfish, guavina, bocon)**

Este gran pez depredador es más abundante en las cuencas bajas, pero ha sido reportado en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad hasta por lo menos 100 m. de altitud (McLarney, et al. 2008, 2009), y al menos a 543 m. en Puerto Rico. (Bacheler, et al. 2004) (El similar *Gobiomorus maculatus* de la Vertiente del Pacífico es conocida de las cuencas Chiriquí y Grande de Térraba pero probablemente no asciende a elevaciones más altas donde comienza el PILA en esa vertiente). En general, los especímenes más grandes de *G. dormitor* son encontrados en la parte alta, con juveniles principalmente limitados a altitudes más bajas. *G. dormitor* es un excelente pez para comer y es a menudo blanco de los pescadores locales.

Mientras el comportamiento de anfidromo no puede ser descartado, Nordlie (1981) y Gilbert y Kelso (1971) consideran que *G. dormitor* es catádromo, reproduciéndose en las partes más bajas de los estuarios. Darnell (1962) pensó que *G. dormitor* era normalmente catádromo, pero bajo ciertas circunstancias eran capaces de reproducirse en agua dulce, al igual que Greenfield y Thomerson (1997). Tres autores han reportado sobre las poblaciones supuestamente sin litoral:

- McKaye (1977) y McKaye, et al. (1979) reportaron sobre una población en el Lago Jiloa, un lago de cráter aislado en Nicaragua, donde aparentemente fue observado un comportamiento reproductivo. Sin embargo, la sugerencia ha sido hecha que los *Gobiomorus* del lago Jiloa son genéticamente distintos de los *G. dormitor* diádromos (comunicación personal, P. Esselman).
- Bacheler (2002) y Bacheler, et al. (2004) reportaron una población sin litoral del embalse Carite en Puerto Rico. Sin embargo, ningún juvenil del año (“young-of-the-year” en Ingles) de *Gobiomorus* fueron capturados, y se han preguntado si la población Carite está actualmente reproduciéndose en agua dulce (Neal, et al. 2001 y 2004; Greathouse, et al. 2006b). *G. dormitor* ha sido extirpado de varios ríos por encima de las represas en Puerto Rico (Kwak, et al. 2007), y no está presente en otros embalses de Puerto Rico, incluyendo algunos en el mismo río como Carite.
- Castro-Aguirre, et al. (En prensa) mencionan la presencia de *G. dormitor* en el embalse Miguel Aleman (El Temascal), Veracruz, México, junto con otras dos especies de peces que normalmente son diádromas (*Pomadasys crocro* y *Dormitator maculatus*). No tenemos conocimiento o razón alguna, para dudar de que estas son poblaciones realmente, sin litoral.

Sobre la base de 1 a 3 sucesos que ocurran en lugares ampliamente separados, el futuro establecimiento de poblaciones viables de agua dulce de *G. dormitor* en la región de La Amistad no puede ser descartado. Pero incluso si las poblaciones Nicaragüenses y/o Puertorriqueñas de *G. dormitor* son en última instancia verificadas como sin litoral, reproduciéndose naturalmente, la infrecuencia de la presencia sugiere que condiciones desconocidas, pero muy especiales en el hábitat o la estructura genética de la población aislada están involucradas. Estadísticamente, las probabilidades parecen estar en contra de su persistencia por encima de las presas que pueden ser construidas en las cuencas de La Amistad.

## **OTROS PECES DE PREOCUPACIÓN:**

Aquí se hace énfasis en aquellas especies consideradas más probables de ser impactadas negativamente por la construcción de presas en las cuencas que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad – es decir aquellas especies diádromas o posiblemente diádromas que son conocidas de dentro de los límites del PILA en la Vertiente Atlántica, donde hay un enorme kilometraje de los cuerpos de agua corriente más grandes dentro del parque y también un mayor conocimiento de la ictiofauna. Existen otras 5 categorías de peces que merecen mención:

- Especies Potamódromas:

Potamodromía fue definida por Myers (1949) refiriéndose a las especies de agua dulce obligadas que deben emprender migraciones considerables dentro del agua dulce, a fin de completar su ciclo de vida. Tal comportamiento es, por supuesto, completamente susceptible a ser interrumpido por barreras antropogénicas como las represas, como lo es con toda forma de diadromía. Poca mención se hizo de potamodromía en nuestro informe anterior (McLarney y Mafla, 2007), ya que se refería exclusivamente a la cuenca Changuinola/Teribe, donde no hay especies potamódromas confirmadas. Sin embargo, la machaca potamódroma, *Brycon guatemalensis* es un elemento importante en el ensamble de peces de la cuenca del río de la Estrella en Costa Rica (McLarney Mafla y 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b), donde es un importante recurso alimenticio, y su congénere potamódromo *Brycon behreae* se presenta en la cuenca del Grande de Térraba drenando la Vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, mientras que *B. striatulus* es reportado del río Chiriquí (Briceño y Martínez, 1986). Rojas y Rodríguez (2008) encontraron *B. behreae* que comprendía más de la mitad de la biomasa de peces en el muestreo limitado en cuatro estaciones en el río Grande de Térraba.

Cabe señalar que *B. guatemalensis* habita en los lagos de Nicaragua, desde el cual se mueve en afluentes para desovar, y ha sobrevivido e incluso prosperado, en el inundado Lago Arenal en Costa Rica. Pero la supervivencia de *Brycon* spp., por encima o por abajo de las represas en la zona de La Amistad no debe ser asumida.

El comportamiento potamódromo también ha sido observado por lo menos en otros dos géneros conocidos en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad: *Astyanax aeneus* realiza una masiva migración aguas arriba anual en Guanacaste (López, 1978), aunque esto puede ser desencadenado por los niveles de agua, más que por el comportamiento reproductivo. El bagre hepapterido *Rhamdia nicaraguensis* (que puede o no ocurrir en el área de La Amistad, la taxonomía de *Rhamdia* está nubosa) fue descrito por Alfaro (1935) realizando masivas migraciones de desove en la Meseta Central de Costa Rica. El punto aquí es que, en ausencia de estudios de estos peces en la zona de La Amistad, no podemos descartar movimientos potamódromos de *A. aeneus* y otros carácinos, las dos especies de *Rhamdia* conocidas del PILA, o de otras especies de la zona de La Amistad.

- Especies diádromas crípticas:

Las Tablas N°2 y N°3 listan varias especies diádromas conocidas de las cuencas del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, pero no reportadas dentro del PILA. En la mayoría de los casos, estas son especies de baja altitud, corrientes de gradiente bajo las cuales no podemos esperar ver por encima de 100 m. Sin embargo, con un margen de error deben ser hechas para dos pequeños, peces crípticos planos (pez hoja o lenguado), de las familias Paralichthyidae (*Citharichthys spilopterus*) y Achiridae (*Trinectes paulistanus*), que pasan la mayor parte de su tiempo escondidas en los sustratos de arena, y

se encuentran entre los peces más difíciles de detectar o capturar. Ellos pueden ser más abundantes de lo que se aprecia. El ciclo de vida de estos peces no es totalmente conocido, pero los huevos de ambos géneros se sabe que son pelágicos, lo que conduce a la hipótesis de catadromía.

Ambas especies son conocidas de la parte baja de las cuencas de la Vertiente Atlántica del PILA y, basados en la presencia de Costa Rica y el sudeste de Estados Unidos (Bussing, 1998; Gilbert y Kelso, 1971; Gunter y Hall, 1963; Swingle, 1971; Tucker, 1978) no sería sorprendente encontrar especímenes ocasionales de estas especies o sus congéneres dentro del PILA en sustratos de arena de los ríos más grandes, particularmente el Changuinola.

En la Vertiente del Pacífico, Rojas y Rodríguez (2008) encontraron *Trinectes fonsecensis* a una altura de hasta 55 m. en el río Grande de Térraba, pero no reportó ningún pez plano Paralichthyido. Sin embargo, Alpírez (1985) reportó *Citharichthys gilberti* de una altitud de 640 m. en el río Pacuar, tributario del río General, (Cuenca Grande de Térraba) aguas arriba del sitio de la presa Diquis. *Achirus mazatlanus* y *Achirus lineatus* han sido registrados en el curso inferior del río Chiriquí (Briceño y Martínez, 1986) y podrían estar presentes en el Chiriquí Viejo.

- Nómadas facultativos eurihalinos:

*Eugerres plumieri*, registrado por primera vez de las aguas adentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad por el equipo de inventario del STRI (Lasso, et al. 2008b) bien puede caer en este grupo, pero se describe aquí con las especies diádromas. Otros representantes de este grupo son principalmente grandes carnívoros superior normalmente encontrados en los océanos costeros y estuarios, pero que de vez en cuando realizan largos viajes río arriba, presumiblemente en la búsqueda de la presa. El río Teribe es conocido localmente por la frecuencia particular de estos sucesos, pero nómadas facultativos eurihalinos pueden ocurrir en cualquier corriente de acceso. Los peces más frecuentes y visibles de este grupo son los róbalo (*Centropomus* spp.), pero también tenemos informes confiables de Jureles (*Caranx* spp.) del río Teribe, cerca de la frontera del PILA.

Mientras nómadas facultativos no son claramente esenciales para el mantenimiento de las poblaciones de estos peces en Talamanca y Bocas del Toro, pueden contribuir al tamaño total de sus poblaciones y el crecimiento de individuos. La construcción de represas en los ríos por debajo del límite del PILA podría resultar en la eliminación de 2-5 especies en estos dos géneros de la lista de la fauna para el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

- Especies "Nuevas":

Los recientes avances en los métodos taxonómicos han llevado a la división de al menos una especie de las cuencas de La Amistad. Desde 2001, en nuestro trabajo en las cuencas Sixaola/Telire y Changuinola/Teribe, hemos asignado de forma rutinaria a todos los individuos del género carácido diferente *Bryconamericus* al ampliamente distribuido *B. scleroparius*. Sin embargo nos hemos dado cuenta que Román-Valencia (2000, 2002), ha descrito una nueva y superficialmente similar especie, *Bryconamericus gonzalezi* (escrito como *gonzalezi* en Roman-Valencia, 2002) la cual parece ser endémica del este del Atlántico de Panamá (Provincia de Bocas del Toro), incluyendo las cuencas Changuinola/Teribe, además de la cuenca del Sixaola en Costa Rica. Tan cerca como se puede determinar a partir de datos publicados, los rangos de las dos especies se solapan, por lo que es muy probable que algunos de nuestros "*B. scleroparius*" de la cuenca baja del Sixaola en realidad sean *B. gonzalezi*. En Panamá, Roman-Valencia (2002) enumeran ambas especies del "Río Bongie", que suponemos es el río Bonyic (Bon), afluente del Teribe.



Cambios similares pueden eventualmente ocurrir con algunos de los géneros taxonómicamente difíciles representados en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, como *Rivulus* y *Rhamdia*. En el caso de que se produzcan dichos cambios y contribuyan a la construcción de especies con distribuciones limitadas, la amenaza de la pérdida de viabilidad de especies a través de la fragmentación, o la alteración de la posible conducta potamódroma por barreras antropogénicas tales como presas serían más graves que hasta ahora suponía.

- Especies diádromas de la Vertiente Pacífica:

La presencia en la Vertiente del Pacífico de varios de los géneros diádromos, y una de las especies encontrada en las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad se han mencionado. Si bien el límite PILA no se extiende muy por debajo de una altitud de 900 m., en esa vertiente hay menos posibilidades que las especies diádromas del Pacífico entren en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, su presencia no puede descartarse, y la susceptibilidad a la extirpación por encima de las presas, pero por debajo de las áreas protegidas es una preocupación. Esta ictiofauna es mucho menos estudiada. Rojas y Rodríguez (2008) reportan 7 especies de peces del Grande de Térraba para la cual diadromía es conocida o puede suponerse. Si tomamos el río Chiriquí como un sustituto para el Chiriquí Viejo (véase la discusión arriba) contamos con 10 tales especies de aguas que drenan la Vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Panamá (Briceño y Martínez, 1986). Basados en el conocido comportamiento y los registros altitudinales de otras cuencas, las especies diádromas más probables a encontrar en los arroyos de la cabecera de la Vertiente del Pacífico del PILA incluyen una especie conocida de la Vertiente Atlántica (*Agonostomus monticola*) y cuatro congéneres de las especies Vertiente Atlántica (*Pomadasys bayanus*, *Pomadasys panamensis*, *Awaous transandeanus* y *Sicydium salvini*).

## MACROINVERTEBRADOS

### **BENTOS:**

La fauna de macroinvertebrados de las cuencas de La Amistad ha sido relativamente poco estudiada. Las colectas más completas son aquellas realizadas por el Programa de Biomonitorio de Ríos de ANAI durante el período 2000-2009 en las cuencas Estrella y Sixaola/Telire (McLarney y Mafla, 2006b, 2008 y McLarney, et al. 2009a, 2009b), utilizando métodos de muestreo convencionales para macroinvertebrados bentónicos, complementado por un menor número de colectas realizadas en la cuenca Changuinola/Teribe por parataxónomos asociados al programa de ANAI. Durante este período, el equipo de ANAI ha identificado 17 órdenes y 108 familias en las dos cuencas. Investigaciones mucho más superficiales en la cuenca Changuinola/Teribe produjo un recuento de 12 órdenes y 40 familias. La mayoría de estas colectas han sido hechas fuera del PILA, a elevaciones de 0-200 m., siendo probable que algunos de los taxones colectados no estén presentes dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Otros trabajos relevantes en la vertiente Atlántica incluye las colectas hechas por el equipo del STRI (Lasso, et al. 2008b) en el río Changuinola y algunos de sus afluentes por encima del sitio de la presa CHAN-75 (13 órdenes, 55 familias y 94 géneros), y los estudios anteriores de Flowers (1991) quien colectó representantes de 75 taxones de insectos, muchos de ellos no identificados, pertenecientes a 9 órdenes, en la parte baja de la cuenca del Teribe.

El trabajo más relevante en la vertiente del Pacífico es el de Umaña-Villalobos y Springer (2006), quienes monitorearon 14 sitios en la cuenca del río Grande de Térraba, a altitudes de 18-1320 m., de los cuales seis estaban ubicados aguas arriba del sitio de presa Diquis. A pesar de que no hemos sido capaces de obtener conteos de taxones de este estudio, los resultados del Índice Biótico BMWP-CR, sugieren que la diversidad de taxones es comparable a la de las cuencas Estrella, Sixaola/Telire y Changuinola/Teribe de la vertiente del Atlántico en sitios de alta altitud, cerca de los límites del Sitio del Patrimonio de la Humanidad; disminuyendo gradualmente a un nivel de diversidad significativamente menor, con predominio de formas tolerantes, en los sitios muestreados a bajas altitudes.

La mejor referencia para la vertiente del Pacífico Panameño es Flowers (1991). Aunque, basado en observaciones anteriores (Flowers, 1979, 1981), documentó la virtual eliminación de la fauna bentónica de la parte alta del río Chiriquí en el área inundada por la Represa Fortuna, arroyos tributarios al Embalse Fortuna en la Reserva Forestal Fortuna produjeron 101 taxones de insectos, representados en 9 órdenes.

Además de hacer las primeras grandes colectas bentónicas de las cuencas Teribe y Chiriquí, Flowers (1991), colectó en dos áreas vecinas en el oeste de Panamá (la cuenca del río Guabo en la Reserva Forestal Palo Seco y una serie de arroyos de tierras bajas que drenan la Laguna Chiriquí entre Chiriquí Grande y Almirante). Quizás el resultado más interesante de su trabajo es la gran variabilidad entre las cuatro áreas de cuenca contiguas; "casi el 45% de los taxones fueron encontrados sólo en una de las áreas de drenaje". Esto sugiere que la fauna bentónica del área La Amistad puede ser excepcionalmente vulnerable a las extirpaciones de los limitados, impactos locales.

Como era de esperar, la gran mayoría de todos los taxa de macroinvertebrados acuáticos que han sido identificados en el área La Amistad son insectos, que no exhiben un comportamiento

diádromo. Esto no significa que este componente de la biodiversidad en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad y sus cuencas no serían afectadas por las represas aguas abajo. Existen tres áreas de interés:

- Sin lugar a dudas, la composición del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos sería drásticamente alterada y su diversidad reducida dentro de los confines de los lagos de embalse, creados por las represas en las cuencas de La Amistad. Mientras que la superficie total afectada sería relativamente pequeña, como Lasso, et al. (2008b) señalan que es probable que la mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos se presente a elevaciones medias donde la mayoría de las grandes represas están propuestas. Por lo tanto existe la posibilidad de extirpaciones localizadas de especies estrechamente endémicas.
- La estructura de ensamblajes de los macroinvertebrados bentónicos en los cauces principales del río para diversas distancias aguas abajo de represas sería inevitablemente alterada. (Véase la discusión de los efectos aguas abajo de represas, a continuación).
- El menos obvio, pero quizás más importante efecto sería la alteración de la composición de especies de macroinvertebrados bentónicos, resultando en la extirpación de camarones y peces diádromos con la que interactúa la fauna bentónica. Entre los estudios que han dilucidado los efectos de las especies diádromas de herbívoros bentónicos, camarones y peces, sobre macroinvertebrados en Centroamérica y las Antillas son los de Barbee (2002, 2004); Greathouse, et al. (2006); March, et al. (2001, 2002) y Pringle y Hamazaki (1997, 1998). La importancia de estas interacciones en el mantenimiento de la biodiversidad es discutida más adelante en la sección sobre los efectos secundarios de las extirpaciones de especies.

Es particularmente difícil evaluar o predecir la amenaza de las represas a la diversidad de insectos debido a dos factores relacionados entre sí - la enorme diversidad taxonómica de este grupo y nuestro limitado conocimiento de esa diversidad en las zonas más tropicales, incluyendo La Amistad. En el caso de insectos hay un riesgo muy real de eliminación de especies antes de que conozcamos que ellas existen.

La situación es algo menos compleja con respecto a algunos de los principales grupos de no insectos de macroinvertebrados acuáticos. Dentro de este grupo los animales más relevantes en términos de los efectos de la presa son los camarones. Con la posible excepción de especies de cangrejos y caracoles los cuales pueden existir en los tramos más bajos de los ríos principales que drenan al PILA, los únicos macroinvertebrados en la región de La Amistad que exhiben un comportamiento diádromo son los camarones de las familias Atyidae y Palaemonidae, discutidos inmediatamente a continuación. Como mostraremos en las siguientes secciones, además de su importancia numérica como contribuyentes a la biodiversidad en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, los camarones son especialmente importantes como especies "clave" que interactúan con otros animales y con el entorno físico de maneras que son críticas para mantener la integridad ecológica en los tramos superiores de las cuencas de La Amistad.

## CAMARONES:

### Descripción general:

Si la amenaza generada a los macroinvertebrados bentónicos por las represas propuestas es poco entendida y difícil de cuantificar, en el caso de los camarones Atyidos y Palemónidos (normalmente no se consideran como "bentónicos" a pesar de los hábitos de vida de la familia Atyidae) es claramente grave. Aunque Holthuis (1952) sugirió que algunas especies de *Macrobrachium* son capaces de completar totalmente sus ciclos de vida en agua dulce, por lo que se conoce todos los camarones de "agua dulce" de Mesoamérica son diádromos (principalmente anfídromos, aunque la posibilidad de catadromía existe). Como veremos en otras secciones de este informe:

1. La experiencia en otras áreas sugiere que las poblaciones de camarones diádromos podrían ser drásticamente reducidas y probablemente extirpadas por encima de las presas, incluso en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad.
2. La contribución de los camarones diádromos a la biomasa en las corrientes tropicales es poco valorada. Como Bright (1982) señaló, en algunos camarones de ríos tropicales pueden incluso considerarse como la mayoría de la producción secundaria. Este es el caso más frecuente en las islas o por encima de barreras naturales verticales, donde los peces son poco diversos o incluso inexistentes.
3. Aparte de su contribución a la producción secundaria y a la diversidad biológica a nivel de especies, los camarones diádromos desempeñan un papel clave en los ecosistemas fluviales de la zona de La Amistad. Pringle (1996) y Pringle et al. (1999) compara su función a la de los grandes terrestres "megaherbívoros" (por ejemplo, el bison de América del Norte o los rebaños mixtos de grandes mamíferos que se alimentan de hierba en las llanuras de África) definido por Owen-Smith (1992), señalando que en la cabecera de ríos se encuentran entre los animales más grandes y "funcionalmente se comportan como 'megaomnívoros'... con respecto a su impacto en vegetación de algas uni - y multicelulares, material orgánico e inorgánico, y nutrientes asociados". Su pérdida podría ser ecológicamente catastrófica.

Aquí intentaremos contar lo que se conoce sobre los camarones Atyidos y Palemónidos de las cuencas de La Amistad, a partir del reconocimiento de que son poco estudiados y pobremente conocidos. Esto se debe en parte al hecho de que los camarones son los "huérfanos" de la ecología fluvial, generalmente ignorados en los estudios de biomonitorio, si éstos son centrados en peces o macroinvertebrados bentónicos.

El único estudio del cual somos conscientes que trató inventariar camarones de agua dulce en los ríos de la Vertiente Atlántica de la zona de La Amistad es el inventario del STRI del río Changuinola y sus afluentes por encima del sitio de la represa CHAN-75. Allí Lasso, et al. (2008b) encontraron cinco especies de camarones diádromos. La gran mayoría de sus muestras (97% de los individuos) se componen de tres especies, los Palaemónidos *Macrobrachium heterochirus* y un no identificado *Macrobrachium* sp., además del Atyido *Atya scabra*. Dos especies adicionales, *Macrobrachium carcinus* (Palaemonidae) y *Potimirim* sp. (Atyidae), estuvieron presentes pero muy poco frecuentes.

En el caso del Programa de Biomonitorio de Ríos de ANAI, hemos registrado de forma rutinaria la presencia o ausencia de camarones Atyidos y Palaemónidos en nuestros muestreos de peces y macroinvertebrados (McLarney y Mafla, 2006b, 2008, McLarney, et al. 2009a, 2009b), al igual que los paratáxonomos Naso y Ngobe quienes han llevado a cabo estudios visuales en la cuenca Changuinola/Teribe y aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad (Mafla, et al. 2005; McLarney y Mafla, 2006b, 2008). En la gran mayoría de los casos, ambos grupos han registrado la presencia y a menudo la alta abundancia, de los miembros de ambas familias. Sin embargo, sólo en el año 2009 empezamos a prestar atención a los camarones en nuestros muestreos a nivel de género y especie, para la publicación de una guía de campo laminada para los camarones diádromos de Talamanca (Asociación ANAI, en prep.).

En el 2009, hicimos colectas selectivas de camarones adultos en 12 sitios de muestreo de peces de un total de 29 (dos en la cuenca Estrella y nueve en el Sixaola/Telire, más un sitio en la cuenca del Hone Creek, que no drena el PILA). Estos individuos fueron identificados hasta especie con la ayuda de Yurlandy Gutiérrez de la Universidad de Costa Rica. Basados en este estudio, identificamos cuatro especies de camarones diádromos (*Atya scabra*, *Macrobrachium carcinus*, *Macrobrachium heterochirus* y *Macrobrachium olfersi*), como habitantes definitivamente de las cuencas de la Vertiente Atlántica que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Según Gutiérrez (comunicación personal), las siguientes especies adicionales deben estar presentes: *Macrobrachium acanthurus* (principalmente limitada a los sitios cerca de la costa, donde no se colectó) y dos pequeños Atyidos (*Micratya poeyi* y *Potimirim glabra*) que probablemente fueron pasados por alto en nuestros muestreos preliminares.

Hasta hace poco no se han realizado estudios de camarones diádromos en los ríos que drenan la Vertiente del Pacífico de La Amistad. Sin embargo, entre el año 2006 y el 2008, el ICE encargó un estudio de estos animales en la cuenca del río Grande de Térraba, con muestras tomadas desde el nivel del mar, hasta una altitud de 1075 m. (Lara, 2009). Este estudio reveló la presencia de diez especies de Palaemonidae y cuatro especies de Atyidae. De estos, cuatro Palaemónidos y dos Atyids fueron encontrados en altitudes cercanas o superiores al nivel de la presa propuesta Diquis sobre el río General, afluente del Grande de Térraba. El registro más alto de presencia de un camarón fue para *Macrobrachium digueti*, encontrado hasta los 765 m.

Los siguientes son breves comentarios sobre las especies nativas de camarones Atyidos y Palaemónidos que están presentes, o pueden estarlo en las cuencas de las vertientes Pacífica y Atlántica que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, basados principalmente en las investigaciones del STRI, ANAI y el ICE más el trabajo de Cedeño-Obregón (1986), quien revisó especímenes en el Museo Nacional de Costa Rica y proporcionó la siguiente lista de especies de camarones diádromos de Costa Rica. Cabe señalar que, por razones desconocidas, Cedeño-Obregón se concentraron en los camarones grandes, y no hacen mención de los 3 géneros pequeños de Atyidos (*Jonga*, *Micratya* y *Potimirim*):

- Solo en la Vertiente Atlántica: *Macrobrachium acanthurus*, *Macrobrachium heterochirus*, *Macrobrachium olfersi*, *Macrobrachium carcinus* y *Macrobrachium crenulatum* (Palaemónidos)
- Ambas vertientes: *Atya scabra*, *Atya crassa* y *Atya innocous* (Atyidos)
- Solo la Vertiente del Pacífico: *Palaemon gracilis*, *Macrobrachium panamense*, *Macrobrachium tenellum*, *Macrobrachium digueti*, *Macrobrachium occidentale*, *Macrobrachium hancocki* y *Macrobrachium americanum* (Palaemónidos)

Fuentes suplementarias incluyen una variedad de publicaciones y documentos recogidos de Internet (citadas abajo en las especies individuales consideradas), además Page et al. (2008), quien ofreció una lista de especies Atyidos las cuales "deben" estar presentes en la Vertiente Atlántica de América Central (no necesariamente Costa Rica o Panamá), y la cual incluye tres especies que no han sido mencionadas – *Potimirim mexicana*, *Potimirim potimirim* y *Jonga serrei*, éste último aparece como "poco frecuente".

Para cada especie discutimos, dentro de las limitaciones planteadas por la información disponible, la probabilidad de que esté presente en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Consideramos que cualquier especie de la Vertiente del Atlántico que haya sido documentada a elevaciones superiores a 100 m. (el cual incluye todos los sitios monitoreados por el equipo del STRI) tiene una buena oportunidad de ser encontrados en el PILA. También incluimos notas sobre la preferencia de hábitat, razonando que una preferencia por gradientes altos y ríos rocosos hace más probable que una especie diádroma penetre a elevaciones más altas.

#### ATYIDAE – VERTIENTE DEL ATLÁNTICO:

*Atya inocous* (Camarón cesta) ha sido reportado de un área a baja altitud en las cuencas de La Amistad - el río Sixaola en California, en el Humedal Ramsar San San/Pondsak (Panamá) (Global Biodiversity Information Facility, 2009). *A. inocous* es un generalista el cual habita en ríos rápidos y rocosos, así como los ríos costeros de baja gradiente (Felgenhauer y Abele, 1983; Fievet, 1999; Fryer, 1977). Se ha reportado a alturas de hasta 800 m. en Guadalupe (Fievet, 1999; Fievet, et al. 2001a; Fryer, 1977) y a más de 1.000 m. en el río Bayano, Panamá, antes del levantamiento de la represa de Bayano (Felgenhauer y Abele, 1983). Es una de las especies diádromas reportadas como fuertemente afectada por las represas en Puerto Rico (Holmquist, et al. 1998).

*Atya scabra* (camarones camacuto o burra) es probablemente el Atyido más ampliamente distribuido, habitando en los océanos Atlántico y Pacífico. En agua dulce, es característico de los flujos más rápidos en ríos rocosos y es encontrado en las altas cabeceras de quebradas pequeñas (Darnell, 1956; Fryer, 1977; Fievet, et al. 2001b; Palacios Sánchez, et al. 2007). Es conocido a alturas de al menos 150 m. en Guadalupe (Fievet, 1999; Fievet, et al. 2001a) y 800 m. en las cuencas del Caribe Colombiano (Escobar, 1979). En la región de La Amistad, *A. scabra* está documentado por encima del sitio de la represa CHAN-75 en Panamá (Lasso, et al. 2008b), dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en la cuenca Sixaola/Telire de ambos países a altitudes de hasta 182 m. y en al menos algunas quebradas rápidas de la cuenca Estrella (ANAI, datos no publicados).

*Jonga serrei*: Mientras Page, et al. (2008) indicó que *J. serrei* debería estar presente en la costa Atlántica de América Central, no hemos podido tener ningún registro. Fievet (1999) encontró que es una especie de aguas turbias en Guadalupe, donde no suele ascender a más allá de 20 m. de altitud. Por lo tanto, aunque puede estar presente en las cuencas del Atlántico de la zona de La Amistad, es probable que no se vieran directamente afectadas por la construcción de represas.

*Micratya poeyi* (Burrita), descrita por Fryer (1977) como "un *Atya* miniatura", está presente en Talamanca, de acuerdo con Gutiérrez (comunicación personal), pero hasta ahora sólo la hemos encontrado cerca de la costa en la cuenca de Hone Creek, que no drena La Amistad. Es característica de quebradas pequeñas y de corriente rápida (Fievet, 1999; Fryer, 1977,) y ha sido reportada a altitudes de hasta 250 m. en Guadalupe (Fievet, 1999; Fievet, et al. 2001a). Ambos Fievet (1999, 2000) en Guadalupe

y Holmquist, et al. (1998) en Puerto Rico, reportan *M. poeyi* como una especie afectada por la construcción de presas.

*Potimirim glabra*, *Potimirim mexicana* y *Potimirim potimirim*: Las tres especies de *Potimirim* posiblemente encontradas en las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad son discutidas juntas porque es más frecuente encontrar "*Potimirim* sp." en la literatura que referencias a especies en particular. Hasta ahora la única documentación para un *Potimirim* sp., en las cuencas de La Amistad es la de Lasso, et al. (2008b), para varios individuos de una especie no identificada de la cuenca Changuinola por encima del sitio de la represa CHAN-75. *P. glabra* es reportada por Fievet (1999) por preferir aguas de corriente media a rápida sobre sustratos rocosos en Guadalupe, y Lasso, et al. (2008b) encontró *Potimirim* sp. sólo en el cauce principal del río Changuinola, pero Abele y Blum (1977) la considera de hábitos generalistas, encontrándola tanto en aguas corrientes como en aguas estancadas en el archipiélago de Perlas en Panamá (Océano Pacífico). Fievet (1999) y Fievet, et al. (2001a) encontró *P. glabra* a altitudes de hasta 250 m. y *P. potimirim* de hasta 100 m. en Guadalupe. Holmquist, et al. (1998) encontró que *P. glabra* y *P. mexicana* fueron fuertemente afectadas por las represas en Puerto Rico.

Cedeño Obregón (1986) reportó una especie adicional de Atyido, *Atya crassa*, de la Vertiente Atlántica de Costa Rica, pero no hemos sido capaces de encontrar ningún registro, dentro o fuera de las cuencas de La Amistad.

#### PALAEEMONIDAE – VERTIENTE DEL ATLÁNTICO:

*Macrobrachium acanthurus* (camarón de río o camarón canela de río) está presente en Talamanca, según Gutiérrez (comunicación personal) y ha sido documentada por el equipo de ANAI en la cuenca del Hone Creek, pero aún no en las cuencas de La Amistad. Esto puede ser debido a su aparentemente restringido hábitat en los tramos inferiores de los ríos, cerca del mar. Fievet (1999) no la reportó por encima de 5 m. de altitud. Gamba (1982) encontró *M. acanthurus* a distancias considerables del mar en Venezuela, pero nunca a altitudes superiores a 20 m. Del mismo modo, en Nuevo León, México Almaraz y Campos (1996) encontraron esta especie en distancias de hasta 360 km. por encima de la costa, pero no a gran altura. *M. acanthurus* ha sido reportada de la Provincia de Bocas del Toro (río San Pedro) (Global Biodiversity Information Facility, 2009), pero no de las cuencas de La Amistad.

*Macrobrachium carcinus* (camarón de río de gran garra o langostino) es el camarón más grande de agua dulce del Caribe y América Central, y es frecuentemente consumido por los nativos de la región. Ha sido documentado para las tres principales cuencas de la Vertiente Atlántica que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad (Estrella, Sixaola/Telire y Changuinola/Teribe), incluso dentro del PILA en la cuenca Sixaola/Telire de Costa Rica y Panamá (ANAI, datos no publicados) a altitudes de hasta 182 m., y por encima del sitio de la represa CHAN-75 en Panamá (Lasso, et al. 2008b). Ha sido reportado a altitudes superiores a 600 m. en Guadalupe (Fievet, 1999; Fievet, et al. 2001a). Bowles, et al. (2000), ha documentado *M. carcinus* a distancias de hasta 320 km. del mar en Texas, y considera que tiene una considerable capacidad para subir las represas de "pequeños embalses de liberación superficial, particularmente aquellos que están agrietados y con fugas", pero no pueden eficazmente salvarse en embalses de liberación de fondo que son el tipo de embalses que normalmente se construye hoy en día.

*Macrobrachium crenulatum* ha sido documentado de tres sitios en los drenajes ubicados al este del río Changuinola en la Provincia de Bocas del Toro (Global Biodiversity Information Facility, 2009), pero hasta ahora no ha sido reportada en Costa Rica o en los drenajes de La Amistad de Panamá. Fievet

(1999) lo reporta de alturas de hasta 200 m. en Guadalupe, donde habita en piscinas, áreas poco profundas y rocosas.

*Macrobrachium heterochirus* (camarón de bandas o langostino de cascadas de río) ha sido reportado de la cuenca Sixaola/Telire en Costa Rica y Panamá, incluyendo los lugares dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad (ANAI, datos no publicados) de hasta 182 m., y de la cuenca Changuinola por encima del sitio de la represa CHAN-75 (Lasso, et al. 2008b), donde fue el camarón más abundante en los muestreos del equipo del STRI. Anteriormente se había conocido de tres sitios en la cuenca Changuinola/Teribe por debajo del sitio de la represa CHAN-75. Parece preferir altos gradientes, con el límite superior de su distribución impuesto por su incapacidad para soportar quebradas que se secan durante períodos de sequía (Hunte, 1978). Ha sido reportado a una altura de 450 m. en Guadalupe (Fievet, 1999), 470 m., en Venezuela (Abele y Kim, 1989; Gamba, 1982), y 535 m. en Veracruz, México (Mejía-Ortiz, et al. 2001). AES y MWH (2009) citan su presencia en el Lago Gatún, Panamá como prueba de su adaptabilidad a adaptarse a condiciones adversas; sin embargo como parte del Sistema del Canal de Panamá el Lago Gatún es muy poroso a migrantes marinos, y esta afirmación debe ser descartada.

*Macrobrachium olfersi* (camarón Popeye o camarón de cerdas de río) ha sido reportado del cauce principal del río Changuinola y tres de sus tributarios por debajo del sitio de la represa CHAN-75 (Global Biodiversity Information Facility, 2009), aunque hasta ahora no de arriba de ese punto, cerca de la frontera del PILA. Sin embargo, el equipo de biomonitorio de ANAI (datos no publicados) la ha encontrado en cuerpos de agua corriente rocosos de las cuencas Estrella de Costa Rica y binacional Sixaola/Telire a elevaciones de casi 100 m. Si bien todavía no la hemos documentado para el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, se tienen registros de unos pocos km. por debajo del límite del PILA en el río Tscui (Costa Rica) y el río Dacle (Panamá). Gamba (1982) reportó *M. olfersi* a altitudes de hasta 140 m. en Venezuela.

Numerosos individuos de un *Macrobrachium* sp. no identificado reportados de la cuenca Changuinola por encima del sitio de la represa CHAN-75 (Lasso, et al. 2008b), probablemente pertenecen a una de las especies mencionadas anteriormente. (La identificación de camarones Palemónidos juveniles y adultos pequeños puede ser difícil o imposible).

Basados en la información disponible, consideramos que en la Vertiente Atlántica en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad los Palaemónidos *Macrobrachium acanthurus* y *Macrobrachium heterochirus*, posiblemente más *Macrobrachium crenulatum* y *Macrobrachium olfersi* están amenazados por la construcción de las represas. La lista es comparable para los Atyidos que incluyen *Atya inocous*, *Atya scabra*, *Micratya poeyi* y al menos 2 de los 3 *Potimirim* spp.

#### ATYIDAE – VERTIENTE DEL PACÍFICO:

Lara (2009) enumera las siguientes especies para la cuenca del Grande de Térraba, con la altura máxima a la que cada uno ha sido encontrado:

*Atya inocous* – 65 m.

*Atya margaritacea* – 465 m.

*Atya scabra* – 65 m.

*Potimirim glabra* – 135 m.



Lara encontró que todas las especies de Atyidos están asociadas en cierto grado a sustratos rocosos, y no encontró ninguno abundante. Entre los Atyidos, él distinguió *A. inocous* por preferir agua de alta calidad. (Tomamos nota de que Hobbs y Hart, 1982, citado por Lara, 2009, considera que *A. margaritacea* como un sinónimo de *A. scabra*. Sin embargo, seguimos a Lara en el tratamiento de las dos especies como distintas.) Page, et al. (2008) también lista *Atya crassa* como presente en la costa del Pacífico de América Central, pero no hemos podido encontrar ninguna referencia para esta especie en la zona de La Amistad.

#### PALAEMONIDAE – VERTIENTE DEL PACÍFICO:

Lara (2009) enumera las siguientes especies nativas de *Macrobrachium* de la cuenca del Grande de Térraba, con la altura máxima a la que cada uno ha sido encontrado:

*Macrobrachium americanum* – 550 m.

*Macrobrachium digueti* – 765 m. 58

*Macrobrachium hancocki* – 110 m.

*Macrobrachium occidentale* – 625 m.

*Macrobrachium panamense* – 125 m.

*Macrobrachium rathbunae* – 85 m.

*Macrobrachium tenellum* – 135 m.

*Macrobrachium americanum* (camarón del río Cauque) y *Macrobrachium hancocki* cada uno han sido documentados de dos sitios en la cuenca del Chiriquí Viejo, el cual drena la parte Panameña de la Vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad (Global Biodiversity Information Facility, 2009). Lara (2009) asoció *M. rathbunae* y *M. tenellum* con sustratos de barro y arena, *M. digueti* con raíces y vegetación sumergida y otras especies de *Macrobrachium* con sustratos rocosos. Él asocia a *M. hancocki* con agua de buena calidad.

La lista es completada por los nativos *Palaemon gracilis* y *Palaemon hancocki*, además de *Macrobrachium rosenbergi*, nativa de la región Indo-Pacífico, e introducida a Costa Rica, para fines de acuicultura (Howell, 1985). Las tres especies parecen limitarse a la costa (Lara, 2009); si este es el caso, no se verían directamente afectados por la construcción de las represas.

#### RESUMEN:

Las probables consecuencias en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad de las represas sobre los camarones diádromos es que sean más severas en la Vertiente Atlántica, debido a razones geográficas disponiendo una probable diversidad más alta de especies de camarones en el PILA en la Vertiente Atlántica (aquí vamos a hacer el conveniente, pero no necesariamente correcto supuesto de que ninguna de las especies de camarón además de las descritas aquí serán descubiertas en las cuencas de La Amistad).

El número probable de especies de camarones diádromos en las cuencas de la Vertiente Atlántica de la Amistad es de doce, incluyendo siete Atyidos y cinco Palaemónidos, pero podría ser tan sólo nueve, a la espera de documentación segura de *Jonga serrei* y la correcta identificación de hasta tres *Potimirim* spp. De estos, cuatro han sido documentados de forma segura en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, y otros cuatro son altamente probables, basados en la documentación de cerca de la frontera del PILA y la conocida distribución altitudinal de otras localidades. De nuevo a la espera de la

identificación de las especies de *Potimirim* spp., el número total de especies de camarones diádromos que habitan el sector de la Vertiente Atlántica del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, y por lo tanto enfrentan al menos una drástica disminución de la población, y extirpaciones probables, dentro y debajo del límite PILA es de ocho a diez. (Dos especies, *Jonga serrei* y *Macrobrachium acanthurus* son probablemente limitados a bajas alturas y no se verían directamente afectados por la construcción de las presas).

Se discuten catorce especies nativas de camarones diádromos (cuatro Atyidos y diez Palaemónidos) reportados de la cuenca del Grande de Térraba, que drena la Vertiente del Pacífico del PILA en Costa Rica. Sólo dos de ellas están documentadas de las cuencas que drenan al PILA en la Vertiente del Pacífico de Panamá, pero la mayoría o todas pueden estar presentes allí. De las catorce especies de la Vertiente del Pacífico, siete (*M. americanum*, *M. digueti*, *M. occidentale*, *M. panamense*, *M. tenellum*, *A. margaritacea* y *P. glabra*) están reportadas de arriba del sitio de la presa Diquís en el río General, donde probablemente se enfrentarían a la extirpación local si se construye la presa. Todas estas especies excepto *M. panamense* y *M. tenellum* también fueron documentadas para la cuenca del Coto Brus (Lara, 2009).

## EFFECTOS SECUNDARIOS DE LAS EXTIRPACIONES DE LAS ESPECIES O DRÁSTICA DECLINACIÓN DE LA POBLACIÓN POR ENCIMA DE LAS PRESAS

El efecto biológico más obvio de represar los ríos de la zona de La Amistad por debajo de los límites del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, y la que más claramente contraria a los fines de conservación, para los cuales se establecieron los dos Parques Nacionales La Amistad, sería una simple pérdida numérica de la biodiversidad. Como lo hemos mostrado anteriormente, sólo en la Vertiente Atlántica por lo menos ocho especies de peces y ocho especies de camarones diádromos se ven gravemente amenazados con eventos de extirpación múltiple en las cuencas Changuinola, Telire, Estrella y Banano. En la Vertiente del Pacífico, un número desconocido de especies de peces y camarones han sido presumiblemente extirpados de la cuenca Chiriquí Viejo (y posiblemente Chiriquí) por la construcción de represas llevadas a cabo antes de que los científicos, conservacionistas y residentes locales comenzaran a cuestionar la conveniencia de construir embalses en los ríos aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Un número similar de especies se encuentran amenazadas en la cuenca del Grande de Térraba, por debajo, y posiblemente en el Parque Nacional La Amistad. Mientras tomado por sí sola la pérdida de estos animales, y la alta proporción del total de la biomasa animal que representa en una significativa porción (potencialmente la gran mayoría) del Sitio del Patrimonio de la Humanidad podría ser catastrófica, es fundamental para la ciencia de la ecología que "todo esté conectado" - que en este caso implica que las consecuencias de extirpaciones de especies múltiples, no pueda ser considerada de forma aislada. Aunque la naturaleza y el alcance de estos efectos no pueden predecirse con precisión, y no hay estudios pertinentes de las cuencas de La Amistad de sí mismos, tenemos suficiente información de otras áreas para predecir las líneas generales de lo esperado, y aún más drástico, cambio con confianza.

### Relación predador – presa:

En cuanto a los carnívoros superiores (principalmente peces, incluyendo *Anguilla rostrata*, *Pomadasys crocro* y *Gobiomorus dormitor*) los inminentes efectos de extirpaciones son fáciles de predecir - la proliferación de especies presa, notablemente aquellos peces más pequeños que en la actualidad (con la excepción de los caracinos *Bryconamericus*) parecen constituir una pequeña parte del número de peces y biomasa en el PILA. La eliminación de *A. rostrata*, *P. crocro* y *G. dormitor* del sistema podría ser parcialmente compensada en el sentido de que se facilite el incremento de piscivoría por los relativamente pocos peces grandes no diádromos presentes en PILA (principalmente los bagres *Rhamdia*, pero posiblemente también incluyendo a *Astatheros bussingi*). Incluso en ausencia de este efecto de compensación, el impacto global de eliminación de depredadores en PILA podría probablemente ser menor comparado con los fenómenos bien conocidos en otras partes del mundo (por ejemplo, la cosecha selectiva de peces depredadores para el consumo humano, por la sencilla razón de que la abundancia de los carnívoros superiores en los ríos del área de La Amistad situado a alturas de más de 100 metros es relativamente baja).

### Frugívoros:

Antes de seguir con la evaluación de los omnívoros y herbívoros, un caso especial amerita consideración:

La potamódroma Machaca (*Brycon guatemalensis*) es conocida en la Vertiente Atlántica de la región La Amistad sólo en el norte de las cuencas del Parque Nacional Cahuita (en el contexto actual, Estrella, Banano y Matina/Chirripó). Su menos conocido congénere *Brycon behrae* habita en las

cuenca de la Vertiente del Pacífico de La Amistad. Ambas especies, pero especialmente *B. guatemalensis*, son conocidas por ser frugívora en estado adulto (Bussing, 1998). La investigación de Horn (1977) y Banack, et al. (2002) en la cuenca del Sarapiquí del Atlántico norte de Costa Rica demostró que *B. guatemalensis* desempeñó un papel crítico en la dispersión de semillas de árboles, particularmente los higos del género *Ficus*, aguas arriba y abajo de su punto de origen. Horn calculó "un estimado de más de la mitad de un billón de semillas dispersadas por año por la población de Machacas a lo largo de un tramo de 6 km. del río Puerto Viejo". Resultados similares fueron reportados por Rey, et al. (2009) para *Brycon hilarii*, el cual fue encontrado por ser el responsable del 50% de la dispersión de semillas para 8 especies de árboles a lo largo de un río en el oeste de Brasil. Por lo tanto, la posible extirpación de *B. guatemalensis* por encima de las represas en la cuenca Estrella podría resultar en alteraciones a los ecosistemas forestales terrestres en una parte muy poco estudiada del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

#### Omnívoros, herbívoros and detritívoros:

##### Consideraciones generales:

Debido a que en el trópico los peces y camarones son normalmente los principales consumidores de material vegetal alóctono (caída de hojas y frutas) y autóctono (algas), un papel generalmente desempeñado por insectos en ecosistemas templados, la mayoría de los efectos de largo alcance de extirpación o reducción drástica en las poblaciones de animales diádomos en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad podría ser el resultado de la pérdida de miembros de las a menudo superpuestas categorías de omnívoros, herbívoros y detritívoros, incluyendo *Agonostomus monticola*, *Joturus pichardi*, *Sicydium* spp. y posiblemente *Gobiesox nudus* entre los peces, además de todos los de los camarones (todos los Atyidos son claramente detritívoros; mientras que muchos de los Palaemonidos funcionan oportunísimamente como carnívoros, son mejor considerados como omnívoros).

Si este conjunto de peces y camarones son extirpados por encima de las presas en el área de La Amistad, el efecto percibido de manera más inmediata sería la ausencia de los peces Mugilidos *A. monticola* y *J. pichardi*, especies grandes y fácilmente observadas de gran valor a nivel local como alimento. Sin embargo, la pérdida de los gobios *Sicydium* y los camarones sería de mayor alcance, por la sencilla razón de que estos animales habitan en los arroyos de gran altura por encima de las barreras naturales (cataratas), donde incluso los Mugilidos, saltadores prodigiosos naturalmente adaptados a la vida en las corrientes torrenciales, no han penetrado. Así, en términos de área de cuenca ocupada, son de lejos los animales acuáticos de gran tamaño relativamente dominantes en la región de La Amistad.

A continuación vamos a describir los resultados de las investigaciones que dilucidaron el papel funcional de los peces y camarones herbívoros y detritívoros en los ecosistemas de aguas corriente similares a los del área La Amistad, y se resumen de los efectos probables de la eliminación de estos animales de las partes de la cuenca de La Amistad, especialmente dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Parte de nuestra tesis general fue escrita sucintamente por Greathouse y Compton (2007): "Cuando esta fauna experimenta disminuciones debido a actividades humanas tales como la construcción de presas, pueden haber efectos dramáticos sobre los productores primarios y permanente acumulación de materia orgánica." A lo que podríamos añadir que la investigación citada aquí (Barbee, 2002; Greathouse, et al. 2006a; March, et al. 2001, 2002 y Pringle y Hamazaki, 1997, 1998) sólo ha empezado a raspar la superficie de los efectos sobre la fauna acuática y terrestre asociada.

### Efectos en ríos de altas altitudes:

La discusión que sigue se centrará en los efectos que, en el área de La Amistad, podrían probablemente ser los más profundos en zonas por encima de barreras naturales (cataratas) cerradas a la migración de animales diádromos diferentes a *Sicydium* y camarones, los cuales pueden subir superficies verticales. En la Vertiente del Atlántico, tales barreras pueden ser encontradas a elevaciones desde por debajo de las altitudes más bajas en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad (cerca de 90 m.) hasta más de 1500 m. en algunas cuencas. En la Vertiente del Pacífico gran parte del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Costa Rica está por encima de esas barreras naturales; las altitudes más bajas a lo largo de la frontera del Parque Nacional La Amistad están alrededor de 900 m. El tratamiento de las barreras naturales relacionadas con el área correspondiente en Panamá es discutible, ya que las barreras antropogénicas han probablemente eliminado cualquier fauna diádroma allí.

Aunque la presencia de camarones y peces diádromos está bien documentada para la cuenca del Grande de Térraba por debajo de los 900 m, incluyendo en tres reservas indígenas, la cuestión podría plantearse en cuanto a si cualquier animal diádromo asciende hacia el Sitio de Patrimonio de la Humanidad en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. El hecho es que no sabemos, y la literatura publicada, complementada por nuestras propias observaciones, produce conocimiento fragmentario:

- La altura máxima hasta ahora reportada para un camarón diádromo en la Vertiente del Pacífico del área La Amistad es 765 m., para el Palaemónido *Macrobrachium digueti* en la cuenca del Grande de Térraba (Lara, 2009). Sin embargo, Lara (comunicación personal) considera que los camarones pueden ser eventualmente encontrados a elevaciones más altas.
- *Atya inocous*, conocida de las dos vertientes del área La Amistad, fue registrada por encima de 1.000 m. en el río Bayano, Panamá antes de la construcción de la represa de Bayano (Felgenhauer y Abele, 1983).
- Parataxónomos asociados con ANAI reportaron observaciones de *Sicydium* y otros peces diádromos en abundancia a elevaciones de alrededor de 400-500 m., en la cuenca del Río Uren de Costa Rica (comunicación personal, M. Bonilla). Bussing (1998) reporta *Sicydium altum* a alturas de por lo menos 1.180 m. en otras partes de Costa Rica.
- El gobio *Awaous* no parecen tener la capacidad de escalar comparable a *Sicydium*, y *A. banana* de la Vertiente Atlántica del área de La Amistad y *A. transandeanus* de la Vertiente del Pacífico son reportadas sólo hasta los 300 y 120 m. respectivamente (Bussing, 1998). Sin embargo, *A. staminus* es reportada a altitudes de más de 500 m. en Hawaii (Ego, 1956). El registro de Ego es de un sitio a sólo 13 km. del océano, lo que sugiere que *A. staminus* es capaz de moverse río arriba en gradientes extremadamente altos, con probables barreras verticales. De esta manera nos reservamos la posibilidad de que *A. transandeanus* puede eventualmente ser encontrado en aguas de la Vertiente del Pacífico del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.
- Bussing (1998) reporta *Agonostomus monticola* a alturas de hasta 650 m. en otras partes de Costa Rica.
- La altitud más alta reportada para un pez en Costa Rica pertenece a una especie no diádroma, *Rivulus isthmensis*, el cual ha sido registrado a 1.500 m. en otras partes del país

(Bussing, 1998). (Dado que esta especie, que se encuentra a lo largo de las cuencas de la Vertiente Atlántica de La Amistad, con varios congéneres en la Vertiente del Pacífico, es también encontrada a nivel del mar, y se conoce que se dispersa a través de los sistemas fluviales durante eventos de tormenta, la fragmentación de su distribución por las presas puede ser una amenaza).

El punto de citar todos estos datos es hacer hincapié en que no podemos predecir la ocurrencia de altitud máxima de ninguna de las especies capaces de superar las barreras verticales. Por razones obvias y comprensibles, son pocos los inventarios biológicos que se han llevado a cabo en sistemas fluviales de altas altitudes del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad y sus alrededores. Hasta que se disponga de datos de sitios de gran altura por encima de las barreras, es prudente pensar en términos de acceso en la evaluación de las amenazas de la presa en alguna de las dos vertientes; cualquier gran presa en un cauce principal de un río (y muchas presas pequeñas) impedirá el acceso de animales diádomos a toda la la cuenca aguas arriba.

Mientras omnívoros, herbívoros y detritívoros diádomos y no diádomos indudablemente tienen un papel importante que desempeñar en la función de los ecosistemas fluviales en todas las altitudes, juegan un papel clave en los sistemas pobres de peces de ríos rápidos y de gran altura. El papel de los camarones Atyidos es particularmente importante en estos sitios, donde los peces depredadores son generalmente ausentes y sus otros potenciales depredadores acuáticos de envergadura, los camarones omnívoros Palemónidos, están presentes en números reducidos. Si bien las citas que siguen se basan en una variedad de taxones en un amplio rango de altitudes el énfasis, en términos del trabajo citado, pero también en términos de sus implicaciones para el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, será en altas altitudes y aquellos animales (camarones y gobios *Sicydium*) que son claramente capaces de superar barreras verticales naturales.

En términos muy generales, los efectos de los omnívoros, herbívoros y detritívoros bentónicos en los ríos pueden ser agrupadas en cinco categorías. Estos animales pueden actuar en 1) la dinámica de los sedimentos, 2) descomposición de la materia vegetal alóctona, 3) química del agua y del sustrato, 4) diversidad y biomasa de algas y 5) estructura del ensamble de macroinvertebrados bentónicos. Cada una de estas categorías será tratada por separado más adelante. Dado que ninguna de las investigaciones relevantes se ha hecho en las cuencas de La Amistad, y muy poco en Mesoamérica, la mayoría de los fenómenos reportados serán de otras áreas, en particular Puerto Rico, donde los ensambles de peces y camarones de aguas corriente son muy similares con la notable excepción de que todos los peces nativos de "agua dulce" en Puerto Rico son diádomos. La investigación en arroyos de zonas templadas a veces ha contradecido la mayoría de las conclusiones presentadas aquí (Feminella y Hawkins, 1995; Steinman, 1996). Sin embargo, se sostiene ampliamente que la dinámica de los ríos tropicales, que tienden a ser dominados por omnívoros, es muy diferente en lo que se refiere al procesamiento de los materiales orgánicos e inorgánicos alóctonos. Por lo tanto, vamos a discutir sólo los trabajos realizados en los trópicos.

1. Dinámica de los sedimentos: Dentro del primer trabajo que muestra una relación causal entre los animales bentónicos y la dinámica del sedimento fue el de Power (1984, 1990), quien demostró que el pez gato loriciado herbívoro *Ancistrus spinosus* intencionalmente limpió sedimentos de partes de sustratos de ríos en el oeste de Panamá. Flecker (1996) encontró "aumentos muy significativos" en la acumulación de sedimentos en los ríos de las estribaciones andinas de Venezuela cuando el pez carácido herbívoro *Prochilodus mariae* fue excluido. Barbee (2002) trabajando en un

pequeño río en el oeste-central de Costa Rica, encontró que la densidad de *Sicydium salvini* era "inversamente proporcional con el limo tanto en rápidos como en pozas". Ella reconoció que esto puede simplemente reflejar la evitación de hábitat de sedimentos, pero hipotetizó que esto demuestra que "herbívoros" reducen los niveles de sedimento. Greathouse (comunicación personal, citado en Greathouse y Pringle, 2005) señaló que en un río en Puerto Rico, por debajo de una cascada donde los peces depredadores redujeron las poblaciones de *Sicydium plumieri* "gruesas capas de sedimentos finos se producen sobre las rocas en las pozas", mientras que "rocas en pozas por encima de la cascada están limpias".

El primer trabajo publicado que sugiere que los camarones también afectan a la dinámica de sedimentos fue el de Pringle y sus asociados en Puerto Rico. Pringle, et al. (1992) observó que "Cuando sustratos se incuban en áreas excluidas de camarones por dos semanas estaban ubicados fuera de las jaulas, los camarones Atyidos removieron el 100% de la cubierta de sedimentos dentro de un período de observación de 30 minutos". Posteriormente, Pringle y Blake (1994) encontraron que "los experimentos de exclusión de camarones sufrieron la acumulación lenta y constante de los sedimentos bajo condiciones de flujo base y un gran incremento escalonado en el peso de sedimentos después de una tormenta. El sedimento acumulado no era medible en la presencia de densidades naturales de camarones bajo condiciones de flujo base. Los camarones eliminan rápidamente los sedimentos acumulados durante la tormenta". Otros investigadores en Puerto Rico (Crowl, et al. 2001; Greathouse y Pringle, 2005; March, et al. 2002; y Pringle, 2005) verificaron sus conclusiones experimentales.

Posteriormente, Greathouse, et al. (2006a, 2006c) estableció que en los mismos ríos de Puerto Rico, bajo condiciones naturales de deposición de sedimento fue mayor en las pozas por encima de las represas donde los animales diádromos habían sido extirpados y que si bien "en los sitios sin grandes represas, las inundaciones pueden dar lugar a la deposición temporal de materiales finos" que camarones eran capaces "de remover estos materiales en menos de un día después de regresar al caudal base" mientras que los procesos naturales en ausencia de camarones tomaron mucho más tiempo.

Sin embargo, en un río situado en una isla del sur de Brasil, Silveira y Moulton (2000), Silveira (2002) y Moulton, et al. (2004) concluyeron que "Camarones (*Macrobrachium olfersi* y *Potimirim glabra*) por sí mismos aparentemente no remueven. . . sedimentos en nuestro sistema". Moulton, et al. (2004) atribuyó este sorprendente resultado a su selección de hábitat de aguas no profundas y rápidas para sus experimentos, mientras que los estudios experimentales previos habían sido realizados en aguas más profundas, mayormente pozas, donde la acumulación de sedimentos naturales en la ausencia de vida animal sería mayor. Sin sugerir cualquier mecanismo causal, también podríamos señalar que aunque los estudios Brasileños se llevaron a cabo cerca del nivel del mar, todos los otros estudios citados aquí (con la excepción del trabajo de Barbee, 2002, situado a 50 m. de altura) fueron llevados a cabo en elevaciones relativamente altas, más cercano a las correspondientes condiciones en las zonas de las cuencas de La Amistad potencialmente afectadas por las represas.

Los peces bentónicos y camarones Palemónidos perturban los sedimentos, intencionadamente o no, y así influyen en las tasas de deposición de sedimentos. Sin embargo, los camarones Atyidos están adaptados para excavar en los sustratos de grava, y por lo tanto presumiblemente mucho más efectivos como bioturbadores (Pringle, et al. 1992), cuya actividad de excavación puede dar lugar no sólo en re-suspender los sedimentos superficiales, sino en el lavado de materiales finos de los intersticios del lecho del río. La extirpación de los peces y camarones diádromos de las cuencas altas de los ríos en el área La Amistad eliminaría efectivamente la mayoría de los bioturbadores, resultando en una mayor retención

de los sedimentos acumulados en altitudes elevadas, con impredecibles pero significantes efectos en los patrones de sedimentación, la dinámica del canal y las interacciones bióticas tanto dentro como aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

2. Descomposición de material vegetal alóctono: Esta es el área donde las diferencias reales y supuestas entre la dinámica de las corrientes tropicales y su contraparte más profundamente estudiada templada son a menudo más citadas. Bass (2003a), citando a Bass (2003b), Dudgeon y Wu (1999), Ramírez y Pringle (1998), y Turner (2003), resumió la opinión predominante "que la descomposición de la hojarasca, facilitada por trituradores en los ríos templados, en ríos tropicales se debe en gran medida por los microbios". Irons et al. (1994), justificó este sobre la base de que "la alta temperatura constante de los trópicos estimuló a la hojarasca a descomponerse a través del aumento y continua actividad microbiana". Esta opinión es apoyada por la relativa escasez de los insectos bentónicos, y el tamaño típicamente más pequeño de los insectos, en ríos tropicales. Sin embargo, tal vez no tienen en cuenta la condición de los ríos de altas altitudes, como muchos de los que hay en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, donde grandes trituradores (camarones *Atyidos*) pueden ser una de las formas dominantes de vida bentónica.

Crowl, et al. (2001), reconoció la escasez de estudios sobre "el papel y la importancia del tratamiento del detrito en las latitudes tropicales", citando Dudgeon (1982) y Gessner y Schwoerbel (1989) en apoyo de la idea de que el "proceso microbiano es rápido en los ríos tropicales debido a la alta temperatura ambiente, potencialmente resultando en un papel menos importante para macroinvertebrados como insectos y camarones". Sin embargo, ellos también prologaron su propio trabajo con los camarones *Atya lanipes* y *Xiphocharis elongata* en una quebrada de Puerto Rico señalando la falta de datos experimentales sobre trituradores en los ríos tropicales.

El trabajo experimental de Crowl, et al. (2001) y March, et al. (2001) en Puerto Rico, estableció la importancia de los camarones, tanto trituradores (*Atyidae*) y raspadores/filtradores (*Xiphocarididae* y *Palaemonidae*) en la aceleración de las tasas de descomposición de las hojas en grandes alturas de ríos tropicales. Rosemond, et al. (1998), trabajando a elevaciones más bajas en el norte del Atlántico de Costa Rica, amplió la lista de macroconsumidores para incluir peces, señalando que "en ríos tropicales, macroconsumidores pueden jugar un papel análogo al de los insectos trituradores en muchos ríos templados por la aceleración de las tasas de descomposición de las hojas". Crowl, et al. (2001), Greathouse y Pringle (2005), y Pringle, et al. (1999) coincidieron en que los camarones afectan las tasas de descomposición de las hojas.

Greathouse y Pringle (2005) trataron de sintetizar los puntos de vista como los que acabamos de citar, aplicando el Concepto del Continuum del Río (Vannote, et al. 1980) (RCC) a los ríos Puertorriqueños. Señalaron que el RCC predice que "la proporción de la biomasa total de macroinvertebrados atribuible a trituradores disminuye aguas abajo debido a la disminución en la disponibilidad de partículas gruesas de materia orgánica", y ha encontrado esta predicción aplicable a sus ríos.

Si tenemos en cuenta estas observaciones en el contexto del área de La Amistad, ellas resultan ser en gran medida aplicables. A elevaciones más bajas, las partículas de material grueso pueden ser relativamente escasas y la abundancia de trituradores es de baja a moderada. La escasez de partículas de material grueso parece ser en gran medida debido a la abundancia de camarones, particularmente trituradores (*Atyidae*) por encima de las barreras naturales donde los depredadores de camarón están en grandemente ausente. Así podemos predecir que la extirpación de camarones diádromos de los



arroyos del área de La Amistad tendría efectos drásticos en los ecosistemas, a través de la alteración de la dinámica de la transformación de los materiales derivados de los bosques en todas las alturas, tanto dentro como aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

3. Química del agua y del sustrato: La mayoría de las determinaciones químicas asociadas con los estudios revisados aquí han sido periféricos, o han tenido que ver con la clorofila-a, discusión de la cual propiamente pertenece a la siguiente sección de algas. Sin embargo, unos pocos estudios han investigado la química del carbono y nitrógeno en situaciones con y sin camarones.

Crowl, et al. (2001) determinó que en un río de Puerto Rico el carbono orgánico disuelto (DOC) y el nitrógeno total disuelto (TDN) aumentaron significativamente en las pozas donde los camarones (*Atya lanipes* y *Xiphocaris elongata*) estuvieron presentes, en comparación con las piscinas donde los camarones fueron artificialmente excluidos. Concentraciones de DOC en piscinas con camarones superan a las piscinas sin camarones por factores de hasta un 1,7. Del mismo modo, Greathouse, et al. (2006c), reportó reducciones significativas de carbono y nitrógeno en sustratos de ríos de Puerto Rico con camarones Atyidos, Palemónidos y Xiphocaridos presentes, en comparación con los sitios donde los camarones fueron excluidos.

Pringle, et al. (1999), también en Puerto Rico, demostró que "Diez veces más materia orgánica y cinco veces más nitrógeno se acumuló en exclusiones de camarones (Atyidae y Xiphocarididae) que en los controles. Al reducir la cantidad de partículas finas de materia orgánica y nitrógeno asociado en ambientes bentónicos, camarones omnívoros pueden afectar el suministro de este importante recurso a otros niveles tróficos". Sin embargo, Greathouse, et al. (2006a) fue incapaz de demostrar un patrón de relación C : N en las pozas represadas vs ríos sin represar.

A pesar de la falta de datos convincentes de C: N, estos resultados muestran que los camarones Atyidos y Xiphocaridos reducen las concentraciones de carbono orgánico y nitrógeno en áreas pequeñas (experimentos en área excluida), así haciéndolo disponible sobre un área más amplia (los experimentos de la piscina). De este modo, se puede esperar a tener un efecto positivo sobre la productividad de los ríos en tierras altas tropicales, tales como los que se encuentran en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

4. Biomasa algal y diversidad: Tanto para camarones, como para peces ha sido ampliamente demostrado que afectan a los ensamblajes de algas en los diversos ríos tropicales. Moulton, et al. (2004), Silveira y Moulton (2002) y Silveira (2000) demostraron que la clorofila-a disminuyó con la inclusión de camarones (*Macrobrachium olfersi* y *Potamirrim glabra*) en sus experimentos en un pequeño riachuelo situado en una isla de sur de Brasil, aunque en este sitio la relación camarón-sedimento frustraron las expectativas. Souza (2000) trabajando en un sitio aguas arriba sobre el mismo río, demostró que *P. glabra* tuvo fuertes efectos negativos en el crecimiento de perifiton.

Múltiples experimentos en los ríos Puertorriqueños muestran los efectos del camarón sobre la biomasa de algas y la composición de especies (Crowl, et al. 2001, Greathouse y Pringle, 2005; Pringle, et al. 1999). El mejor resumen de los resultados de este trabajo es el de March, et al. (2002) quien comparó experimentos de exclusión a altas y bajas altitudes. En un sitio de exclusión de camarones a altas altitudes (principalmente *Atya* spp. y *Xiphocaris elongata*) aumentó la clorofila-a y el biovolumen de algas. Bajo estas condiciones el ensamblaje de algas fue dominado por algas verdes filamentosas. Efectos similares no fueron observados en un sitio a baja altitud, pero esto fue atribuido a la abundancia de competidores como caracoles.

Estos acercamientos experimentales son complementados por las observaciones de Greathouse (comunicación personal, citado en Greathouse, Pringle y McDowell, 2006) en situaciones naturales. Ella reportó que "las piscinas por encima de las grandes represas tuvieron altos niveles de algas epilíticas", mientras que las piscinas aguas abajo no. En conjunto, estos estudios experimentales y de campo sugieren la importancia particular de los camarones en el manejo de ensamblajes de algas por encima de las barreras naturales en las cuencas de La Amistad, donde otros algívoros (caracoles y otros peces diferentes a *Sicydium*) probablemente estén ausentes.

Con respecto a las algas, los peces desempeñan un papel regulador tan importante como los camarones. Uno de los primeros documentos que informa sobre las relaciones peces/algas en un río tropical fue el del Power (1984), quien describió cómo el pez gato Loricariido *Ancistrus spinosus* determinó la ubicación y abundancia de algas bentónicas en una quebrada de Panamá central. Barbee (2002) demostró una relación similar para *Sicydium salvini* que "rastreó y deprimió sus recursos de algas, de modo que la biomasa de algas estaba uniformemente distribuida en el lecho de un río a pesar de la disponibilidad de luz o densidad de herbívoros". Sin embargo, ella también llegó a la conclusión de que en el río del centro-oeste de Costa Rica donde trabajó, un insecto (*Protoptila*, un Trichoptero) fue tal vez más importante. (Pero vea la siguiente sección con respecto a la relación *Sicydium/Protoptila*). Greathouse y Pringle (2005) concluyeron que "el pastoreo por la alta abundancia de gobios algívoros (*Sycidium plumieri*) en el curso medio del río Mameyes (Puerto Rico) es un factor importante en el mantenimiento de las bajas concentraciones permanentes de clorofila-a".

Peces algívoros tienen el mismo efecto que los camarones sobre la composición del ensamble de algas: Flecker (1996) demostró que el pez characoide herbívoro *Prochilodus mariae* redujo la abundancia de diatomeas y facilitó el crecimiento de cianobacterias fijadoras de nitrógeno en los ríos del piedemonte andino de Venezuela. Pringle y Hamazaki (1997, 1998) estudiaron un ensamblaje diverso de peces en un río en el norte del Atlántico de Costa Rica y concluyeron que "los peces influyen en la estabilidad de los ensamblajes de algas manteniendo el dominio del alga verde-azul *Lyngbya*, la cual es relativamente resistente al lavado durante el alto flujo. En la ausencia de peces, los ensamblajes de algas son dominados por las comunidades de diatomeas fácilmente erosionables, que experimentan fluctuaciones dramáticas en respuesta al alto flujo".

Ciertamente *Sicydium* spp. son importantes para determinar la naturaleza de los ensamblajes de algas en ríos de las cuencas de La Amistad, así como al menos otros dos peces diádromos herbívoro/omnívoro, *Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi*, en corrientes por debajo de barreras verticales. Si bien carecemos de observaciones cuantitativas de algivoría en el área de La Amistad, la enorme abundancia de *Sicydium* en muchos sitios, y la frecuencia de "raspones" observados en las rocas en la parte alta del río Changuinola, debido a la abundancia de *J. pichardi*, hablan de gran importancia. Sin duda las funciones descritas anteriormente para los peces algívoros en Venezuela, Puerto Rico y el norte del Atlántico de Costa Rica se aplican en y aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad.

5. La estructura del ensamble de macroinvertebrados bentónicos: La relación de camarones y peces diádromos a la diversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos es extremadamente compleja. Varios de los peces diádromos del área de La Amistad son carnívoros y pueden consumir grandes cantidades de insectos acuáticos. Los camarones omnívoros Palemónidos también se alimentan de insectos bentónicos, al igual que los dos peces Mugilidos diádromos de la región (*Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi*), que pueden ingerir los insectos intencional y/o incidentalmente en el

proceso de raspado de las algas de las rocas. Sin embargo, la relación de los peces y camarones Palemónidos depredador/omnívoro a ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos no puede ser simplemente descrita en términos de dinámicas depredador/presa, ni se puede hacer ninguna declaración general acerca de los efectos sobre el bentos. Lo mejor que se puede hacer es describir varios hallazgos relevantes en Costa Rica y Puerto Rico.

Resultados aparentemente contradictorios abundan: Pringle y Hamazaki (1997) que llevaron a cabo experimentos en un área excluida de un río en el norte del Atlántico de Costa Rica con una diversidad de peces y camarones, reportó que "Peces redujeron significativamente el número de larvas de Chironomidae (Diptera) e insectos totales". Pero luego los mismos dos autores (Pringle y Hamazaki, 1998), trabajando en el mismo río, concluyeron que "Peces desplazaron... comunidades de insectos bentónicos hacia chironómidos, mientras que los camarones no tuvieron efecto significativo en la composición de la comunidad". Rosemond, et al. (1998), llevó a cabo experimentos de exclusión en el mismo río, al mismo tiempo y encontró que "la exclusión de macroconsumidores ha dado lugar a densidades significativamente más altas de pequeños invertebrados que habitan en los paquetes de hojas. La mayoría de estas eran colector-recolectores, ninguno de ellos trituradores", lo que sugiere competencia entre insectos acuáticos y camarones Atyidos.

En Puerto Rico, March, et al. (2001) reportó que la exclusión de camarones Atyidos, Palemónidos y Xiphocaridos en sitios experimentales a altas y bajas alturas resultó en significativamente menos y más biomasa de insectos, respectivamente. Sin embargo, un año más tarde, dos de los mismos autores publicaron un documento (March, et al. 2002) concluyendo que, en un sitio de gran altitud "Excluyendo los camarones no afectó significativamente la biomasa total de insectos, pero disminuyeron significativamente las moscas de mayo móviles (Ephemeroptera: Baetidae) y aumentaron los chironómidos sésiles (Diptera: Chironomidae)". Ningún efecto fue reportado en sitios de baja altitud. Posteriormente, Greathouse, et al. (2006a) aclaró esto un poco, centrándose en las corrientes de alto gradiente de Puerto Rico por encima y por abajo de las represas, donde encontraron que "nueve de los once taxones comunes de invertebrados no decápodos en piscinas mostró significativos, o ligeramente significativos, diferencias en la biomasa entre sitios represados (ausencia de macroconsumidores diádromos) y sin represar (con camarones y *Sicydium*)".

Quizás el hallazgo más novedoso fue la relación aparentemente simbiótica entre *Sicydium salvini* y un Trichoptero Glossosomatido en un río en el oeste central de Costa Rica sugerido por Barbee (2002). Ella hipotetiza que "los gobios facilitan a *Protoptila* el acceso a los recursos de algas, o la calidad de los recursos de algas, posiblemente a través de la eliminación de los sedimentos bentónicos finos".

El intento de aplicar esto a los efectos de los macroconsumidores sobre la fauna diversa de insectos acuáticos del área de La Amistad lleva a sólo predicciones muy generales. Ciertamente los dos grupos interactúan, y en los ríos de alta gradiente típicos del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, esperaríamos que la eliminación del grupo de macroconsumidores diera lugar a cambios significativos en la abundancia y diversidad de invertebrados no decápodos. Con o sin represas, existe una clara necesidad de investigar las interacciones macroconsumidores/bentos en el área de La Amistad, dentro y fuera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Conclusión: Flecker (1996), al describir su trabajo con el pez herbívoro *Prochilodus mariae* en Venezuela, tomó prestado el concepto de "ingeniería de ecosistemas" como se definió originalmente por Jones, et al. (1994), para describir la contribución de detritívoros bénticos migratorios a la ecología

de flujo. La pertinencia de esta descripción ha sido confirmada por varios estudios posteriores en el laboratorio natural como lo es Puerto Rico.

La mayoría de los estudios reportados aquí para sugerir posibles efectos de la extirpación de los peces y camarones diádromos en aguas del Sitio del Patrimonio de la Humanidad están basados en experimentos controlados sobre el uso de exclusiones o encierros. Sin embargo, Greathouse, et al. (2006a, 2006c) finalmente pudieron verificar muchos de los resultados experimentales de Puerto Rico, a través de observaciones directas y las mediciones en los ríos represados y no represados, aprovechando el hecho de que las presas y embalses han dado lugar a la extirpación de camarones diádromos y poblaciones de *Sicydium* de muchos, pero no todos los ríos de flujo libre en Puerto Rico (Holmquist, et al. 1998, Kwak, et al. 2007), así creando una serie de "experimentos naturales". Sus resultados confirman la afirmación anterior de Greathouse y Pringle (2005), basados en un trabajo en ríos experimental, que los camarones diádromos "tienen efectos dramáticos en la biomasa de algas y la composición de especies, la cantidad y la calidad de la materia orgánica bentónica, la cantidad de sedimentos finos epilíticos, las tasas de descomposición de las hojas, y la abundancia y masa de invertebrados bentónicos".

Los estudios de campo de Greathouse, et al. (2006c) mostraron que "En comparación con las piscinas en las corrientes de alta pendiente sin grandes represas, epilítion de piscina por encima de las presas tuvieron nueve veces más biomasa de algas, veinte veces más materia orgánica bentónica fina (FPOM), 65 veces más de materia inorgánica bentónica fina (FPIM), veintiocho veces más carbono, diecinueve veces más nitrógeno y cuatro veces más biomasa de invertebrados no decápodos". Comparaciones represado/sin represar fueron menos dramáticas en rápidos en ríos de alto gradiente y en ríos de bajo gradiente, pero patrones similares fueron obtenidos. En palabras de los autores "Estos resultados coinciden con los experimentos de ríos anteriores".

Anteriormente, Greathouse y Pringle (2005) habían demostrado que el Concepto del Continuum del Río (Vannote, et al. 1980) o RCC, comúnmente empleado para dilucidar los cambios longitudinales en las condiciones bióticas a lo largo de corrientes templadas "generalmente se aplica a las aguas corrientes en las islas tropicales". Específicamente, "las corrientes tropicales insulares y costeras en el Caribe, América Latina, las Islas del Pacífico y Asia tienen una abundancia de caracoles y gobios algívoros en baja y media altitud y alta abundancia de camarones muy por encima de cascadas que bloquean la migración río arriba de los peces depredadores", como lo demuestra Hunte (1978) para Jamaica, Lyon y Schneider (1990) para la Península de Osa en Costa Rica y Craig (2003) para la Polinesia (entre otros). En general, basados en nuestras observaciones, el RCC podría aplicarse a los ríos de la Vertiente del Atlántico de La Amistad (y probablemente a los ríos de la Vertiente del Pacífico).

## CARACTERES UNICOS DE LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES Y SU RELACIÓN CON OTROS ECOSISTEMAS

### Importancia de los ríos a altas altitudes:

Los conceptos "Eco-ingeniería" y "Continuum del Río" mencionados en la sección anterior son relevantes, para la discusión de los vínculos conocidos y posibles de los ecosistemas fluviales en La Amistad a otros ecosistemas dentro y fuera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Sin embargo, en primer lugar nos gustaría discutir el caso de la condición única de los ecosistemas fluviales de la Vertiente Atlántica del Patrimonio de la Humanidad La Amistad. La cantidad de información disponible no nos permite tanto como para formar una opinión sobre los ecosistemas de la Vertiente del Pacífico, más allá de señalar que el ensamble de peces de las cuencas del Chiriquí y Chiriquí Viejo aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Panamá parece ser sustancialmente diferentes del sistema vecino Grande de Térraba que drena la Vertiente del Pacífico de La Amistad en Costa Rica. Es probable que la fauna migratoria en el Patrimonio de la Humanidad en la Vertiente del Pacífico de Panamá ya haya sido extirpada; así es que es muy probable que nunca tendremos la capacidad de ofrecer una opinión sobre las cualidades particulares de las partes altas de los ríos allí.

Al comenzar a tratar de describir las cualidades únicas de los ríos de La Amistad en Bocas del Toro y Talamanca, encontramos que se debe tener excepción a la aparente actitud desdeñosa en algunas de las declaraciones en el documento de mitigación de AES/MWH (AES y MWH, 2009), el cual nos parece refleja el punto de vista de personas comprometidas con la construcción de presas, en lugar de una evaluación objetiva de lo que se conoce y no se conoce acerca de los ecosistemas en cuestión.

Comenzaremos con las declaraciones engañosas "Uno de los resultados más sorprendentes del estudio de biodiversidad realizada en el río Changuinola, por el STRI fue la escasa presencia de peces y camarones en ese tramo del río", y "se reportaron menos especies (17) que las esperadas (42)". En este caso, el número aparentemente "esperado" se refiere al número de especies encontradas por anteriores investigadores en el Changuinola por debajo del sitio de la represa CHAN-75 (STRI, 2010; Goodyear, et al. 1980). Inspección de los resultados obtenidos por los parataxónomos Ngobe entrenados por ANAI en la misma parte del Changuinola habría revelado un número similar de especies de peces (15), que es también similar a los resultados de las cuencas vecinas Teribe y Sixaola/Telire (Mafla, et al. 2005, McLarney y Mafla, 2006b).

En el mismo informe, los autores no identificados citan ocho diferentes referencias mostrando el ampliamente reconocido patrón general de disminución de diversidad de peces, que a medida que se asciende por cuencas y arroyos la diversidad es menor, el cual aplica en el Neotrópico. Esto sugiere - asumimos incorrectamente, y tal vez sin intención - que Lasso, et al. (2008b y c), quien proporciona la base para el argumento del AES/MWH, realizó la investigación de la literatura sólo después de completar su investigación de campo. En cualquier caso, los resultados del inventario del equipo del STRI no son en absoluto sorprendentes para cualquiera que esté familiarizado con los ríos de la Vertiente Atlántica de La Amistad.

El número total relativamente bajo de los peces y camarones reportados en Lasso, et al. (2008b) están en un grado sorprendente, pero dicen poco acerca de la "importancia" de los ecosistemas fluviales en el área de La Amistad por encima de los 100 m. de elevación. Uno de los malentendidos más comunes sobre la biodiversidad es que los sitios con mayor diversidad biológica tal como se expresó en la cantidad de taxones, o con una mayor productividad aparente, son de por sí "más importantes" que los sitios menos diversos o productivos. Este es un argumento seductor, pero conduce rápidamente a la

falacia de que los trópicos son más importantes que las zonas templadas o el Ártico, que los ríos de la cuenca del Amazonas son más importantes que los de Mesoamérica o, en este caso la implicación de que la (en gran medida sin protección) parte baja de los ríos como el Changuinola son de alguna manera más importante que los de la parte alta del PILA.

Es bien sabido que si utilizamos el riesgo de extirpación/extinción como un criterio para priorizar los esfuerzos de conservación de la biodiversidad, muchos de los taxones prioritarios serán aquellos con distribución restringida, a menudo encontrados en ecosistemas pequeños y relativamente no diversos, y que están en riesgo de destrucción en virtud de su pequeño tamaño. Además, para descartar la importancia de los ríos pequeños y de altura se ignora el Concepto del Continuum del Río (Vannote, et al. 1980, Greathouse y Pringle, 2005), por despedirla sin darle la posibilidad de que restringiendo el acceso a zonas de altura podría afectar significativamente el río aguas abajo. Esto conlleva al AES y MWH (2009) a una declaración irrelevante:

“Por este motivo, no existen razones técnicas objetivas que permitan sostener que los peces y camarones de la cuenca alta del río Changuinola, pudieran constituirse en el único soporte trófico (ni el más importante) del ecosistema terrestre que contiene al río Changuinola en la zona del PILA. La biomasa de peces y camarones en la cuenca alta se presume como extremadamente baja para sustentar la biomasa de tan importante ecosistema terrestre.”

Aparte del hecho de que esta afirmación parece hacer el juicio de valor de que los ecosistemas terrestres del Sitio del Patrimonio de la Humanidad son "importantes" y los sistemas acuáticos no lo son, parece refutar una declaración de que, a nuestro conocimiento, nunca ha sido hecha. Ciertamente en nuestro informe anterior (McLarney y Mafla, 2007) se resumen los argumentos basados en ecosistema en contra de la construcción de represas en la cuenca Changuinola/Teribe que no afirman que el río es "el único apoyo trófico" para los bosques del PILA. Vamos a reafirmar que, independientemente de la cantidad de taxones y las determinaciones de biomasa, los sistemas acuáticos en el área de La Amistad a altitudes superiores a 100 m. son importantes para mantener la integridad biológica en general del área de La Amistad, dentro y fuera de las áreas protegidas.

Antes de pasar a describir el carácter único de los sistemas fluviales de Talamanca y Bocas del Toro y luego sugerir posibles impactos negativos de la construcción de represas sobre la biodiversidad y la salud del ecosistema de La Amistad, más allá de las partes del río directamente afectadas, nos gustaría hacer un comentario sobre otra declaración predictiva que aparece en el AES y MWH (2009): "Se presume que la biomasa de peces y camarones en la cuenca alta del río Changuinola es mucho menor a la reportada para la zona de proyecto". Aquí el "área del proyecto" se refiere a la extensión del Changuinola y algunos de sus tributarios situados aproximadamente entre 100 y 200 m. de altitud, investigados por Lasso, et al. (2008 a, b, c). Estamos en cauteloso acuerdo con los autores de la propuesta de mitigación hasta cierto punto. No hay falta de precedentes locales y mundiales para suponer que la diversidad de peces, y en menor medida, de camarones se reducirá a altitudes más altas en cuencas como la del Changuinola. Esta disminución puede ser abrupta por encima de las barreras naturales al movimiento de peces. En la medida en que los animales excluidos por las barreras (peces) tiendan a ser los más grandes de los miembros de la fauna fluvial, el efecto sobre la biomasa animal total puede ser negativo. Sin embargo, no existen datos para apoyar la extrapolación de esta razonable suposición a una predicción de que la biomasa animal total seguirá disminuyendo a medida que aumenta la altitud. La discusión objetiva de las posibilidades requiere que los siguientes factores sean tomados en cuenta:

- Los contribuyentes más importante para la biomasa de peces en el área de inventario del STRI (Lasso, et al. 2008b) fueron los "chupapiedras" (*Sicydium*) - precisamente el único pez capaz de superar las barreras naturales como cascadas. No sería sorprendente si la densidad de los gobios *Sicydium* fuera más alta en ríos a grandes alturas donde los depredadores acuáticos están ausentes.
- El mismo argumento se acoge para los camarones.
- AES y MWH (2009) en este contexto no dicen nada acerca de los macroinvertebrados que no sean camarones. Mientras que los insectos como individuos pueden ser vistos como biomasa insignificante, que colectivamente pueden ser de gran importancia. No hay ninguna razón *a priori* para asumir una menor abundancia de larvas de insectos y otros pequeños invertebrados bentónicos a mayor altura, y la ausencia de peces depredadores sugiere la posibilidad de una abundancia relativamente mayor.

En las siguientes secciones tomaremos en cuenta estos factores, junto con la realidad indiscutible de que el conocimiento detallado de los sistemas fluviales a gran altitud en el área de La Amistad es muy limitado.

#### Singularidad de los ecosistemas fluviales de La Amistad:

Los ríos que desembocan en el Caribe y el sur del Golfo de México - de Puerto Rico a México a Venezuela – tienen en común la preponderancia de la fauna diádroma, con los géneros de peces *Anguila*, *Agonostomus*, *Gobiomorus* y *Sicydium*, y de camarones *Atya* y *Macrobrachium* universalmente distribuidos. En las islas del Caribe, peces de agua dulce primarios y secundarios son escasos, con un predominio de especies endémicas con distribuciones severamente limitadas. El caso extremo es representado por Puerto Rico, el cual no tiene especies de agua dulce exclusivamente nativas (Lee, et al. 1983). En comparación con las islas, los ríos continentales presentan una mayor diversidad debido a la presencia de un grupo considerable de peces de agua dulce primarios y secundarios.

Los ríos de la costa Caribe de Mesoamérica y el noroeste de Suramérica comparten una fauna de peces compuesta de una mezcla de especies puramente de agua dulce derivados del Sur y el Norte de América con especies diádromas encontradas en todo el Caribe. La fauna de camarones es similar pero algo menos diversa debido a la ausencia de la familia Xiphocarididae en el continente.

Entre los drenajes costeros que se extienden desde el este-central de México hasta el oeste de Venezuela, cuatro áreas relativamente pequeñas se destacan por tener una ictiofauna similar y distintiva (Lyons, 2005; Silva Melo y Acero, 1990). Ellas son:

- Una pequeña zona entre las ciudades de Tuxpan y San Andrés Tuxtla en Veracruz, México.
- Norte-central de Honduras entre la ciudad de Puerto Cortés y la desembocadura del río Plátano.
- La región Talamanca/Bocas del Toro de Costa Rica y Panamá.
- Los ríos que drenan la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia.

Lo que estas áreas tienen ictiológicamente en común es una inusual, y a menudo espectacular alta abundancia de los gobios *Sicydium* en sus frecuentes partes rápidas y rocosas del río. Si bien otros numerosos peces y camarones diádromos son bastante uniformemente distribuidos a lo largo de toda la

costa, *Sicydium* spp. son escasos o inexistentes en las cuencas fuera de estas zonas. Lo que une a estas áreas geográficamente es el alto relieve en las proximidades del mar, donde la presencia de la cordillera costera da lugar a ríos relativamente cortos, rápidos y de alta gradiente. Diez años de trabajo de inventario en las cuencas Sixaola/Telire y Estrella (McLarney y Mafla, 2006b, 2008; McLarney, et al. 2009a, 2009b) nos permite describir la distribución general de fauna acuática de gran tamaño en una de estas áreas (Talamanca/Bocas del Toro) como sigue:

- Durante las migraciones periódicas de las post-larvas de *Sicydium altum/adelum*, junto con otros peces y camarones diádromos, la parte baja del río que cruza la estrecha llanura costera puede ser numéricamente dominada por individuos pequeños de formas diádromas. En otras ocasiones, peces de agua dulce primarios y secundarios son más comunes, pero generalmente con una mezcla de individuos de gran tamaño de las formas diádromas y facultativos nómadas marinos que son principalmente predadores. Este último grupo puede estar presente como consecuencia de su búsqueda de post-larvas diádromas migratorias.
- A medida que se asciende en las cuencas, o donde quiera que haya sitios de alto gradiente con sustratos rocosos, la abundancia proporcional de los taxones de diádromos, especialmente *Sicydium* aumenta, mientras que algunas especies estrictamente de agua dulce empiezan a ser menos frecuentes en la biota. El predominio numérico y el tamaño promedio de *Sicydium* aumentan de con la altitud. En ríos por encima de 100 m. de altitud, mientras que la diversidad de especies todavía puede ser relativamente alta, *Sicydium* puede representar el 90% o más de peces en los muestreos.
- Por encima de las barreras naturales que frecuentemente son creadas por cascadas, la mayoría de especies de peces están excluidas, dando lugar a una biota en el cual los únicos individuos grandes pueden ser *Sicydium* y camarones, los cuales pueden escalar superficies verticales húmedas. Bajo estas circunstancias, con los depredadores acuáticos y la mayoría de los competidores excluidos, *Sicydium* puede alcanzar niveles extraordinarios de abundancia.

El patrón descrito anteriormente (mayor proporción de formas "marinas" a medida que la distancia del mar aumenta) es tal vez contrario a la intuición. Ciertamente, la situación típica (incluyendo las cuencas de La Amistad) es que disminuya el número de especies diádromas con la altitud y la distancia del mar, tal como se describe para los ríos de la cuenca del Canal de Panamá (Consortio TLBG / UP / STRI, 2009) y donde sea (Angermeier y Karr, 1983; Horwitz, 1978; Welcomme, 1985). Pero como ya hemos visto en la discusión de los resultados del inventario del STRI en la cuenca media del Changuinola (Lasso, et al. 2008b), esta relación no se aplica necesariamente en términos de abundancia proporcional de especies, individuos o biomasa.

Como hemos señalado anteriormente, embriones libres de los gobios Sicydiinos necesitan alcanzar sus zonas de cría en estuarios rápidamente o se arriesgan a morir de inanición (Moriyama, et al. 1997; Tsukamoto, 1991). Lyons (2005) señala que esta necesidad no se cumple en la mayoría del área costera Atlántica entre México y Colombia, donde la geografía típica incluye una amplia llanura costera, atravesada por ríos lentos y sinuosos. Como la investigación en Puerto Rico muestra (Holmquist, et al. 1998; Greathouse, et al. 2006b, 2006c) el mismo efecto de mortalidad puede derivarse de la inserción de un tramo de aguas de corriente lenta, en la forma de embalse, en un río de corriente rápida.



Restricciones similares se aplican a los camarones; aunque post-larvas y adultos de algunas especies puede ser más hábiles que los gobios *Sicydium* para aprovechar las pequeñas oportunidades de escalar las presas bajo condiciones de flujo favorables, demoras en alcanzar el estuario pueden ser críticas. Lewis y Ward (1965) y Choudhury (1971) han demostrado que las larvas de *Macrobrachium carcinus* (y probablemente otros camarones anfídromos) mueren después de sólo unos días en agua dulce. Camarones diádromos están en todas partes severamente reducidos y a menudo extirpados por encima de las presas. Para dar una idea de la importancia numérica de la obstrucción de las migraciones de camarón, se consideran los resultados de March, et al. (1998). Ellos compararon el transporte aguas abajo pasivo de larvas de camarón en los ríos represados y sin represar del Bosque Nacional del Caribe en Puerto Rico. A pesar de que las presas bajas (<15 m. de altura) características de esta zona son poco permeables a los camarones, ellos estimaron que la pérdida de larvas de camarón por las presas y la asociada extracción de agua es de 15,3 millones de individuos/día.

En las siguientes secciones vamos a advertir cómo el único ensamblaje *Sicydium*/camarón en los ríos de alta montaña del área de La Amistad puede afectar a los ecosistemas terrestres y su papel en el mantenimiento intacto del Continuum del Río regionalmente. Aquí nos gustaría señalar que, mientras que otras asociaciones similares (pero posiblemente con diferentes especies de *Sicydium*) existen en otras tres zonas ampliamente separadas a lo largo del Golfo de México y la costa Caribe, el área más grande es la formada por Talamanca y Bocas del Toro. Además, debido a la existencia de un complejo de áreas protegidas centradas en torno al Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, es el de las perspectivas a más largo plazo para la conservación de este ensamblaje y ecosistema único.

#### Sistemas terrestres dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad:

Esta sección necesariamente será muy especulativa, pero dada la importancia extrema del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad como el núcleo de la mayor cantidad de tierras forestales y concentración de áreas protegidas de Mesoamérica, y la reconocida diversidad biológica extremadamente alta de esa zona, puede apenas ser excluida de cualquier discusión sobre el manejo de los ríos que fluyen a través de ella. La importancia de los ecosistemas terrestres de La Amistad es acentuada por los recientes descubrimientos de nuevas especies por el equipo del STRI (Lasso, et al. 2008a) y por el trabajo en curso del equipo de la Iniciativa Darwin (Monro, et al. 2007, 2008, 2009). Estamos seguros de que todos los involucrados podrían reconocer que estos descubrimientos representan la proverbial punta del iceberg, y que aún queda mucho por aprender. La aplicación del Principio de Precaución, en este caso, podría fuertemente sugerir la inconveniencia de adoptar medidas que puedan eliminar los elementos de la biodiversidad a través de la extirpación local, o incluso la extinción de especies, antes de que seamos conscientes de su existencia.

Vamos a admitir que, en lo que respecta a las especies acuáticas, la probabilidad de descubrir nuevas especies es baja (aunque no puede excluirse, particularmente con respecto a la fauna de insectos), con la posibilidad de nuevas especies diádromas particularmente baja. Sin embargo, como hemos señalado anteriormente, la estructura del ensamblaje de la fauna acuática de cuerpos de agua corriente de alto gradiente en los drenajes de La Amistad es única y amenazada. Además, vamos a afirmar que, contrariamente a la posición implícita por AES y MWH (2009), los ríos que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad tienen una relación integral a los ecosistemas terrestres a través del cual ellos fluyen, haya o no hemos progresado muy lejos hacia la definición de esta relación.

Comencemos con el supuesto de que los tres componentes principales de la fauna acuática en altas elevaciones en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad, y especialmente por encima de las barreras naturales al movimiento río arriba, son peces (especialmente gobios *Sicydium*), camarones Atyidos y Palemónidos, y macroinvertebrados bentónicos, con larvas de insectos acuáticos que son terrestres como adultos dominando el último grupo. Podemos entonces preguntar qué puede ocurrir si dos de los tres componentes principales (*Sicydium* y camarones diádromos) son eliminados.

Ya hemos visto que, aunque los peces y los camarones diádromos encontrados por encima de las barreras no siempre son depredadores cuantitativamente significativos sobre macroinvertebrados bentónicos, su eliminación puede provocar importantes cambios en la composición del ensamble de macroinvertebrados bentónicos. Un resultado comúnmente reportado de la exclusión de herbívoros como *Sicydium* y camarones Atyidos es un desplazamiento de formas activas y móviles a formas sésiles, especialmente Chironomidae (March, et al. 2002; Pringle y Hamazaki, 1998).

El ensamblaje mejor conocido de macroinvertebrados bentónicos de la zona de La Amistad es el de la cuenca Changuinola aguas arriba del sitio de la represa CHAN-75. De 11.865 invertebrados acuáticos no decápodos colectados por el equipo del STRI (Lasso, et al. 2008b) en esa zona, 10.364 (87,3%) fueron las larvas de insectos pertenecientes a órdenes que sin excepción se transforman en adultos voladores. (Esto no tiene en cuenta 3.130 individuos del orden Coleoptera, muchos de los cuales se transforman en adultos voladores, mientras que otros son acuáticos durante toda su vida). En efecto, alrededor del 90% de los macroinvertebrados "acuáticos" no decápodos en la parte media de la cuenca del Changuinola también se podría describir como "terrestres".

De los más de 10.000 insectos en las muestras que estaban destinados a emerger como adultos voladores, sólo 313 (2,6% de la muestra total de macroinvertebrados) pertenecían al orden Diptera, que incluye el Chironomidae. Claramente si, como consecuencia de la extirpación de los peces y camarones diádromos, la fauna de macroinvertebrados bentónicos del río, actualmente dominado por Ephemeroptera, Coleoptera y Trichoptera (78,8% del total de la muestra) se desplazaría hacia la dominancia de Chironomidae (una condición común en ríos muy sedimentados, pero no esperada en los ríos típicamente "limpios" del área de La Amistad), que representaría un cambio enorme en la fauna terrestre y acuática, más allá de la pérdida de especies de peces y camarones.

Sólo podemos adivinar qué otras consecuencias podrían seguir, pero considere esto: Chironómidos adultos son normalmente mucho más pequeños que los de la mayoría de los taxones que representan los restantes nueve órdenes de insectos encontrados. Como adultos voladores a menudo exhiben un comportamiento singular, formando enjambres en lugar de volar individualmente. Entre los grupos de animales insectívoros que habitan en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad son aves, murciélagos, reptiles y otros insectos (en particular los Odonatos acuáticos). ¿Cuál podría ser el efecto en estos depredadores de un cambio drástico en el tamaño y comportamiento de las presas? Es evidente que estamos ante la posibilidad de efectos en cadena e incluye la extirpación de especies endémicas las cuales además de no ser intencionadas, pueden pasar desapercibidas.

Las posibilidades son sugeridas por el trabajo de Chan, et al. (2008) en los bosques tropicales de Hong Kong. Ellos encontraron que la estacionalidad de la abundancia de insectos acuáticos coincide con la de las especies de aves insectívoras del interior de los bosques. Dado que estas especies de aves están morfológicamente adaptadas para cazar presas más grandes, solitarias y menos móviles, cambios en la composición del sustrato de los ríos que conducen a un menor número de insectos grandes y enjambres

de insectos más pequeños de gran movilidad que podrían causar reducida disponibilidad de presas preferidas, lo que lleva a alteraciones en el ensamblaje de aves.

#### Efectos río abajo de las barreras naturales:

Es casi seguro que la existencia de un gran número de adultos de gobios *Sicydium* en tramos de los ríos del Sitio del Patrimonio de la Humanidad por encima de barreras naturales, donde se enfrentan en gran medida a la presión de depredación reducida y a la competencia por los recursos, contribuye a la abundancia inusual de *Sicydium* en tramos del río por debajo de las barreras, dentro y fuera del Sitio del Patrimonio de la Humanidad. Lo mismo puede aplicarse a camarones Atyidos y Palemónidos.

Si bien se carece de estudios científicos, es también muy probable que la deriva aguas abajo de huevos y larvas de *Sicydium* y camarones y las periódicas migraciones en masa río arriba de post-larvas de ambos ("titi") son de gran importancia en el mantenimiento de las poblaciones de depredadores acuáticos, incluyendo peces de alto valor económico, importantes para el consumo humano, en los tramos inferiores de los ríos de La Amistad. Cabe señalar que en el pasado la migración del titi constituyó la base para una pesca de subsistencia en Talamanca. Económicamente importantes pesquerías se basaron en las post-larvas de *Sicydium* spp., u otros gobios anfidromos, documentado por primera vez para Dominica por Atwood (1791) y han tenido una importancia histórica en muchos países persistiendo en algunos sistemas fluviales de islas tropicales. Estas pesquerías han sido documentadas para las Antillas en general (Clark, 1905), Jamaica (Aiken, 1985, 1988), Dominica (Bell, 1994), Puerto Rico (Erdman, 1961, 1984), Guadalupe (Fievet y LeGuenec, 1998), Hawaii (Titcomb, 1977; Ego, 1956), Filipinas (Taylor, 1919; Montilla, 1931; Blanco y Villadolid, 1939; Acosta, 1952, Manacop, 1953, Blanco, 1956), Reunión (Aboussouan, 1969), Madagascar y Mauricio (Catala, 1982), Nueva Zelanda (McDowall, 2004), Tasmania (Fulton, 1984) y el norte del Atlántico de Costa Rica (Gilbert y Kelso, 1971). Bell (1994) compendió muchas de estas pesquerías y documenta su disminución o desaparición en la mayoría de las localidades.

Para dar una idea de la potencial magnitud, en términos de biomasa, de los movimientos a lo largo de los corredores fluviales de larvas y post-larvas de peces y camarones diádromos en el área de La Amistad, citamos dos ejemplos de Puerto Rico:

- Erdman (1961) observó migraciones ascendentes de *Sicydium plumieri* en el río Añasco, que en promedio tomaron dos días para pasar un punto de observación. Basados en los puntos de conteo y medición de dos columnas de migración (típicamente uno a cada lado del río) una simple migración fue estimada que consistió en alrededor de 90 millones de individuos.
- March, et al. (1998) estimó los números de larvas de camarón que migran río abajo en ríos sin represas del Bosque Nacional del Caribe y usó estos cálculos para llegar a una cifra estimada de 15,3 millones de larvas de camarón/día perdidas en los ríos represados en la misma zona.

El Concepto del Continuum del Río (Vannote, et al. 1980; Greathouse y Pringle, 2005) predice que toda la actividad biológica en la parte alta de una cuenca tendrá un efecto en sentido descendente. En el único caso particular de los ríos de alta elevación por encima de barreras antropogénicas, hemos citado estudios que demuestran los efectos locales de la eliminación de la fauna diádroma sobre la composición del ensamble de macroinvertebrados bentónicos, la acumulación de sedimentos, la transformación de material alóctono, la química el agua y del sustrato y la composición

del ensamble de algas (ver referencias en la sección sobre los efectos secundarios). No es necesario entrar en una discusión especulativa de cómo estos efectos podrían acabarse para afirmar que tienen consecuencias físicas y biológicas río abajo las cuales podrían ser replicadas en el caso de que los ríos de La Amistad sean embalsados.

#### Efectos en el sitio y aguas abajo de los complejos represa/embalse:

##### Información general y efectos del embalse:

Aquí tenemos que empezar tomando una enérgica excepción a la siguiente declaración en el AES y MWH (2009):

“Es necesario destacar que aguas abajo del sitio de presa de Changuinola I ninguno de estos grupos será afectado por la obra ya que tanto los peces como los camarones encontrarán todos los biotopos necesarios para completar su ciclo de vida, ya sea en agua dulce o en el mar”.

Esto puede ser un reflejo exacto de lo que los autores le gustaría que fuese verdad, pero es totalmente incorrecto, y refleja una falta de revisión de la abundante literatura sobre los efectos aguas abajo de las presas altas. (Una excelente información general es proporcionada por Ahearn, et al. 2005). La verdad es casi diametralmente opuesta, y puede ser expresada como sigue: Para una distancia considerable por debajo de una presa, incluyendo Changuinola I (= CHAN-75) todas las formas de vida acuática, así como algunas especies y sistemas terrestres, se verán profundamente afectados y en muchos casos, amenazados. Algunos de los efectos sobre la estructura trófica aguas abajo son descritos por Cortés, et al. (1998), Petts, et al. (1993), Ward y Stanford, (1979) y Webb y Walling, (1993).

A esto debe ser agregado 1) los impactos inevitables a corto plazo que ocurren durante la construcción de represas y 2) los efectos sustanciales por encima de la represa que resulta del cambio de un tramo del río que fluye libre (ambiente lótico) a un ambiente léntico de un lago del embalse. Muchos de estos efectos en el sitio de la represa son resumidos en Collier, et al. (1996) y McCully (1996).

No tenemos conocimiento de ningún ejemplo comparable escandaloso de los pensamientos deseosos relacionados a otras represas propuestas para el área de La Amistad, pero hay una tendencia natural por parte de los proponentes de la presa para reducir al mínimo los impactos ambientales negativos de los proyectos de represas y/o sobreestimar la capacidad para mitigar estos efectos (véase la siguiente sección sobre mitigación). Una evaluación honesta de costo-beneficio de cualquier propuesta de la presa debe reconocer un cierto grado de impacto ambiental negativo para el sistema del río afectado, aguas arriba y abajo de la represa.

Por lo que sabemos ninguna de las represas o embalses actualmente existentes o propuestas para los cursos de agua que drenan los dos Parques Nacionales La Amistad están dentro de los parques (aunque el embalse creado por la represa Bonyic se prevé va a alcanzar 60 m. del PILA). En consecuencia técnicamente las represas, embalses y tramos fluviales aguas abajo no son responsabilidad de Servicios de Parques Naturales de los dos países o de la UNESCO. Sin embargo, podríamos argumentar que así como las entidades encargadas de promover o permitir la construcción de represas sobre los ríos aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad tienen una responsabilidad para mantener la diversidad biológica aguas arriba, dentro de los parques, también las agencias nacionales e internacionales involucradas en el manejo del parque tienen la responsabilidad de

entregar los beneficios de la conservación del área protegida al río y sus usuarios río abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad.

Aquí aplicamos el Concepto del Continuum del Río (Vannote, 1980; Greathouse y Pringle, 2005) para aclarar este argumento. Si los efectos de las actividades humanas aguas abajo del Sitio del Patrimonio de la Humanidad amenazan y el daño al ecosistema no es del todo predecible en el sitio, incluyendo la pérdida de partes específicas de la biodiversidad de la zona que fue establecida para proteger, entonces debería ser responsabilidad de la ANAM, MINAET y la UNESCO para tratar de evitar los daños previsibles. En los casos específicos de las cuencas Changuinola/Teribe, Sixaola/Telire y Grande de Térraba que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad el concepto de responsabilidad "fuera del sitio" es reforzado por la existencia de, respectivamente, los Humedales San San/Pondsak (Panamá), el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca/Manzanillo y el manglar Térraba-Sierpe (Costa Rica) - todos ellos designados Humadales Ramsar por la UNESCO - dependiente no sólo de la calidad del agua recibida del Sitio del Patrimonio de la Humanidad y otras áreas protegidas y no protegidas aguas arriba, sino en el mantenimiento de la continuidad biótica en toda la longitud de sus respectivos ríos.

Los efectos económicos, sociales, culturales y ambientales de cambiar un tramo de un río que fluye libre a un embalse "lago" son muchos, y no se limita al hábitat acuático. La mayoría de estos efectos, que fueron discutidos con cierto detenimiento en McLarney y Mafla (2007) y que son objeto de una abundante literatura no necesitan ser repetidos aquí (el lector interesado en los efectos locales como la generación de gases de efecto invernadero y el aumento de los vectores de enfermedades humanas, así como los efectos acumulativos escala global de las represas y embalses, es referido a Rosenberg, et al. 2000, y otros artículos en un número especial de BioScience dedicado a las alteraciones hidrológicas). Basta decir que entre una presa y el alto nivel de la piscina de su reservorio los principales efectos biológicos de inundaciones son el reemplazo de un área de hábitat fluvial y terrestre ribereña por un hábitat artificial y la introducción (en relación con la represa y cualquier tramo desecado que pueda existir aguas abajo) de una discontinuidad en la función natural del río como un corredor biológico altitudinal. El primer efecto (pérdida de hábitat fluvial) es proporcionalmente más grave en los trópicos, debido a que los lagos no son una característica natural de las zonas tropicales, y hay pocos animales nativos pre-adaptados para aprovechar el hábitat alterado.

#### Efectos río abajo:

Los efectos aguas abajo de las represas parecerían merecer más discusión. Algunos de esos efectos pueden ser debidos a la fragmentación de poblaciones. Independientemente de cualquier necesidad de migrar, cada vez que una población se divide en dos o más segmentos, todos los segmentos serán más vulnerables que la población original. Esto fue demostrado por DeMarona y Albert (1999), quienes documentaron reducciones en diversidad de especies y cambios en la abundancia relativa aguas arriba y aguas abajo de una represa construida en 1994 en el río Sinnemary, Guayana Francesa - un río con una baja incidencia de diadromía. Efectos posteriores de la fragmentación pueden ser exacerbados por los efectos densidad-dependientes debido a la tendencia de los peces a acumularse por debajo de las barreras. Esto puede conducir a una mayor susceptibilidad a enfermedades (Moring, 1993; Welcomme, 1985), y depredadores (Barlow y Bock, 1984; Elson, 1962; Feldham y Maclean, 1996; Kennedy y Greer, 1988), incluyendo seres humanos (Aas y Kraabol, 1999; Harris, 1984).

La naturaleza de otros efectos aguas abajo de las represas es en cierto grado específico del sitio, dependiendo de la condición física y biológica del río sin alterar y del diseño de la represa en

particular. Incluso si los estudios finales para todas las represas propuestas en La Amistad estuvieran disponibles para su inspección, nuestra experiencia no nos permite comentar en profundidad y el verdadero número y diversidad de las represas propuestas haría impráctica la tarea de analizar los problemas represa por represa. Podemos ofrecer alguna información general:

La mayoría de los efectos biológicos aguas abajo de las represas puede ser descrita en 5 categorías - desagüe, regímenes de alteración de flujo, transporte de sedimentos o de temperatura y cambios en la química del agua. En el caso de simples presas estos efectos pueden ser categorizados como "locales", pero donde múltiples presas son propuestas, ya sea en secuencia (como en el río Changuinola), o dispersas a lo largo de una cuenca (como en Talamanca), debemos considerar los efectos a nivel de paisaje (Poff y Hart, 2002). A continuación vamos a discutir cada una de estas categorías y trataremos de ubicarlas en el contexto del área de La Amistad a nivel local y del paisaje.

Desagüe se produce cuando, por razones de ingeniería, instalaciones de generación eléctrica necesitan estar ubicadas a cierta distancia aguas abajo de la represa. En tales casos es a menudo conveniente pasar una gran parte del volumen represado del río a través una "tubería de carga" de hasta varios kilómetros de longitud, dejando un tramo paralelo del cauce natural seco o con un flujo muy reducido. Además de la pérdida de aún otra sección del hábitat fluvial, tales desviaciones sirven para ampliar el efecto barrera de la represa. Un número de represas propuestas para el área de La Amistad incorporan esta característica. Anderson, et al.(2006) sugirió que una de las consecuencias a largo plazo del desagüe de pequeñas represas en el río Puerto Viejo, en el norte central de Costa Rica será el impacto sobre "las especies con complejos requerimientos de reproducción" que conducen a un río "cada vez más dominado por tipos de oportunistas, colonizando especies de peces".

La capacidad de alteración de la tasa de flujo está integrada en todas las grandes represas. La mayoría de las presas tienen la capacidad para aumentar o disminuir el volumen y la velocidad del flujo en cualquier momento, con fines de generación de electricidad o de controlar el nivel del agua. Esta misma capacidad puede ser usada para garantizar un flujo mínimo seguro que se considera necesario para el mantenimiento de la condición biológica deseada aguas abajo. Esta es la base para el concepto relativamente nuevo de "flujos ambientales" (Richter, et al. 2006; Richter y Thomas, 2007). Dentro de ciertos límites, las represas pueden también ser hechas para imitar cambios naturales en la periodicidad de flujo, los cuales pueden ser cruciales como señales para la migración y otros comportamientos. Sin embargo, en la práctica, aún cuando los proyectos de caudales ambientales existen, no pueden ser coherentemente aplicados, especialmente si entran en conflicto con los usos para lo que las represas son diseñadas (en el caso de todas las represas en el área de La Amistad, son de generación de energía eléctrica).

Incluso en ausencia de cambios en el caudal, la alteración de los patrones actuales por las represas puede tener efectos negativos sobre la biota río abajo. Por ejemplo, Fievet y LeGuennec (1998), en Guadalupe, documentan la atracción de un gran número de postlarvas migratorias de gobios *Sicydium* a los canales que conducen a una planta hidroeléctrica, pero que no proporcionan acceso al río por encima de la represa.

Si bien no hemos podido encontrar estudios publicados que demuestren los efectos de la alteración del caudal por represas en la biota aguas abajo en los ríos tropicales, un ejemplo de Vermont y Massachusetts, USA, ilustra el potencial: Bain, et al. (1987) estudió la estructura de la comunidad de peces en dos tributarios naturalmente similares del río Connecticut, uno regulado represas y el otro sin represas. Ellos encontraron que "un abundante (> 90% de todos los peces) y diverso (nueve especies)

grupo de especies de peces pequeños y clases de tamaño estaban limitados a microhábitat que se caracterizaban por poca profundidad, lentitud en la velocidad de la corriente, y concentrada a lo largo de los márgenes del río. Este grupo de peces fue reducido en abundancia en los ríos regulados y ausentes en el lugar de estudio con la mayor fluctuación de flujo". Zdankus, et al. (2007) proporciona un ejemplo de cómo actúan las alteraciones del flujo en la siguiente categoría de efectos, transporte de sedimentos.

Transporte de sedimentos: Cada río tiene un transporte de sedimentos natural y régimen de depósito, a la que se adapta su biota. Donde la población humana es alta, la perturbación de la tierra típicamente incrementa la tasa de transporte de sedimentos. Represas y sus embalses asociados pueden a veces compensar este problema a nivel local al servir como "trampas" para los excesos de sedimento hasta que su capacidad de captura es agotada. En una escala global, los impactos sobre tramos de río aguas abajo y ambientes costeros marinos que resultan de represas privando a los ríos de la acumulación natural de sedimentos son de mayor preocupación. Algunas de las consecuencias son mencionadas por Williams y Wolman (1994) y Vorosmarty, et al. (2003).

Alteración de los regímenes de transporte de sedimentos aguas abajo de las represas puede no sólo afectar a las especies ribereñas, sino también ocasionan la pérdida de llanuras inundables con humedales asociados y de biomas terrestres. Además de los daños físicos a las zonas de ribera, la vegetación ribereña puede ser alterada. Por ejemplo Nilsson y Berggren (2000) sugieren que la diversidad de comunidades de plantas ribereñas en Europa se ha reducido a través de la interrupción del transporte de las semillas por el agua por las represas múltiples. Mas tratamientos generalizados de este tipo de efectos son proporcionados por Magilligan, et al. (2003), Shafroth, et al. (2001) y Tockner y Stanford (2002).

Daños a deltas de los ríos en el interfaz agua dulce/estuario también pueden ocurrir (Rosenberg et al. 1997) como consecuencia de la inanición de sedimentos, como se ha documentado (Meade, 1995) para el delta del río Mississippi en el Golfo de México. Efectos en los estuarios han sido resumidos por Olsen, et al. (2006). "Inanición" de las playas del océano es otro posible efecto extremo aguas abajo, documentado en los ríos de California por autores desde Grant (1938) hasta Willis y Griggs (2003).

En casi todos los casos, los directores de la represa prefieren manejar el sedimento en una vía que prolonga la vida útil de la represa y el embalse; lo que puede o no ser adecuado en términos de mantener las condiciones naturales aguas abajo. En los ríos tropicales, como los del área de La Amistad, el efecto sobre los regímenes de transporte de sedimentos de la bioturbación de camarones diádromos, y las posibles consecuencias aguas abajo de su extirpación por encima de las represas (Cowl, et al. 2001; Greathouse y Pringle, 2005; Greathouse, et al. 2006c; March, et al. 2002; Pringle, et al. 1992; Pringle y Blake, 1994; Pringle, et al. 1999) es un factor que ha sido en gran parte ignorado.

Regímenes de temperatura aguas abajo es casi siempre alterado por las represas; dependiendo del diseño, pueden elevar o bajar la temperatura aguas abajo. Cuando los hábitat lénticos se insertan en la continuidad natural de un río funcionan como calentadores de agua solares. Donde las represas descargan agua superficial, al igual que muchas represas pequeñas, esto puede dar lugar a elevadas temperaturas aguas abajo. La mayoría de las grandes y modernas represas, presumiblemente incluyendo las previstas para el área de La Amistad, están diseñadas para descargar en o cerca del fondo en condiciones de flujo normal (represas hipolimnéticas), de modo que algunos de los sedimentos que normalmente se producen tras las represas son continuamente lavados. Esto generalmente resulta en bajas temperaturas río abajo.

Cualquiera de los resultados (calefacción o refrigeración) puede alterar significativamente la ecología del río aguas abajo; aquí nos centraremos en las consecuencias de la depresión de la temperatura, el cual parece ser de mayor preocupación en nuestra área. Ejemplos extremos son presentados por muchos "tailwaters" (el trecho de un río directamente aguas abajo de una represa) de embalses en el sur de Estados Unidos que ahora soportan sólo peces de agua fría exóticos para la región (Brooker, 1981; Krause, et al. 2005; Olden, 2004). Una combinación de secuestro de sedimentos e impactos de temperatura se producen en el río Colorado del suroeste de los EE.UU., donde un conjunto de especies endémicas regionales, algunos de ellos oficialmente listados como En Peligro, están amenazados por el cambio de un río naturalmente cálido y turbio a uno frío y claro aguas abajo de grandes represas (Clarkson y Childs, 2000; Minckley y Deacon, 1991). Un efecto similar ha sido observado en el comercialmente valioso Bacalao Murray (*Macullochella peelii*) en los ríos de Australia (Todd, et al. 2005). Un ejemplo espectacular de la venta al por mayor de la alteración de un ecosistema por la alteración de temperaturas aguas abajo es descrito por Lehmkühl (1974), para el río Saskatchewan en Canadá, donde una represa hipolimnética redujo un ensamble de insectos bentónicos que comprende doce órdenes, treinta familias y setenta y cinco especies, a uno compuesto por una sola familia (Chironomidae). Otros ejemplos de efectos de temperatura aguas abajo sobre la biota son proporcionados por Ward y Stanford (1979) y Walling y Webb (1993).

Dependiendo de muchos factores, los efectos negativos del cambio de temperatura han sido documentados a distancias de más de 40 km. aguas abajo de represas hipolimnéticas (Ward, 1985). En el caso extremo de la represa Glen Canyon en el río Colorado, EE.UU., Stevens, et al. (1997) calculó una distancia de 939 km. para una recuperación completa (en la práctica impedido por otros complejos represa/embalse aguas abajo).

Una reciente revisión excelente de los efectos térmicos aguas abajo por las represas es ofrecido por Olden y Naiman (2010) quienes señalan que "A pesar del alcance global de la alteración térmica por las represas, la prevención o mitigación de la degradación térmica no ha entrado en la conversación cuando se discuten los flujos ambientales". Ciertamente este es el caso actualmente en Panamá y Costa Rica.

Los cambios en la química del agua inevitablemente se producen en los lagos de los embalses, y son transmitidos aguas abajo. Especialmente abajo de las represas nuevas, alteraciones químicas, incluida la metilación de mercurio tóxico (Fearnside, 2001; Kelly, et al. 1997; Verdon, et al. 1991) puede ser debida a procesos como la descomposición de la vegetación terrestre en el embalse, que también pueden alterar los procesos de reciclaje de nutrientes (Pringle, 1997; Rosenberg, et al. 1997). Generalmente, más alteraciones de la química del agua vienen en forma de descarga de agua sin oxígeno del fondo del embalse. En casos extremos, descargas con el fin de generar electricidad o la regulación de las inundaciones han causado la muerte de peces por kilómetros río abajo e hizo significantes tramos de ríos abióticos durante meses a la vez (Caufield, 1985, Goldman, 1979). Desoxigenación podría ser una grave preocupación, para la fauna nativa de los ríos turbulentos de la región de La Amistad, a algunas especies que están adaptadas a continuos niveles cercanos de saturación de oxígeno disuelto. Otros cambios en la química del agua río abajo, pueden ser provocados por la alteración de los ciclos de flujo natural. El ejemplo clásico es el de Ahearn, et al. (2005), quien comparó dos ríos adyacentes en California (el Mokelumne con 10 represas, y el Cosumnes sin represas) y encontró diferencias dramáticas en el metabolismo de nitrógeno, fósforo y silicio (además de diferencias en la periodicidad de flujo, transporte de sedimentos y temperatura).



Incluso en ausencia del efecto de barrera de represas y embalses, los factores que acabamos de describir tienen el potencial de afectar tanto a fauna diádroma y no diádroma río abajo, provocando una cadena de efectos que se extiende desde el estuario y las playas a las cabeceras de los ríos. Si bien la compensación de algunos de los efectos es posible, es poco realista esperar que las grandes represas no tengan efectos profundos sobre el Continuum del Río. En el caso de las represas múltiples dentro de una cuenca, estamos de acuerdo con la conclusión de Anderson, et al. (2007), basada en una investigación en la cuenca del Sarapiquí centro-norte de Costa Rica que "Hay una necesidad de un examen de las consecuencias ecológicas a escala base para el desarrollo de energía hidroeléctrica". Esta discusión continuará en la siguiente sección sobre mitigación.

## MITIGACIÓN

La siguiente sección es una versión ampliada de nuestro anterior análisis de mitigación de las represas propuestas en la cuenca Changuinola/Teribe (McLarney y Mafla, 2007), y llega a la misma conclusión: que ninguna mitigación ambiental satisfactoria es posible para las grandes represas propuestas. Cuando la escala es expandida para incluir las represas propuestas en otras cuencas que en conjunto pueden llegar a tener un impacto tanto como el 67% del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, el efecto es reforzar esta conclusión.

### Estrategias para el paso de peces:

El efecto barrera de las represas que afectan a la fauna diádroma está más sujeto a la mitigación donde las especies en cuestión son de gran tamaño, y donde la baja diversidad de especies está involucrada. Los salmones del Pacífico proveen el mejor ejemplo. Hay relativamente poca diversidad de comportamiento entre las más o menos 7 especies y todos son animales generalmente grandes. En la parte Norteamericana de su área de distribución normalmente no comparten cursos de agua con otros taxones diádomos. Además, las especies de *Oncorhynchus* están bien estudiadas, y su importancia comercial justifica la investigación adicional sobre su comportamiento y la inversión en costosas tecnologías de mitigación. Aun así, la mitigación de los efectos de la represa mediante la facilitación de la migración cerca de represas y embalses ha tenido un registro irregular (Francfort, et al. 1994; Orsborn, 1987; Petts, 1984). En todos los casos, la supervivencia de los migrantes ha sido negativamente afectada (National Research Council, 1996; Ferguson, et al. 2005; Williams, et al. 2005). Helfman (2007) proporciona una excelente visión general de las funciones de la falta de información adecuada de historias de vida, mal diseño, construcción de baja calidad, abandono, y priorización de las relaciones públicas sobre los objetivos reales de conservación en la historia de las estructuras relacionadas con la represa en el paso de peces diseñada para salmones del Pacífico y otros peces.

El exitoso uso de las estrategias de paso de peces para mitigar los efectos de barrera, pérdida de hábitat y de fragmentación de las represas sobre los animales diádomos en los trópicos es mucho menos probable, por tres motivos:

- La diversidad de especies y el comportamiento migratorio es mucho mayor que en los ríos de salmón del Pacífico Norte. Una estrategia de mitigación exitosa para una especie debe ser totalmente ineficaz o incluso perjudicial para otra.
- Para la mayoría de especies diádomas tropicales, las historias de vida son a lo mejor poco conocidas, haciendo especulativos esfuerzos de mitigación en el mejor de los casos. En el área de La Amistad, con la posible excepción de la catádroma *Anguilla rostrata* en la Vertiente Atlántica, para ninguna de las especies de peces y camarones diádomos discutidos aquí tenemos una historia de vida completa. Como un indicador del estado de conocimiento, considere que Cruz (1987), después de años de investigación, se redujo a postular que prejuveniles de *Joturus pichardi* migraron río arriba en el centro de grandes ríos, cerca del fondo, simplemente porque éste fue el único lugar que no pudo muestrear.
- En el caso particular de anfidromía, la forma dominante de diadromía en Mesoamérica, los principales estadios migratorios son las larvas y los juveniles muy pequeños con poca o ninguna capacidad locomotora y que pueden ser muy sensibles a la manipulación.

Pocos intentos serios de ofrecer el paso de peces para especies diádromas tropicales han sido hechos, pero se hizo un esfuerzo en Guadalupe, donde camarones Palaemónidos anfídromos del género *Macrobrachium* es de importancia comercial. Una de las dificultades que enfrentó el proyecto fue los diferentes regímenes de escalada que mostraron las tres especies de camarones estudiadas. Un diseño que fue finalmente un éxito parcial para *Xiphocaris elongata* (un Atyido no comercial) y *Macrobrachium faustinum* no facilitó el paso para otro Atyido pequeño, *Micratya poeyi* (Fievet, 1999). Según lo descrito por Fievet (2000) los resultados fueron biológicamente marginales y económicamente ineficientes.

Para nuestro conocimiento, la única aplicación aparentemente exitosa de la tecnología de paso de peces para mitigar los efectos de la represa en los trópicos se presenta en la Isla del Coco, situada en el Océano Pacífico frente a Costa Rica. Allí Rojas (sin fecha), observó el exitoso uso de una estructura de "paso ecológico" en una instalación hidroeléctrica del ICE sobre el río Genio para cinco especies de peces diádromos incluyendo dos miembros de un género restringido en el área de La Amistad a elevaciones por debajo de las represas propuestas (*Eleotris picta* y *Eleotris tubularis*), dos congéneres endémicos de las especies de interés en nuestro contexto (*Gobiesox fulvus* y *Sicydium cocoensis*) y una especie encontrada en toda el área de La Amistad (*Agonostomus monticola*), además de un camarón de río no identificado del género *Macrobrachium*. Adultos de todas las seis especies (que representan el total de la fauna diádroma conocida de la isla), fueron observadas por pasar aguas arriba a través de un tipo de estructura "escalera de peces" en el centro de la represa. Sin embargo, el valor de esta habilidad y estudio "evidencia de que la planificación y ejecución de este tipo de obras permite el desarrollo de infraestructuras en armonía con el entorno ecológico" es exagerada.

La utilidad de la información proporcionada por Rojas (sin fecha) en cualquier discusión sobre los métodos de mitigación de los efectos de represas en el área de La Amistad es casi nula por dos razones:

- El estudio abarcó un período que empezó antes del inicio de la construcción de la represa en el 2002 y finalizó en el 2005. Si bien durante este período, el número de peces y camarones que pasaban por el sitio de la represa se mantuvo estable o aumentó, no existe ninguna prueba de que los huevos demersales y las larvas hayan exitosamente pasado aguas abajo hasta el estuario. Así la sostenibilidad de la estructura como estrategia de conservación todavía no se ha determinado.
- La cima de la represa del ICE sobre el río Genio está al nivel normal de la superficie del agua, así que los resultados no son comparables incluso con la mayoría de los que son por los estándares generalmente aceptados (World Commission on Dams, 2000) de represas "pequeñas" (<15 m. de altura), por no hablar de las grandes represas previstas en el área de La Amistad.

La eficacia de medir el éxito de las instalaciones de paso de los peces, mediante la cuantificación de paso aguas arriba por los adultos también está puesta en duda por estudios en Brasil, donde las instalaciones de paso de peces son obligatorias para las nuevas represas. En ese país, los esfuerzos para facilitar la migración de los peces potamódromos fueron calificados provisionalmente como exitosos para algunas especies. Sin embargo, en algunos casos que a primera vista parecían ser instalaciones con éxito para el paso de peces, demostraron funcionar como trampas, incitando a los peces a ir fuera de un hábitat reproductivamente adecuado por debajo de las represas y a un hábitat inadecuado por encima de ellas (Pelecice y Agostinho, 2008). Basado en un estudio de instalaciones de paso de los peces en las

represas en todo Brasil, y permitiendo para algunos éxito provisional, Agostinho, et al. (2002) consideró que las estrategias particulares de reproducción empleadas por especies neotropicales "hace los pasajes de peces en la mayoría de casos de un instrumento inadecuado para el manejo conservacionista". La diversidad de especies parece ser parte del cuello de botella; en ninguno de los sitios de la represa específicos que se detallan por Agostinho, et al. (2002) más del 44% de las especies conocidas del río inmediatamente debajo de la represa ascendieron por los medios de pasaje de los peces.

Estamos de acuerdo con la evaluación general de Ledec y Quintero (2003): "Medios de paso de peces (escaleras de peces, ascensores u operaciones atrapar y transportar). . . suelen ser de eficacia limitada por diversas razones (incluyendo la dificultad de garantizar el paso seguro río abajo para muchos adultos y alevinos)". También estamos de acuerdo con la conclusión de AES y MWH (2009) que "la construcción de un canal de desove no es una medida de mitigación adecuada para el proyecto Changuinola".

#### Cría artificial de especies migratorias:

Acuicultura como una estrategia de mitigación escasamente merece una mención, pero desde que fue propuesta en el Estudio de Impacto Ambiental, para la represas de Bocas del Toro (Proyectos y Estudios Ambientales del Istmo, 2004a, 2004b, 2004c; PLANETA Panamá, 2005), constituye la pieza central de la reciente propuesta de mitigación, para las represas del cauce principal del Changuinola (AES y MWH, 2009) será discutida brevemente aquí.

Los conceptos de acuicultura ofrecidos en los EIA pasan por encima de la biodiversidad y los aspectos de función del ecosistema con un enfoque orientado a especies que favorecen a los animales de interés directo para los consumidores humanos - *Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi* fueron discutidas, virtualmente a la exclusión de otras especies. AES y MWH (2009) evitaron esta distorsión en particular y dieron prioridad a las especies diádromas que ellos consideraron, basados en la abundancia, ser más importantes (*Agonostomus monticola*, *Joturus pichardi*, *Sicydium altum*, *Macrobrachium heterochirus* y *Atya scabra*), con especies "menos importantes", para ser dejadas para un posterior estudio en las estaciones hidrobiológicas que se proponen establecer. Sin embargo, al proponer la acuicultura como un medio de mantener el número de estas o de cualquier otras especies diádromas mencionadas aquí se pasa por alto la inadecuada o inexistente información de historias de vida de estas especies, discutidas anteriormente.

Cabe señalar que el establecimiento de instalaciones de acuicultura para mitigar los daños causados por las represas es una estrategia particularmente atractiva cuando el objetivo real es el de relaciones públicas. Un ejemplo penoso de esto es proporcionado por la represa Elwha en el río Elwha en Washington, EE.UU. Cuando esta represa se construyó en 1913 no incorporó ninguna instalación de paso para peces, en violación directa de la ley estatal. Para "mitigar", un criadero de peces fue construido en la represa, con la intención de suministrar salmón reproducido artificialmente para repoblar en otros lugares. En 1922 el criadero fue cancelado y cerrado por ser un fracaso; la presa aún se mantiene (Montgomery, 2003). (A partir del año 2012, un cierto grado de mitigación puede ser logrado cuando la represa Elwha se convierta en el mayor proyecto de eliminación de represas en el mundo hasta la fecha) (Wunderlich, et al. 1994).

La brecha entre las aspiraciones y la realidad en el campo de la acuicultura es ilustrado por citas de AES y MWH (2009), en referencia a *Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi*, de trabajo en una estación hidrobiológica de una instalación hidroeléctrica del ICE en Costa Rica (diversamente citado en

su informe como Piedras Blancas o Peñas Blancas), como un "antecedente valioso" y oportunidad para la colaboración. Sin embargo, nuestras propias investigaciones en el ICE (comunicación personal, J.R. Rojas) revelaron que el trabajo sobre estas dos especies en Peñas Blancas (el nombre correcto) aún no ha empezado.

Incluso con la información biológica adecuada y la mejor de las intenciones, el cultivo de la mayoría de las especies es de por sí difícil y costoso. La práctica de la acuicultura, como otras formas de cría de animales, empezó con la búsqueda para esa minoría de especies sensibles al manejo en confinamiento. Si los métodos de acuicultura no existen para especies tan ampliamente apreciadas como *Joturus pichardi*, es porque su cultivo hasta el momento parece ser una propuesta económica poco favorable. Para que la acuicultura comience a contribuir al mantenimiento de la biodiversidad en el PILA se requeriría esfuerzos de investigación multianuales simultáneos para al menos una docena de especies. E incluso si esta tiene éxito, podría constituir una amenaza para la biodiversidad por una eventual sustitución de los genotipos silvestres por cepas "domesticadas".

#### El fenómeno de "landlocking":

Para la mayoría de las especies diadromía parece ser un comportamiento obligado; uno de los factores de éxito para la mayoría de las especies diádromas es un rango de salinidad en las diferentes etapas de vida. Sin embargo, en algunos casos, ya sea por casualidad o por medio de introducciones intencionales, una especie naturalmente diádroma resulta capaz de completar su ciclo de vida, mediante la sustitución de un gran cuerpo de agua dulce por el estuario o componente marino. Este fenómeno, conocido en Inglés como "landlocking" ocurre con mayor frecuencia con especies anádromas de salmónidos que dan lugar, por ejemplo, a las poblaciones naturales *sin litoral* de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) en el noreste de Estados Unidos y el este de Canadá, o para la introducción exitosa de varias especies de salmón del Pacífico (*Oncorhynchus*) en los Grandes Lagos de América del Norte. McDowall (1988), señala que en algunas familias de peces "las especies no diádromas han evolucionado y convertido en especies diferentes que están reproductivamente aisladas de anteriores o todavía existentes especies diádromas".

Esto da lugar a la especulación sobre las posibilidades de "landlocking" fortuito como una forma de "mitigación accidental". Por ejemplo, AES y MWH (2009) plantean la posibilidad que *Sicydium* podría utilizar lagos del embalse en el cauce principal del Changuinola, como sustitutos para el ambiente normal de guardería estuarino. Si bien, esto puede no ser técnicamente "imposible", la ausencia de cualquier ocurrencia documentada entre los 16 miembros reconocidos de un género pantropical, elimina esta posibilidad de una seria consideración en cualquier discusión de los temas ambientales y de biodiversidad planteadas por las represas propuestas en las cuencas de La Amistad.

Otros cuatro casos de supuesto "landlocking" son planteadas por AES y MWH (2009):

- Citan Castro-Aguirre, et al. (1999) como reporte de la existencia de una población reproductiva "landlocked" de *Pomadasys crocro* en un lago del embalse (Miguel Aleman o El Temascal) en México, que se encuentra bien tierra adentro y no lejos de la Divisoria Continental. Castro-Aguirre, et al. (En prensa) añade dos especies a esta lista, reportando aparentes poblaciones landlocked en el mismo embalse de dos especies diádromas adicionales - *Gobiomorus dormitor* y *Dormitator maculatus*. La última ocurrencia es inusual,

- ya que *D. maculatus* es generalmente considerado una especie costera, no conocido de más de 12 m. en Costa Rica (Bussing, 1998).
- Como se mencionó anteriormente, existen informes de poblaciones landlocked de *Gobiomorus dormitor* en un lago natural en Nicaragua (McKaye, 1977; McKaye, et al. 1979) y de un lago de embalse en Puerto Rico (Bacheler, 2002; Bacheler, et al. 2004). Por diferentes razones sugerimos que ninguna población constituye una prueba definitiva de la existencia de una población no diádroma autosostenible de *G. dormitor*. Pero la información más convincente es la desaparición documentada de *G. dormitor* por encima de un número mucho mayor de represas altas en Puerto Rico (Holmquist, et al. 1998; Kwak, et al. 2007).
  - AES y MWH (2009) interpretan la mención de Bussing (1998) de *Gobiesox nudus* de arroyos tributarios al "Lago Arenal" en Costa Rica como una prueba de landlocking exitoso. Ellos fueron presumiblemente inconscientes de que el Lago Arenal fue en su origen un lago natural, inundado en 1973 por una represa hidroeléctrica, para formar un cuerpo de agua más grande, Embalse Arenal. Por lo que podemos determinar que todos los registros a los que se refiere Bussing, fueron antes de la inundación.
  - El argumento menos convincente propuesto por AES y MWH (2009) es que la presencia de poblaciones autosostenibles de dos camarones diádromos (*Atya scabra* y *Macrobrachium heterochirus*) y posiblemente un pez diádromo (*Atherinella chagresi*) en el Lago Gatún, Panamá es una evidencia de exitosas adaptaciones a un completo ciclo de vida de agua dulce. El Lago Gatún forma parte del Canal de Panamá, el cual es ecológicamente famoso por haber facilitado el paso de organismos marinos entre los océanos Atlántico y Pacífico. Por lo tanto, presenta múltiples oportunidades para el movimiento intencional o no intencional de las especies en cuestión y otras. Poblaciones "aisladas" en el Lago Gatún no pueden legítimamente aducirse como prueba de landlocking exitoso.

A pesar de las dudas expresadas anteriormente, no es posible afirmar que un landlocking exitoso de una o más de las especies diádromas del área de La Amistad en un nuevo lago de embalse no podría ocurrir. En el caso tal que una ocurrencia de landlocking deba funcionar de casualidad como mitigación de una parte para la especie en cuestión. Sin embargo, dado el número de especies diádromas implicadas y el número de complejos represa/embalse propuestos, esta posibilidad no merece la seria inclusión en el debate sobre las posibles estrategias de mitigación.

Además, incluso si fuera posible establecer una gama completa de especies diádromas en un fragmento de hábitat aislado por encima de un embalse futuro, esto no haría nada para seguir los aspectos del Continuum del Río planteados anteriormente. La contribución a los ecosistemas aguas abajo y de estuario por la actividad de la "eco-ingeniería" de peces herbívoros y camarones en las áreas de las cabeceras y la biomasa de formas larvales que descienden de estas áreas podría aún ser en gran medida eliminada por los efectos combinados de represa y embalse.

#### Mitigación aguas abajo:

La mitigación de impactos ambientales sobre los peces y otros animales aguas abajo de las represas es un tema el cual ha atraído cierta atención en los últimos años. Muchos países, incluyendo Costa Rica y Panamá, legalmente se encargan del diseño de las represas y la gestión para mantener los

"flujos ambientales" aguas abajo. Dado que el principal objetivo de este trabajo es la conservación de la biodiversidad en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad y el mantenimiento de la conectividad y la función de corredor en los ríos de la zona, nuestro tratamiento de mitigación de los efectos ambientales directos aguas abajo será breve. Señalaremos que los caudales ambientales son calculados como el porcentaje mínimo de flujo "normal" que debe mantenerse. Si bien, esto es ciertamente un paso en la dirección correcta, dista mucho de la gestión para evitar los múltiples impactos potenciales río abajo mencionados en la sección anterior. Regulaciones que no tienen en cuenta las necesidades particulares de las especies que habitan el río regulado pueden pasar la prueba de "buenas intenciones", pero no debe interpretarse como una garantía de protección de la biodiversidad.

#### Mitigación a escala regional:

Toda la discusión aquí ha sido sobre mitigación a nivel de río o sitio. Algunos de los participantes en el gran debate han abierto el tema de mitigación a "escala regional" (comunicación personal, J. Opperman, The Nature Conservancy). En la práctica, esto involucraría "sacrificar" algunos de los ríos del área de La Amistad a su vez para garantizar la protección de la función del corredor y una gran variedad de hábitat adecuados para todas las especies diádromas y potamódromas en otros ríos. Este concepto es a lo sumo un concepto "mejor que nada" con tres defectos obvios:

1. La gran diversidad de actores, incluyendo los sectores gubernamentales y privados de ambos países, tenderían hacia un proceso difícil el cual podría seriamente limitar la capacidad de los conservacionistas para encontrar socios dispuestos y capaces para contribuir a los planes de conservación de cuencas.
2. Uno de los cuatro cuadrantes del área de La Amistad (Panamá - Vertiente del Pacífico) está ya en gran medida "fuera de la mesa" en virtud de la existencia de represas que cierran todas las cuencas del Sitio del Patrimonio de la Humanidad en ese cuadrante a los migrantes río arriba.
3. Una propuesta de mitigación a escala regional, podría quizás ser más atractiva existiendo otras grandes amenazas para el mantenimiento de la diadromía y la función de corredor en el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad y sus cuencas aguas abajo. Sin embargo, en la Vertiente Atlántica, que comprende la mayor parte del área de interés, las cuencas a altitudes por encima de las represas propuestas ya gozan de muy buena a excelente protección contra estrés antropogénico en el sitio, gracias a su ubicación dentro del PILA y otras áreas protegidas. En este contexto, el "intercambio" de particulares áreas de cuencas, no parecería ser un negocio atractivo, incluso si otras alternativas no están disponibles.

#### Conclusión:

Mitigación efectiva de los problemas ambientales causados por represar ríos requieren que una serie de condiciones sean cumplidas:

- La implementación de medidas de mitigación deben ser técnicamente factibles, basados en los conocimientos actuales: En el caso particular presentado por los ríos, y sobre todo la diversidad de la biota, de la región de La Amistad estaría lejos de cumplir esta condición,

incluso si los múltiples proyectos de investigación necesarios para acercarse a esta condición ya están financiados y en marcha.

- La incorporación de estrategias de mitigación deben ser económicamente viables durante las fases construcción y operación de la represa. En el mejor de los casos, cumpliendo esta condición normalmente requerirían un largo proceso de negociación, ya que el propósito de construir una presa no es mejorar los principios naturales. Los constructores y operadores de la represa están motivados principalmente por el uso de la represa en particular (en el contexto de La Amistad, la generación de energía eléctrica) y el deseo de lograr un beneficio. Modificaciones para alcanzar otros objetivos son usualmente considerados como distracciones y gastos agregados que no contribuyen en nada a la consecución de los objetivos principales.
- Debe existir una disposición por parte de los involucrados en la operación de la represa a las "reglas del juego". Si existe la menor duda (y generalmente ocurre), la plena aplicación de una estrategia de mitigación requerirá la disponibilidad de una fuerza reguladora dedicada, concedora y capaz.
- Si la mitigación es más que pro forma, también debe haber una disposición para la supervisión a largo plazo para determinar si los objetivos de mitigación se están cumpliendo, y para detectar cualquier problema que puede requerir cambios en la administración de la represa.

En general, estamos de acuerdo con la evaluación de un Documento de Trabajo del Banco Mundial titulado "Good Dams and Bad Dams" - "En el mundo real de los presupuestos limitados, horarios apretados de construcción, conflictos de prioridades y debilidad de los organismos de ejecución, las medidas de mitigación ideales son a menudo no llevadas a cabo, incluso si son debidamente planificadas" y "porque las medidas de mitigación a menudo no se aplican plenamente y, a veces son inherentemente inadecuados, la medida de mitigación ambiental más importante para un nuevo proyecto hidroeléctrico es la selección de un buen sitio, para asegurarse de que la nueva represa propuesta será en gran medida benigna en el primer lugar" (Ledec y Quintero, 2003).

Relacionando esto, específicamente a peces y camarones migratorios, Freeman, et al. (2003) afirma que "La creciente evidencia de efectos sobre la función del río de perder la fauna migratoria implica que estos efectos deben ser explícitamente considerados en decisiones de si o donde construir represas".

Nos parece que Ledec y Quintero (2003), Freeman, et al. (2003) y la mayoría de los otros quienes han intentado analizar los efectos ambientales de represar ríos a escala mundial o regional proyectan una confianza injustificada en la voluntad/capacidad de los gobiernos nacionales al más alto nivel para dar prioridad la biodiversidad y otras preocupaciones ambientales en la planificación de proyectos de infraestructura tales como represas. En el caso específico de Costa Rica y Panamá, si bien en los gobiernos nacionales, y especialmente dentro de los organismos encargados de la conservación de los recursos naturales, no hay gran falta de conciencia de los tipos de preocupaciones expresadas aquí, al parecer el único objetivo de seguir con la planificación de la represa es maximizar el desarrollo del potencial energético de cada país. Dentro de ese sencillo criterio los factores que influyen la selección de sitios parecen ser el potencial económico, contribución proyectada de la energía y la viabilidad de la construcción. La preservación de las funciones de flujo, conservación de la biodiversidad



y otros factores ambientales (junto con los aspectos socioculturales) entran como un subconjunto de la preocupación de viabilidad - es decir, que se vuelven importantes en la medida en que otros actores formulen objeciones o emprendan acciones que puedan llevar a retrasos o costos no anticipados o que afecten negativamente a la imagen internacional de conservación de los países. Esta situación se ejemplifica por la aparición tardía de una propuesta de mitigación totalmente inadecuada para la represa CHAN-75 (AES y MWH, 2009), más de un año después de que se inició la construcción y, aparentemente al menos en parte en respuesta a las preocupaciones medioambientales que plantean los defensores de los derechos indígenas y ambientales. La realidad evidente que las medidas de mitigación propuestas no son probadas y no podían ser puestas en marcha hasta años después del programado cierre por la represa impugna la seriedad del conjunto esfuerzo de mitigación.

Basados en la familiaridad a largo plazo con los recursos bióticos a ser afectados, además de un considerable conocimiento de los planes de represa específicos en las cuencas Changuinola/Teribe y Sixaola/Telire, consideramos que las represas propuestas para los ríos que drenan el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad en general son inaceptables a nivel de selección del sitio. Por lo tanto no es posible una mitigación adecuada.

## RECOMENDACIONES

Nuestro informe anterior (McLarney y Mafla, 2007) fue preparado para ser presentado con y en apoyo de una petición a la UNESCO para ubicar a La Amistad en la lista oficial de Sitios de Patrimonio de la Humanidad en Peligro (Thorson, et al. 2007). Este paso no ha sido tomado, y en este momento no queremos hacer una recomendación firme para que la UNESCO lo haga. Tampoco deseamos disuadir tal paso; nosotros simplemente no estamos en condiciones de sugerir cuales medidas serían más eficientes en la detención de lo que vemos como una amenaza muy grave a la biodiversidad y la integridad ecológica de los dos Parques Nacionales que comprenden el Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad que fueron establecidos para proteger (Alvarado, 1989).

Queremos hacer notar que la amenaza se ha vuelto más seria con la divulgación de los planes de represas múltiples en la Vertiente Atlántica del área de La Amistad en Costa Rica (complementado por nuestro propio mayor conocimiento de problemas similares ya existentes en la Vertiente del Pacífico de ambos países). Si bien la misión 2008 de la UNESCO necesariamente involucró los gobiernos de ambos países, y algunos problemas fueron identificados en el Parque Nacional La Amistad de Costa Rica, el peso de la crítica y las recomendaciones resultantes cayeron mucho más en el país (Panamá), donde una amenaza clara y directa a la biodiversidad fue identificada en forma de propuestas de represas hidroeléctricas en la cuenca Changuinola/Teribe.

En este momento, el alcance de la amenaza es igual en los dos países, aunque más inminente en Panamá. Como hemos demostrado en este informe, los daños potenciales en este momento no sólo hacen parte de una de las principales cuencas que drenan el PILA (la Changuinola/Teribe), con probables extirpaciones múltiples de especies en más de la mitad de la cuenca dentro del Sitio del Patrimonio de la Humanidad, sino de las dos terceras partes de los dos parques nacionales combinados, incluyendo una gran parte de todas las principales cuencas, con daños similares en las otras áreas protegidas y territorios indígenas que forman la Reserva de la Biosfera La Amistad. Recomendamos, que a la luz de esta información sobre la mayor dimensión de la amenaza, la cuestión de la designación de La Amistad como un Sitio del Patrimonio de la Humanidad en Peligro, junto con todas las alternativas, son consideradas como si se tratara de una nueva discusión.

Al considerar la compleja situación presentada por el área de La Amistad, reconocemos dos hechos expuestos en Pringle (2001). Refiriéndose a la declaración frecuente de las Áreas Protegidas en la parte alta de las cuencas, declaró que:

- "Los gobiernos suelen proteger tales áreas debido a una combinación de escaso potencial agrícola, valor escénico o la protección de los suministros de agua para el hombre. Valores ecológicos y de vida silvestre son a menudo un beneficio secundario". Queremos hacer notar que, como se cita anteriormente, en el caso concreto de La Amistad hay un compromiso claramente articulado a "los valores ecológicos y de vida silvestre".
- "... protección y manejo de la conectividad hidrológica no han recibido la atención que se merecen por parte de biólogos de la conservación o gerentes de recursos".

A lo que agregaríamos que los conservacionistas y administradores de recursos ya no tienen el lujo de definir "el recurso" dentro de las fronteras administrativas. No podemos proteger totalmente a las especies diádromas del Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad, la biodiversidad de la que

forman parte, o el ecosistema en el que funcionan al actuar únicamente dentro de los límites del Sitio del Patrimonio de la Humanidad o un grupo más amplio de Áreas Protegidas. Sugerimos que la UNESCO se encuentra en una excelente posición para proveer liderazgo en la implementación de un concepto más amplio de protección de la biodiversidad en el área de La Amistad, tomando plenamente en cuenta la conectividad hidrológica.

Nuestra recomendación fundamental es que, con el propósito de mantener la biodiversidad excepcional de los > 9.000 kilómetros cuadrados de área en la que el binacional Sitio del Patrimonio de la Humanidad La Amistad forma el núcleo, la conectividad hidrológica necesita ser preservada, y las grandes represas no deben ser construidas en los ríos que drenan el área. Si bien uno puede o no estar de acuerdo con uno de los fundadores del Sistema Costarricense de Parques Nacionales, Mario Boza, que dice que "los estándares ambientales internacionales deberían ser fijados por una organización ambiental de las Naciones Unidas que tienen la facultad para infringir sobre la soberanía de los estados individuales en asuntos ambientales" (Boza, 1993) hay que reconocer que la UNESCO no puede ordenar la ejecución de tal recomendación. Por lo tanto solicitamos respetuosamente al Comité del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO para llevar a cabo cualquier acción que, a su juicio, mejor encaminen los gobiernos de Costa Rica y Panamá, junto con otros actores, hacia la realización de nuestra recomendación.

## AGRADECIMIENTOS

La preparación de este documento fue respaldada por donaciones de la International Community Foundation y el Center for Biological Diversity. Gracias a Anne McEnany y Peter Galvin de la supervisión del proceso de concesión en sus respectivas instituciones.

Los mapas fueron elaborados por Ricardo Pérez (Costa Rica) y José Miguel Guevara (Panamá). La cartografía resultó ser un proceso mucho más complicado de lo previsto, y no habría podido completarse sin la intercesión y la asistencia en varios momentos de Monti Aguirre, Jason Gray, Osvaldo Jordan, Josh Pope, Cathy Pringle, Ariel Rodríguez, Jenny Sanders, Marcia Snyder y Sharon Taylor.

Con los años la comunicación personal con un número de biólogos ha enriquecido nuestra comprensión de la fauna del área de La Amistad y el fenómeno de diadromía. Las contribuciones de Nicole Barbee, Bill Bussing, Jorge García, Effie Greathouse, Yurlandy Gutiérrez, Bob McDowall, Peter Esselman, John Lyons, Cathy Pringle y Monika Springer son todos reflejados en el presente documento, aunque las opiniones son por supuesto de nosotros. Cabe señalar que cualquier error en este documento es nuestro; debido a presiones de tiempo para entregar un documento a la UNESCO en el momento oportuno, nos vimos obligados a omitir la oportunidad de solicitar la revisión de la versión final, la cual varias de las personas citadas aquí habría estado dispuesto a hacer.

La traducción en español fue efectuada por el ex miembro del Equipo de Biomonitorio de ANAI, Diego Rivera, y editado por Beatriz Sequeira de ANAI. La versión en español del Resumen Ejecutivo fue traducida por Elena Carlson.

El ímpeto para una versión ampliada de nuestro informe original a la UNESCO provino de Osvaldo Jordan, y su disposición a ayudar en todo el proceso fue un activo indispensable.

## REFERENCIAS CITADAS

- Aass, P. and M. Krabel. 1999. The exploitation of a migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) population: change of fishing methods due to river regulation. *Regulated Rivers: Research and Management* 15: 211-219.
- Abele, L.G. and N. Blum. 1977. Ecological aspects of the freshwater crustaceans of the Perlas Archipelago, Panama. *Biotropica* 9 (4): 239-252.
- Abele, L.G. and W. Kim. 1989. The Decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithsonian Contributions to Zoology* 482. 50 pp.
- Aboussouan, A. 1969. Note sur les «Bichiques» de l'île de la Réunion. *Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Fasc. hors série suppl.* 1969 (9): 25-31
- Acosta, P.A. 1952. Inland Fisheries of the Philippines. Pp. 91-99 In: *Philippine Fisheries*. Philippine Bureau of Fisheries, Manila.
- AES and MWH. 2009. Propuesta de una Estrategia de Mitigación Para Peces y Camarones. AES Changuinola, S.A. 171 pp.
- Agostinho, A.A., L. C. Gomes, D. Rodriguez-Fernandez and H.I. Suzuki. 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 290-306.
- Ahearn, D.S., R.W. Sheibley and R.A. Dahlgren. 2005. Effects of river regulation on water quality in the lower Mokelumne River, California. *River Research and Applications* 21:651-670
- Aiken, K. A. 1985. *Sicydium plumieri* (Bloch) a migratory fish from Jamaica rivers. *Natural History Notes, Natural History Society of Jamaica* 1(10): 35-39.
- \_\_\_\_\_. 1988. Notes on the ecology of fishes of some rivers in Portland. *Natural History Notes, Natural History Society of Jamaica* 2(2): 9-19.
- \_\_\_\_\_. 1998. Reproduction, diet and population structure of the mountain mullet (*Agonostomus monticola*) in Jamaica, West Indies. *Environmental Biology* 53(3): 347- 352.
- Alfaro, A. 1935. Investigaciones científicas. Trejos Hnos. San José. 317 pp.
- Alpirez Quesada, O. 1985. Ictiofauna de la vertiente Pacífica de Costa Rica. *Brenesia* 24:297-318.
- Alvarado, R. 1989. Procedimiento para el Manejo Inicial de Parques Nacionales, dos Estudios de Caso de Panamá. Tesis MSc, Universidad de Costa Rica – CATIE. 142 pp.
- ANAM. 2009. Sistema Nacional de Información Ambiental. Mapa Interactiva: <http://mapserver.anam.gob.pa/website/mdl/viewer.htm>
- Anaya, S. J. 2009. Special Rapporteur on the Situation of Human Rights and Fundamental Freedoms of

- Indigenous People. Observaciones sobre la situación de la comunidad Charco la Pava y otras comunidades afectadas por el proyecto hidroeléctrico CHAN-75 (Panama).
- Anderson, E.A., M.C. Freeman and K.C. Pringle. 2006. Ecological consequences of hydropower development in Central America: impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. *River Research and Applications* 22(4): 397-411.
- Anderson, E.A., K.C. Pringle and M.C. Freeman. 2007. Quantifying the extent of river fragmentation by hydropower dams in the Sarapiquí River Basin, Costa Rica. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18(4): 408-417.
- Anderson, W.D. 1957. Larval forms of the freshwater mullet (*Agonostomus monticola*) from the open ocean off the Bahamas and south Atlantic coast of the United States. *Fishery Bulletin, U.S. Fish and Wildlife Service* 57: 415-425.
- Angermeier, P.L. and J.R. Karr. 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes* 9: 117-135.
- Asociación ANAI. 2007. Peces Diadromos del Parque Internacional La Amistad. Programa de Biomonitorio, Asociación ANAI, San José, Costa Rica. 15 pp.
- \_\_\_\_\_. In prep. Camarones y Cangrejos de Agua Dulce del Caribe de Costa Rica. Programa de Biomonitorio, Asociación ANAI, San José, Costa Rica. 2 pp.
- Atwood, T. 1791. The history of the island of Dominica. (Orig. publ.: J. Johnson, No. 72, St. Paul's Churchyard, London, MDCCXCI.) Reprint facsimile edition 1971. (Cass Library of West Indian Studies, no. 27. Ed.). Frank Cass and Co. Ltd., London. viii + 285 p.
- Bacheler, N.M. 2002. Ecology of bigmouth sleepers, *Gobiomorus dormitor* (Eleotridae) in a Puerto Rico reservoir. MS Thesis, NC State U., Raleigh, NC. 99 pp.
- Bacheler, N.M., J.W. Neal & R.L. Noble. 2004. Reproduction of a landlocked diadromous fish population: bigmouth sleepers *Gobiomorus dormitor* in a reservoir in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 40(2): 223-231.
- Bain, M.B., J.T. Finn and H.E. Booke. 1988. Streamflow regulation and fish community structure. *Ecology* 69(2): 382-392.
- Balon, E.K. and M.N. Bruton. 1994. Fishes of the Tatinga River, Comoros, with comments on freshwater amphidromy in the goby *Sicyopterus lagocephalus*. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 5: 25-40.
- Banack, S.A., M.H. Horn and A. Gawlicka. 2002. Disperser- vs. establishment-limited distribution of a riparian fig tree (*Ficus insipida*) in a Costa Rican tropical rain forest *Biotropica* 34 (2): 232-243
- Barbee, N.C. 2002. Distribution patterns of two grazers, *Sicydium salvini* and *Protoptila* sp., in riffles and pools in a Pacific coast stream in Costa Rica. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 38: 739-743.

- \_\_\_\_\_. 2004. Grazing insects reduce algal biomass in a neotropical stream. *Hydrobiologia* 532: 153-165.
- Barlow, C.G. and K. Bock. 1984. Predation of fish in farm dams by cormorants, *Phalacrocorax* spp. *Australian Wildlife Research* 11: 559-566.
- Bass, D. 2003a. A comparison of freshwater macroinvertebrate communities on small Caribbean Islands. *BioScience* 53(11) 1094-1100.
- \_\_\_\_\_. 2003 b. A survey of freshwater macroinvertebrates in Tobago, West Indies. *Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club*. 2003: 64-69.
- Bell, H. 2007. Endangered and threatened wildlife and plants, 12 month finding on a petition to list the American eel as Threatened or Endangered. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service 50CFR Part 17. *Federal Register* 72(22): 4967-4997.
- Bell, K.N.I. 1994. Life cycle, early life history, fisheries and recruitment dynamics of diadromous gobies of Dominica, W.I. emphasizing *Sicydium punctatum* Perugia. Biology Dept., Memorial University of Newfoundland. 275 pp.
- \_\_\_\_\_. 1999. An overview of goby-fry fisheries. *Naga, the ICLARM Quarterly*. Manila 22: 30-36.
- Bell, K.N.I and J.A. Brown. 1994. Active salinity choice and enhanced swimming behavior in 0- to 8-day old larvae of diadromous gobies, including *Sicydium punctatum* in Dominica, West Indies. *Marine Biology* 121: 409-417.
- \_\_\_\_\_. 1995. Seasonal, inverse cycling of length and age at recruitment in the diadromous gobies *Sicydium punctatum* and *Sicydium antillarum* in Dominica, West Indies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 52: 1535-1545.
- Benstead, J.P; J.G. March, C.M. Pringle and F.N. Scatena. 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications*: 9: 656-668.
- Blanco, G. J. 1956. Assay of the goby fry (ipon) fisheries of the Laoag River and its adjacent marine shores, Ilocos Norte Province. *Philipp. J. Fish.* 4: 31-80
- Blanco, G.J. and D.V. Villadolid. 1939. Fish-fry industries of the Philippines. *Philippines Journal of Science* 69: 69-100.
- Borges Barthem, R., M.C. Lambert de Brito Ribeiro and M. Petrere, Jr. 1991. Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 55(3): 339-345.
- Bowles, D.E., K. Aziz and C.L. Knight. 2000. *Macrobrachium* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the contiguous United States: a review of the species and an assessment of threats to their survival. *Journal of Conservation Biology* 20: 158-171.

- Boza, M.A. 1993. Conservation in action: Past, present, and future of the national park system of Costa Rica. *Conservation Biology* 7 (2): 239-247.
- Briceño, J. and J.A. Martínez. 2008. Peces del Río Chiriqui (1986). *Biota Panamá*. <http://biota.wordpress.com/2008/08/09/peces-del-rio-chiriqui-1986/>
- Bright, G.R. 1982. Secondary benthic production in a tropical island stream. *Limnology and Oceanography* 27: 472-480.
- Brockmann, F.W. 1965. A taxonomic study of the Panamanian freshwater gobies of the genera *Awaous* and *Sicydium*. M.S. Thesis. Florida State University. Tallahassee. 103 pp.
- Brooker M.P. 1981. The impact of impoundments on the downstream fisheries and general ecology of rivers. *Advances in Applied Biology*, 6: 91–152.
- Bussing, W. A. 1976. Geographic distribution of the San Juan Ichthyofauna of Central America with remarks on its origin and ecology. *In: Investigations of the ichthyofauna of Nicaraguan lakes*, (T.B. Thorson, ed.). University of Nebraska, Lincoln. 157-175.
- \_\_\_\_\_. 1980. Status of the cyprinodontid fish genus *Rivulus* in Costa Rica, with description of new endemic species. *Brenesia* 17: 327-364.
- \_\_\_\_\_. 1996. *Sicydium adelum*, a new species of gobiid fish (Pisces: Gobiidae) from Atlantic slope streams of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 44: 819-825.
- \_\_\_\_\_. 1998. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 46, supl. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 468 pp.
- Castro, G.S. 2004. Pueblos y Ríos Amenazados, las Represas en la Región de PPP. <http://www.otrosmundoschiapas.org/analisis/PRESASPPP.pdf>
- Castro-Aguirre, J.L., H. Espinosa Pérez and J.J.Schmitter-Soto 1999. Ictiofauna Estuarino-lagunar y Vicaria de México. Editorial Noriega-Limusa. Instituto Politécnico Nacional, Mexico City. 711 pp.
- Castro-Aguirre, J.L., H. Espinosa Pérez, J.J.Schmitter-Soto and L.T. Findley. In Press. Peces Mexicanos de Lagunas Hipersalinas y Neutras.
- Catala, R. 1982. Poissons d'eau douce de Madagascar (suite et fin): Famille des *Gobiidés* (suite). *Rev. fr. Aquariol.* 9 (2): 57-64.
- Caufield, C. 1985. *In the Rainforest*. Pan Books. London.
- Cedeño-Obregon, F. 1986. Contribución al conocimiento de los camarones de agua dulce de Costa Rica. Colección perteneciente al Museo de Zoología de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. San José. 82 pp.
- Cervigon, F. 1993. Los Peces Marinos de Venezuela. Vol. II. Fundación Científica los Roques. Segunda Edición. Caracas. 498 pp.



- Chan, E.K.W., Y.T. Yu, Y Zhang and D. Dudgeon. 2008 Distribution Patterns of Birds and Insect Prey in a Tropical Riparian Forest. *Biotropica* 40(5): 623-629.
- Choudhoury, P.C. 1971. Response of larval *Macrobrachium carcinus* (L.) to variations in salinity and diet (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* 20: 113-120.
- Clark, A.H. 1905. Habits of West Indian whitebait. *American Naturalist* 39 (461): 335-337.
- Clarkson, R.W. and M.R. Childs. 2000. Temperature effects of hypolimnial-release dams on Early life stages of Colorado River basin big-river fishes. *Copeia* 2000: 402-412.
- Collier, M., R.H. Webb and R.H. Schmidt. 1996. Dams and Rivers: Primer on the Downstream Effects of Dams. U.S. Geological Survey Circular 1126. USGS, Denver, Colorado.
- Concepción, G.B. and S.G. Nelson. 1999. Effects of a dam and reservoir on the distributions and densities of macrofauna in tropical streams of Guam (Mariana Islands). *Journal of Freshwater Ecology* 14: 447-454.
- Consorcio TLBG / UP / STRI. 2009. Informe de la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá). <http://www.pancanal.com/esp/cuenca/rocc/5-1-3-5.pdf>.
- Cortes, R. M. V., M. T. Ferreira, S.V. Oliveira, and F. Godinho F. 1998. Contrasting impact of small dams on the macroinvertebrates of two Iberian mountain rivers. *Hydrobiologia* 389: 51-61.
- Corujo-Flores, I. 1980. A study of fish populations in the Espiritu Santo River estuary. MSc. thesis, U. of Puerto Rico, Rio Piedras.
- Covich, A.P. 1988. Geographical and historical comparisons of neotropical streams: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 361-386.
- Craig, D.A. 2003. Geomorphology, development of running water habitats, and evolution of black flies on Polynesian islands. *BioScience* 53: 1079-1093.
- Crowl, T.A., W.H. McDowell, A.P. Covich and S.L. Johnson. 2001. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. *Ecology* 82: 773-783.
- Cruz, G.A. 1987. Reproductive biology and feeding habits of cuyamel, *Joturus pichardi* and tepemechin, *Agonostomus monticola* (Pisces; Mugilidae) from Rio Platano, Mosquitia, Honduras. *Bulletin of Marine Science* 40 (63-72).
- Cultural Survival, 2008. Panama's Ngöbe Indians Win Major Victory at Inter-American Commission on Human Rights. *Cultural Survival Quarterly*, Winter, 2008.
- Darnell, R.M. 1956. Analysis of a population of the tropical freshwater shrimp, *Atya scabra* (Leach). *The American Midland Naturalist* 55(1): 131-138.

- \_\_\_\_\_ 1962. Fishes of the Rio Tamesi and related coastal lagoons in east-central Mexico. Publications of the Institute of Marine Science, University of Texas 8 (2): 299-365.
- Debrot, A.O. 2002. The Freshwater shrimps of Curacao, West Indies (Decapoda, Caridea). Crustaceana 76(1): 65-76.
- \_\_\_\_\_ 2003. A Review of the freshwater fishes of Curacao, with comments on those of Aruba and Bonaire. Caribbean Journal of Science 39(1):100-108.
- De Marona, B. and P. Albert. 1999. Ecological monitoring of fish assemblages downstream of a hydroelectric dam in French Guiana (South America). Regulated Rivers, Research and Management 15: 339-351.
- Díaz-Vesga R., 2007. Biología reproductiva del “besote” *Joturus pichardi* y del “rayado” *Agonostomus monticola* (Mugiliformes: Mugilidae) en el río Toribio, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad del Magdalena. 84 pp.
- Dobles, R. 2007. Quoted in Loaiza N. V. País desaprovecha 80% del potencial de energía limpia. La Nación, June 10, 2007. p. 6A.
- Dudgeon, D. 1982. An investigation of physical and biotic processing of two species of leaf litter in Tai Po Kau Forest Stream, New Territories, Hong Kong. Archiv fur Hydro- biologie 96: 1-32.
- Dudgeon, D. and K.K.Y. Wu. 1999. Leaf litter in a tropical stream: Food or substrate for macroinvertebrates? Archiv fur Hydrobiologie 148: 65-82.
- Ego, K. 1956. Life history of freshwater gobies. In: Freshwater Game Fish Management Research, Project No. 4-4-R, pp. 1-23. Dept. of Land and Natural Resources, Hawaii.
- Elson, P.F. 1962. Predator-prey relationships between fish-eating birds and Atlantic salmon. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 133.
- Encuentro de Ganaderos y Productores. 2008. Comunicado de Prensa, realizado en el local del Club de Lazo los Centauros, Bugaba, Provincia de Chiriqui, 9 Noviembre, 2008. 5 pp. <http://www.panamaprofundo.org/boletin/represas/comunicado-de-prensa.htm>.
- Englund, R. and R. Filbert. 1997. Discovery of the native stream goby, *Lentipes concolor*, above Hawaii's highest waterfall, Hillawee Falls. Bishop Museum Occasional Papers 49: 62-64.
- Erdman, D.S. 1961. Notes on the biology of the gobiid fish *Sicydium plumieri* in Puerto Rico. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean. 11: 448-456.
- \_\_\_\_\_ 1972. Inland Game Fishes of Puerto Rico. Puerto Rico Department of Agriculture, Commonwealth of Puerto Rico, San Juan.

- \_\_\_\_\_. 1976 Spawning patterns of fishes from the northeastern Caribbean. Agric. Fish. Contrib. Off. Pub. Spec. Serv. 7(2):10-11.
- \_\_\_\_\_. 1984. Exotic Fishes in Puerto Rico, In Distribution, Biology and Management of Exotic Fishes. W.R. Courtenay, Jr. & J.R. Stauffer, Jr. 162-176. Baltimore. The Johns Hopkins University Press.
- \_\_\_\_\_. 1986. The green stream goby, *Sicydium plumieri* in Puerto Rico. Tropical Fish Hobbyist 2: 70-74.
- Escobar, J.G. 1979. Carideos (Palaemonidae y Atyidae) en los rios de la Region de Santa Marta. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betin (Colombia). 11: 97-133.
- ETESA, 2000. Necesidad de Realizar Estudios Basicos de Centrales Hidroelectricos para el Desarrollo del Subsector Electrico de la Republica de Panamá. Potencial Hidroelectrico 24/11/00. <http://www.hydromet.com.pa/sp/potencialFYm.htm>.
- Fearnside, P.T. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. Environmental Management 27(3): 377-396.
- Feldham, M.J. and J.C. MacLean. 1996. Carlin tag recoveries as an indicator of predation on salmon smolts by gooselanders and red-breasted mergansers. Journal of Fish Biology 48 270-282.
- Felgenhauer, B.E. and L.G. Abele. 1983. Ultrastructure and functional morphology of feeding and associated appendages in the tropical fresh-water shrimp *Atya inocous* (Herbst) with notes on its ecology. Journal of Crustacean Biology 3(3): 336-363.
- Feminella, J.W. and C.P. Hawkins. 1995. Interactions between stream herbivores and periphyton: A quantitative analysis of past experiments. Journal of the North American Benthological Society 14: 465-509.
- Ferguson, J.W.; G.M. Matthews, R.L. McComas, R.F. Absolon, D.A. Brege, M.H. Gessel and L.G. Gilbreath. 2005. Passage of adult and juvenile salmonids through federal Columbia River power system dams. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Memo. NMFS-NWFSC-64. 160 pp.
- Fernandez Marin., E., Presidente Asociación de Desarrollo Integral de la Reserva Indígena CabecarTayni (Tjai), letter to Municipalidad de Limón. 13 July, 2009. 2 pp.
- Fievet, E.S. 1999. An experimental survey of freshwater shrimp upstream migration in an impounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. Archiv fur Hydrobiologie 144: 339-355.
- \_\_\_\_\_. 2000. Passage facilities for diadromous freshwater shrimps (Decapoda: Caridea) in the Bananier River, Guadeloupe, West Indies. Regulated River Research and Management 16: 101-112.
- Fievet, E. and B. LeGuennec. 1998. Migration de masse de *Sicydium* spp. (Gobiidae) dans les rivières de Guadeloupe. Implications pour le schéma hydraulique des mini-centrales

- hydroelectriques 'Au Fil de L'eau'. *Cybiurn* 22(3): 293-296.
- Fievet, E. S, S. Dolodec and P. Lim. 2001a. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical island streams. *Journal of Fish Biology* (2001) 59: 390-402.
- Fievet, E.L., Tito de Marais, A., Tito de Morais, D., D. Monti and H. Tachet. 2001b. Impacts of an irrigation and hydroelectric scheme in a stream with a high rate of diadromy: Can downstream alterations affect upstream faunal assemblages? *Archiv fur Hydrobiologie* 151(3): 405-425.
- Flecker, A.S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant herbivore in a diverse tropical stream. *Ecology* 77: 1845-1854.
- Flowers, R.W. 1979. A new species of *Baetis* from Panama (Ephemeroptera: Baetidae), *Pan-Pacific Entomologist* 55: 187-191.
- \_\_\_\_\_ 1987. The adult stage of three Central American *Baetodes* (Ephemeroptera: Baetidae) with notes on the genus. *Aquatic Insects* 9: 203-209.
- \_\_\_\_\_ 1991. Diversity of stream-living insects in northwestern Panamá. *Journal of the North American Benthological Society* 10:322-334.
- Francfort, J.E., G.F. Cada, D.D. Dauble, R.T. Hunt, D.W. Jones, B.N. Rinehart, G.L. Sommers & R.J. Costello. 1994. Environmental Mitigation at Hydroelectric Projects. Volume II. Benefits and Costs of Fish Passage and Protection. U.S. Dept. of Energy, Idaho.
- Freeman, M.C., C.M. Pringle, E.A. Greathouse and B.J. Freeman. 2003. Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams. *American Fisheries Society Symposium* 35: 255-266.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2009. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (10/2009).
- Fryer, F.R.S. 1977. Studies on the functional morphology and ecology of the atyid prawns of Dominica. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 227: 57-128.
- Fulton, W. 1984. Whitebait whiteout. *Tasmanian Inland Fisheries Commission Newsletter*. 13 (2).
- Gamba, A.L. 1982. *Macrobrachium*, its presence in estuaries of the northern Venezuelan coast (Decapoda, Palaemonidae): *Caribbean Journal of Science*. 18: 23-26.
- Gehrke, P.C., D.M. Gilligan and M. Barwick. 2002. Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowa Dam, Australia. *River Research Applications* 18: 265-286.
- Gessner, M. O., and K. J. Schwoerbel. 1989. Leaching kinetics of fresh leaf-litter with implications for the current concept of leaf-processing in streams. *Archiv fur Hydrobiologia* 115:81-90.

- Gilbert, C.R. 1978. Mountain mullet. In C.R. Gilbert (Ed.) Rare and endangered Biota of Florida, Vol. 4, Fishes. 39-40.
- Gilbert, C.R. and D.P. Kelso. 1971. Fishes of the Tortuguero Area, Caribbean Costa Rica. Bulletin of the Florida State Museum of Biological Science 16 (1-54).
- Global Biodiversity Information Facility. 2009. <http://www.gbif.org/>
- Goldman, C.R. 1979. Ecological aspects of water impoundment in the tropics. *Unasylva* 31: 2-11.
- Goodyear, R.H., V.A. Martinez and R. Vasquez. 1980. Estudios Sobre Peces, Crustaceos Decapodos y Moluscos en el Area Afectada por el Proyecto Hidroelectrico Changuinola I. Laboratorio Conmemorativo Gorgas, Universidad de Panamá.
- Grant, U.S. 1938. Geological problems involved in the conservation of beaches. Pacific Southwest Academy Publications. 16: 27-28.
- Greathouse, E.A. and J.E. Compton. 2007. Beyond diadromous fishes: diadromous invertebrates are strong interactors, too. Poster presented at American Fisheries Society Annual Meeting. Halifax, Nova Scotia, Canada. June, 2007.
- Greathouse, E.A. and C.M. Pringle. 2005. Does the river continuum concept apply on a tropical island? Longitudinal variation in a Puerto Rican stream. NRC Research Press Web site: <http://cjas.nrc.ca>.
- Greathouse, E.A., C.M. Pringle, W.H. McDowell and J.G. Holmquist. 2006a. Indirect effects of dams: Upstream consequences of migratory fauna extirpation in Puerto Rico. *Ecological Applications* 16: 339-352.
- Greathouse, E.A.; C.M. Pringle and J.G. Holmquist. 2006b. Conservation and management of migratory fauna: Dams in tropical streams of Puerto Rico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 16: 695-712
- Greathouse, E.A., C.M. Pringle and W.H. McDowell. 2006c. Do small scale enclosure/enclosure experiments predict the effects of large-scale extirpation of freshwater migratory fauna? *Oecologia* 149: 709-717
- Greenfield, D.W. and J.E. Thomerson. 1997. Fishes of the Continental Waters of Belize. University Press of Florida, Gainesville. 311 pp.
- GROMS. 2009. Global Register of Migratory Species. <http://www.groms.de/>
- Gunter and Hall. 1963. Gulf Research Reports. 1: 189-307. Cited in: Lee, D.S., C.R. Gilbert, C.H. Holcutt, R.E. Jenkins, D.E. McAllister and J.R. Stauffer, Jr. 1980 et seq. Atlas of North American Freshwater Fishes. North Carolina Biological Survey Publication No. 1980-12. North Carolina State Museum of Natural History. Raleigh.

- Han, M., M. Fukushima, S. Kumeyama, T. Fukushima and B. Matsushita. 2008. How do dams affect freshwater fish distributions in Japan? Statistical analysis of native and nonnative species with various life histories. *Ecological Research* 23: 735-743.
- Harris, J.H. 1984. Impoundment of coastal drainages of south-eastern Australia and a review of its relevance to fish migration. *Australian Zoologist* 21: 235-250.
- Helfman, G.S. 2007. *Fish Conservation: A Guide to Understanding and Restoring Global Aquatic BIODIVERSITY and FISHERY Resources*. Island Press. 584 pp.
- Hobbs, H.H. and C.W. Hart. 1982. The shrimp genus *Atya* (Decapoda: Atyidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 364: 1-143.
- Holmquist, J.G; J.M. Schmidt-Gengenbach and B. Buchanan Yoshioka. 1998. High dams and marine-freshwater linkages: Effects on native and introduced fauna in the Caribbean. *Conservation Biology* 12 (3): 621-630.
- Holthuis, L.B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas, 2. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock Foundation Publications. Occasional Paper 12: 1-396.
- Holthuis, L.B. and A.J. Provenzano, Jr. 1970. New distribution records for species of *Macrobrachium* with notes on the distribution of the genus in Florida (Decapoda: Palaemonidae). *Crustaceana* 19: 211-213.
- Horn, M.H. 1997. Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish *Brycon guatemalensis* Regan in a Costa Rican tropical rain forest. *Oecologia* 109(9): 259-264.
- Horne, F. and S. Beisser. 1977. Distribution of river shrimp in the Guadalupe and San Marcos Rivers of Central Texas, U.S.A. (Decapoda: Caridea). *Crustaceana* 33: 56-60.
- Horwitz, R.J. 1978. Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes. *Ecological Monographs* 48: 307-321.
- Howell, A.R. 1985. Evaluacion del crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae), alimentando con dos dietas suplementarias en la finca Acuicultura S.A., Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 88 pp.
- Hunte, W. 1978. The distribution of freshwater shrimps (Atyidae and Palaemonidae) in Jamaica. *Zoological Journal of the Linnaean Society* 64: 135-50.
- ICE. 1979. Estudio Preliminar del Potencial Hidroelectrico Explotable de Costa Rica, Fascicula 17, Cuenca del Rio Sixaola. 25 pp. plus maps.
- ICE. 2001. Revisión del Potencial Hidroelectrico e Identificacion de Proyectos. Cuenca del Rio Sixaola. GEDI-ARICE. ICE 4960. 8 pp. plus maps and tables.

- ICOLD (International Commission on Large Dams). 1998. World Register of Dams. ICOLD. Paris.
- Iguchi, K. and N. Mizuno. 1999. Early starvation limits survival in amphidromous fishes. *Journal of Fish Biology* 54: 705-712.
- Irons, J.G., M.W. Osgood, R.J. Stout and C.J. Pringle. 1994. Latitudinal patterns in leaf litter breakdown: Is temperature really important? *Freshwater Biology* 32: 401-411.
- Jenkins, R. E. and N.M. Burkhead. 1993. *Freshwater Fishes of Virginia*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 1079 pp.
- Jones, C.G. , J.H. Lawton and M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386.
- Joy, M.K. and R.C. Death. 2001. Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? *Freshwater Biology* 46: 417-429.
- Katano, O., T. Nakamura, S. Abe, S. Yamamoto, and Y. Baba. 2006. Comparison of fish communities between above- and below-dam sections of small streams; barrier effect to diadromous fishes. *Journal of Fish Biology* 68: 767-782.
- Keith, P. 2002. Les Gobiidae amphidromes des systemes insulaires Indo-Pacifiques: endemisme et dispersion. Memoire d'Habilitation a Diriger des Recherches (HDR) Toulouse: ENSAT.
- \_\_\_\_\_. 2003. Biology and ecology of amphidromous Gobiidae of the Indo-Pacific and the Caribbean regions. *Journal of Fish Biology* 63: 831-847.
- Kelly, C.A. , J.W.M. Rudd, V. St. Louis and T. Moore. 1997. Increase in fluxes of greenhouse gases and methyl mercury following flooding of an experimental reservoir. *Environmental Science and Technology* 31: 1334-1344.
- Kennedy, J.G.A. and J.E. Greer. 1988. Predation by cormorants, *Phalacrocorax carbo* L., on the salmonid populations of an Irish river. *Aquaculture and Fisheries Management* 19: 159-170.
- Kenny, J.S. 1995 Views from the bridge: a memoir on the freshwater fishes of Trinidad. Julian S. Kenny, Maracas, St. Joseph, Trinidad and Tobago. 98 p.
- Kido, M.H. and D.E. Heacock. 1992. The spawning ecology of o'opu-nakea (*Awaous stamineus*) in Wainihu River. In: *New Directions in Research, Management and Conservation of Hawaiian Freshwater Streams*. Biology and Fisheries Management. (W. Devick, Ed.), pp. 18-39. Dept. of Aquatic Resources. Honolulu.
- Krause C.W., T.J. Newcomb and D. J. Orth. 2005. Thermal habitat assessment of alternative flow scenarios in a tailwater fishery. *River Research and Applications*, 21: 581-593

- Kwak, T.J., P.B. Cooney and C.H. Brown. 2007. Fishery Population and Habitat Assessment in Puerto Rico Streams. Phase 1 Final Report. Federal Aid in Sport Fish Restoration Project F-50. U.S. Geological Survey, North Carolina Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Dept. of Zoology, North Carolina State University. Raleigh. 195 pp.
- Lara H., L.R. 2009. Camarones Dulceacuicolas (Decapoda: Palaemonidae) de la cuenca del rio Grande de Terraba, Costa Rica, 2009. Proyecto Hidroelectrico El Diquis, ICE Unidad de Gestion Ambiental – Area Biotica. San José. 38 pp.
- Lasso, E. , O. Sanjur and E. Bermingham. 2008a. Inventario de Flora y Fauna en la Cuenca del Rio Changuinola (Bosque Protectora de Palo Seco, Bocas del Toro, Republica de Panamá). Vol. 1. Presentación General del Proyecto, Descripción General del Area de Estudio, Flora, Vertebrados Terrestres. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá. 360 pp.
- \_\_\_\_\_. 2008b. Inventario de Flora y Fauna en la Cuenca del Rio Changuinola (Bosque Protectora de Palo Seco, Bocas del Toro, Republica de Panamá). Vol. II. Peces, Macroinvertebrados Acuaticos, Especies de Interés Especial, Contexto Biogeografico, Consideraciones Generales, Investigadores del Proyecto. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá. 672 pp.
- \_\_\_\_\_. 2008c. Inventario de Flora y Fauna en la Cuenca del Rio Changuinola (Bosque Protectora de Palo Seco, Bocas del Toro, Republica de Panamá). Executive Summary. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá. 49 pp.
- Ledec, G. and J.D. Quintero. 2003. Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for Site Selection of Hydroelectric Projects. The World Bank. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper 16: 21 pp.
- Lee, D.S., S.P. Platania and G.H. Burgess. 1983. Atlas of North American Freshwater Fishes. 1983 Supplement. Freshwater Fishes of the Greater Antilles. North Carolina Biological Survey. Contribution No. 1983-6. 67 pp.
- Lehmkuhl D.M. 1974. Thermal regime alterations and vital environmental physiological signals in aquaticsystems. In: Thermal Ecology (J.W. Gibbons and R.R. Sharitz, Eds.), pp. 216–222. AEC Symposium Series, Springfield, Virginia.
- Lewis, J.B. and J. Ward. 1965. Developmental stages of the Palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758). *Crustaceana* 9: 137-148.
- Lindstrom, D.P. 1999. Reproduction, early development and larval transport dynamics of amphidromous Hawaiian gobioids. Ph.D. thesis. U. of Michigan. Ann Arbor.
- Lindstrom, D.P. and C.L. Brown. 1994. Early development and biology of the amphidromous Hawaiian stream goby *Lentipes concolor*. In: Systematics and Evolution of Indo-Pacific Fishes. Proceedings of the Fourth Indo-Pacific Fish Conference, 397-409. Bangkok. Thailand, Faculty of Fisheries.



- Loftus, W.F.; J.A. Kushlan and S.A. Voorhees. 1984. Status of the mountain mullet in southern Florida. *Florida Scientist*. 47(4): 256-263.
- Lopez Sanchez, M.I. 1978. Migración de la sardina *Astyanax fasciatus* (Characidae) en el Rio Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 31: 133-138.
- Lyons, J. 2005. Distribution of *Sicydium Valenciennes 1837* (Pisces: Gobiidae) in Mexico and Central America. *Hidrobiologica* 2005 15 (2 Especial): 239-243.
- Lyons J. and D.W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203: 1-14.
- Machore Levy, M. 2009. Letter to Dr. Oscar Arias Sanchez, Presidente de la Republica. Asociación para el Desarrollo de la Ecología. 9 December, 2009. 2 pp.
- Mafla H., M., A. Bonilla, M. Bonilla, F. Quiroz, H. Sanchez and W. O. McLarney. 2005. Caracterización Ictiológica y Valoración de Habitats en ríos de la Provincia Bocas del Toro (Panamá), un Trabajo Inicial Participativo y Comunitario. Informe a Asociación ANAI, San José Costa Rica. 29 pp.
- Magilligan, F.J., K.H. Nislow and B.E. Graber. 2003. Scale-independent assessment of discharge reduction and riparian disconnectivity following flow regulation by dams. *Geology* 31: 569-572.
- Manacop, P. R. 1953. The life history and habits of the goby, *Sicyopterus extraneus* Herre (añga) Gobiidae with an account of the goby-fry fishery of Cagayan River, Oriental Misamis Province, Mindanao, Philippines]. *Philippine J. Fish.* 2: 1-60.
- March, J.G, J.P. Benstead, C.M. Pringle and F.M Scatena, 1998. Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 40: 261 – 273.
- March, J.G, J.P. Benstead, C.M. Pringle and M.R. Ruebel. 2001. Linking shrimp assemblages with rates of detrital processing along an elevational gradient in a tropical stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 470-478.
- March, J.G., C.M. Pringle, M.J. Townsend and A. I. Wilson. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitude gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology* 47: 1-14.
- Marcy, B.C., D.E. Fletcher. F.D. Martin. M.H. Palier, and M.J.M. Reichert. 2005. Fishes of the Middle Savannah River Basin: With Emphasis on the Savannah River Site. The University of Georgia Press, Athens, GA. 462 pp.
- Mayhew , C. and O. Jordan. 2010. Panama is in Breach of its Obligations to Indigenous Peoples Under the Convention on the Elimination of All Forms of Racial Discrimination. Report

to: United Nations Committee on the Elimination of Racial Discrimination, on the occasion of its consideration of the 15<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> Periodic Reports of Panama. Asociación para la Conservación y el Desarrollo. Panama. 29 pp.

McCully, P. 1996. *Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams*. Zed Books, London, UK.

McDowall, R.M. 1984. *The New Zealand Whitebait Book*. Reed. Wellington, N.Z.

\_\_\_\_\_. 1987. The Occurrence and Distribution of Diadromy in Fishes. *American Fisheries Society Symposium*, 1: 1-13.

\_\_\_\_\_. 1988. *Diadromy in Fishes: Migrations Between Freshwater and Marine Environments*. Timber Press, Portland, Oregon. 308 pp.

\_\_\_\_\_. 2000. Biogeography of the New Zealand torrentfish, *Cheimarrichthys fosteri* (Teleostei: Pinguipedidae): a distribution driven mostly by ecology and behavior. *Environmental Biology of Fishes* 58: 119-131.

\_\_\_\_\_. 2004. Ancestry and amphidromy in island freshwater fish fauna. *Fish and Fisheries* 5: 75-85.

\_\_\_\_\_. 2007. On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish and Fisheries*, 2007 (8): 1-13.

McKaye, K.R. 1977. Competition for breeding sites between the cichlid fishes of Lake Jilola, Nicaragua. *Ecology* 58: 291-302.

McKaye, K.R., D.J. Weiland and T.M. Lim. 1979. Comments on the breeding biology of *Gobiomorus dormitor* (Osteichthyes: Eleotridae) and the advantage of schooling behavior to its fry. *Copeia* 1979: 542-544.

McLarney, W.O. 2005. *Comentarios sobre Proyecto Hidroeléctrico Bonyic: Estudio de Impacto Ambiental por PLANETA Panamá Consultores, S.A.* Asociación ANAI. 14 pp.

McLarney, W.O. and M. Mafía H. 2006a. *Resumen del Análisis de los Estudios de Impacto Ambiental de las Represas y Implicaciones para las Comunidades de las Cuencas y la Biodiversidad del PILA*. Asociación ANAI. 21 pp.

\_\_\_\_\_. 2006b. *The Asociación ANAI Stream Biomonitoring Program: Annual Report on Activities in the Greater Talamanca Region (Costa Rica/Panama). A Summary of Results 2000-2006*. Asociación ANAI. 66 pp.

\_\_\_\_\_. 2007. *Probable Effects on Aquatic Biodiversity and Ecosystem Function of Four Proposed Hydroelectric Dams in the Changuinola/Teribe Watershed, Bocas del Toro, Panama, with Emphasis on Effects Within the La Amistad World Heritage Site*. Report to UNESCO World Heritage Committee. Asociación ANAI. 22 pp.

\_\_\_\_\_. 2008. *The ANAI Stream Biomonitoring Program: Report on Activities in the*

- Greater Talamanca Region (Costa Rica/Panama) during Calendar Year 2007. Asociación ANAI. 48 pp.
- McLarney, W.O., M. Mafla H. and A.M. Arias M. 2009a. The Asociación ANAI Stream Biomonitoring Program. Annual Report on Activities – 2008. Asociación ANAI. 56 pp.
- \_\_\_\_\_. 2009b. Informe Tecnico Anual – Programa Biomonitorio de Rios. Asociación ANAI. 66 pp.
- \_\_\_\_\_. 2010. Threats to Aquatic Biodiversity and Biological Corridor Function in Talamanca, Costa Rica – A Participatory Approach to Analyzing and Addressing Problems. Interim Report to U.S. Fish and Wildlife Service, Division of International Conservation. Grant No. 96200-9-G025. ANAI, Inc. 12 pp.
- Meade, R.H. (ed.) 1995. Contaminants in the Mississippi River, 1987-1992. U.S. Geological Survey, Circular No. 1133. Reston, VA.
- Mejia-Ortiz, J.L., R.R.F. Alvarez and J.A. Viccon-Pale. 2001. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilpan River, Veracruz, Mexico. *Crustaceana* 74(1): 69-77.
- Miller, R.R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia* 1966 (4): 773-802.
- MINAE. 2008a. Memorandum DGM-RNM-736-2008. Proyecto Yuani. Registro Nacional Minero. Referente Expediente NO. 120T-2008.
- \_\_\_\_\_. 2008b. Memorandum DGM-RNM-737-2008. Proyecto Dueri. Registro Nacional Minero. Referente Expediente No. 121T-2008.
- MINAET. 2009a. Memorandum DGM-RNM-05-2008. Proyecto Uren. Registro Nacional Minero Referente Expediente No. 187T-2008.
- \_\_\_\_\_. 2009b. Memorandum DGM-RNM-10-2008. Proyecto Dueri. Registro Nacional Minero. Referente Expediente No. 201T-2008.
- \_\_\_\_\_. 2009 c. Memorandum DGM-RNM-38-2009. Proyecto Yuani. Registro Nacional Minero. Referente Expediente No. 202T-2008.
- Minckley, W.L and J.E. Deacon. 1991. Battle Against Extinction: Native Fish Management in the American West. University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Miya, Y. and T. Hamano. 1988. The influence of a dam having no fishway on the distribution of decapod crustaceans in the Yokinoura River, Nagasaki, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54: 429-435. (In Japanese with English abstract).
- Monro, A., et al. 2007, 2008, 2009. Darwin Initiative La Amistad reports. <http://darwin.defra.gov.uk/documents>.

- Montgomery, D.R. 2003. King of Fish: The Thousand Year Run of Salmon. Westview Press. Boulder, Colorado.
- Montilla, J. 1931. The ipon fisheries of northern Luzon. Philipp. J. Sci. 45: 61-75.
- Moring, J.R. 1993. Anadromous stocks. In: Inland Fisheries Management in North America. C.C. Kohler and W.A. Hubert (eds.). American Fisheries Society. Bethesda, Maryland: 553-580.
- Moriyama, A., Y. Yanigasawa, N. Mizuno and K. Omori. 1998. Starvation of drifting goby larvae due to retention of free embryos in upstream reaches. Environmental Biology of Fishes 52: 321-329.
- Moulton, T.P., M.I. de Souza and R.M.L. Silveira. 2001. Effects of ephemeropterans and shrimps on periphyton and sediments in a coastal stream (Atlantic forest, Rio de Janeiro, Brazil). Journal of the North American Benthological Society 23 (4) 868-881.
- Myers, G.S. 1949. Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. Copeia 1949: 89-97.
- \_\_\_\_\_ 1966. Derivation of the freshwater fish fauna of Central America. Copeia 1966: 766-773.
- National Research Council. 1996. Upstream: Salmon and Society in the Pacific Northwest. National Academy Press. Washington, DC. 452 pp.
- Neal, J.W., R.L. Noble, N.M. Bacheler, M. McGee and C.G. Lilyestrom. 2001. Freshwater sportfish community investigation and management. Final Report. Federal Aid in Sportfish Restoration Project F-41-2. Puerto Rico D.N.E.R. San Juan.
- Neal, J.W., R.L. Noble, M.L. Olmeda and C.G. Lilyestrom. 2004. Management of tropical freshwater fisheries with stocking: the past, present and future of proagated fishes in Puerto Rico. Pp. 197-206 In: M.J. Nickum, P.M. Mazik, J.G. Nickum and D.D. MacKinlay, editors. Propagated Fishes in Resource Management. American Fisheries Society Symposium 44. Bethesda, Maryland.
- Nilsson, C. and K. Berggren. 2000. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. BioScience 50: 783-792.
- Nordlie, F.G. 1981. Feeding and reproductive biology of eleotrid fishes in a tropical estuary. Journal of Fisheries Biology. 18: 97-110.
- Northcote, T.G. 1967. Patterns and mechanisms in the lakeward migratory behaviour of juvenile trout. In T.G. Northcote (Ed.), Ecology of Freshwater Fish Production. Blackwell, Oxford, pp. 326-359.
- Odinetz-Collart, O. 1996. Variation in egg size of the freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology. 16: 684-688.

- Olden J.D. 2004. Fish Fauna Homogenization of the United States, Life-History Correlates of Native Extinction and Nonnative Invasions in the American Southwest, and the Bidirectional Impacts of Dams in the American Southeast. Ph. D. Dissertation. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
- Olden, J.D. and R.J. Naiman. 2010. Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology* (2010) 55: 86–107
- Orsborn, J.F. 1987. Fishways: an historical assessment of design practices. *American Fisheries Society Symposium*. 1: 122-30.
- Owen-Smith. 1988. Megaherbivores. The influence of very large body size on ecology. Cambridge University Press. Cambridge (United Kingdom).
- Page, T.J., B.D. Cook, T. von Rintelen, K. von Rintelen and J.M. Hughes. 2008. Evolutionary relationships of Atyid shrimps imply both ancient Caribbean radiation and common marine dispersals. *Journal of the North American Benthological Society* 27(1): 68-83.
- Paine, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist* 1103: 91-93
- Pelecice, F.M. and A.A. Agostinho. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology* 22(1): 180-188.
- Petts, G.E. 1984. *Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management*. John Wiley and Sons, Chichester, U.K.
- Petts G, P. Armitage and E. Castella. 1993. Physical habitat changes and macroinvertebrate response to river regulation—the River Rede, UK. *Regulated Rivers-Research and Management* 8: 167–178.
- Phillip, D.A.T. 1983. Reproduction and feeding of the mountain mullet, *Agonostomus monticola*, in Trinidad, West Indies. *Environmental Biology of Fishes* 37: 47-55
- PLANETA Panamá Consultores S.A. 2005. Proyecto Hidroeléctrico Bonyic, Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, Tomo I y II.
- Poff, N.L. and D.D. Hart. 2002. How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. *BioScience*: 52(8): 659-668.
- Power, M.E. 1984. The importance of sediment in the grazing ecology and size class Interactions of an armored catfish, *Ancistrus spinosus*. *Environmental Biology of Fishes* 10(3): 173-181.
- \_\_\_\_\_. 1990. Resource enhancement by indirect effects of grazers: armored catfish, algae and sediment. *Ecology* 71: 897-904.

- Pringle, C.M. 1996. Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 35: 125-140.
- Pringle, C.M. 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective. *Ecological Applications* 11(4): 981-991.
- Pringle, C.M. and G.A. Blake. 1994. Quantitative effects of atyid shrimp (Decapoda: Atyidae) on the depositional environment in a tropical stream. Use of electricity for experimental exclusion. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1443-1450.
- Pringle, C.M. and T. Hamazaki. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream. *Ecology* 78: 2432-2442.
- \_\_\_\_\_. 1998. The role of omnivory in a neotropical stream: separating diurnal and nocturnal effects: *Ecology* 79: 269-280.
- Pringle, C.M.; G.A. Blake, A.P. Covich, K.M. Buzby and A. Finley. 1993. Effects of omnivorous shrimp in a montane tropical stream: Sediment removal, disturbance of sessile invertebrates and enhancement of understory algal biomass. *Oecologia* 93: 1-11.
- Pringle, C.M., N.H. Hemphill, W. McDowell, A. Bednarek and J. March. 1999. Linking species and ecosystems: Different biotic assemblages cause interstream differences in organic matter. *Ecology* 80: 1860-1872.
- Proyectos y Estudios Ambientales del Istmo. 2004a. Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Construcción y Operación de la Central Hidroeléctrica El Gavilan (Chan-75).
- \_\_\_\_\_. 2004 b. Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Construcción y Operación de la Central Hidroeléctrica Cauchero II (Chan-140) .
- \_\_\_\_\_. 2004c. Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, Construcción y Operación de la Central Hydroelectric Chan-220.
- Ramirez, A. and C.M. Pringle. 1998. Structure and function of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17: 443-463.
- Rey, P, J. Sabino and M. Galetti. 2009. Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. *Science Direct, Acta Oecologica* 35(1): 136-141.
- Richter, B.D., A.T. Warner, J.L. Meyer and K. Lutz 2006. A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. *River Research Applications*. 22: 297–318 (2006).
- Richter, B. D., and G. A. Thomas. 2007. Restoring environmental flows by modifying dam operations. *Ecology and Society* 12(1): 12.

- Rivera Mesen, O. Procurador Area de Derecho Publico. 2009. Letter to G. Gutierrez Reyes, Presidente Junta Directiva, Consejo Nacional de Asuntos Indigenas. 18 October, 2009. 17 pp.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. & E. Campos. 1996. New locality records of freshwater decapods from México (Crustacea: Atyidae, Cambaridae, and Palaemonidae). Proceedings of the Biological Society of Washington. 109: 34-38.
- Rojas M., J.R. no date. Pasos ecologicos en represas hidroelectricas, Proyecto Hidroelectrico Rio Genio, Isla del Coco: Un caso de estudio. ICE. San José, Costa Rica. 5 pp.
- Rojas M., J.R. and O. Rodriguez S. 2008. Diversidad y abundancia ictiofaunistica del Rio Grande de Terraba, sur de Costa Rica. Revista de Biología Tropical 56(3): 1429-1447.
- Roman-Valencia, C. 2000. Revisión sistematica de las especies del genero *Bryconamericus* (Teleostei: Characidae) para Centroamerica y el Norte de Suramerica. Tesis Ph. D., Depto. de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 185 pp.
- \_\_\_\_\_. 2002. Revision sistematica de las especies del genero *Bryconamericus* (Teleostei: Characidae) de Centroamerica. Revista de Biología Tropical 50(1): 173-192.
- Rosemond, A.D., C.M. Pringle and A. Ramirez. 1998. Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. Freshwater Biology 39: 515-523.
- Rosenberg, D.M., E. Berkes, R.A. Bodaly, R.E. Hecky, C.A. Kelly and J.W.M. Rudd. 1997. Large-scale impacts of hydroelectric development. Environmental Review 5: 27-54.
- Rosenberg, D.M., P. McCully and C.M. Pringle. 2000. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: Introduction. BioScience 50(9): 746-751.
- Sanchez-Palacios, J., R. Beltran Alvarez and J.P. Ramirez Lozano. 2007. Crecimiento y reproducción del camaron *Atya margaritacea* (Decapoda: Atyidae) en el Rio Presidio, Sinaloa, Mexico. Revista de Biología Tropical 56 (2): 513-522.
- Schulz, L.P. 1943. Fishes of the Phoenix and Samoan Islands collected in 1939 during the expedition of the U.S.S. Bushnell. Bulletin of the United States Museum, 180: 1-316.
- Shafroth, P.B. J.C. Stromberg and D.T. Patten. 2001. Riparian vegetation response to altered disturbance and stress regimes. Ecological Applications 12: 107-123.
- Silfvergrip, A.M.C. 1996. A systematic revision of the Neotropical catfish genus *Rhamdia*. (Teleostei, Pimelodidae). Swedish Museum of Natural History, Stockholm.
- Silva-Melo, L. and A. Acero P. 1990. Sistemática, biología y ecología del titi *Sicydium antillarum* Grant (Pisces: Gobiidae) en la región de Santa Marta, Colombia. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betin 19-20: 153-172.

- Silveira, R.M.L. 2000. Modelo de matriz de comunidade em um correço de Mata Atlântica. Ph.D. thesis, Universidade do Estado de Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas. Rio de Janeiro, Brazil.
- Silveira, R.M. L. and T.P. Moulton. 2000. Modeling the food web of a stream in Atlantic forest. *Acta Limnologica Brasiliensis*. 12: 63-71.
- Soule, M.E.; J.A. Estes, B. Miller and D.L. Honnold. 2005. Strongly interacting species: conservation, policy, management and ethics. *Bioscience* 55(2): 168-176.
- Souza, M.L. de 2002. Desenvolvimento de sistemas de exclusão elétrica e o papel funcional de camarão em um correço da Mata Atlântica. MS Thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas, Rio de Janeiro, Brazil.
- Steinman, A.D. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. pp. 341-374 In: R. J. Stevenson, M.L. Bothwell and R.L. Lowe (editors). *Algal Ecology, Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, California.
- Stevens L.E., J. P. Shannon and D.W. Blinn. 1997. Colorado River benthic ecology in Grand Canyon, Arizona, USA: dam, tributary and geomorphological influences. *Regulated Rivers: Research and Management*, 13: 129–149.
- STRI. 2010. Smithsonian Tropical Research Institute Bocas del Toro database. [http://biogeodb.stri.si.edu/bocas\\_database/search/class/25/](http://biogeodb.stri.si.edu/bocas_database/search/class/25/)
- Swingle, H.S. 1971. Alabama Marine Resource Bulletin. 5: 1-123. Cited in: Lee, D.S., C.R. Gilbert, C.H. Holcutt, R.E. Jenkins, D.E. McAllister and J.R. Stauffer, Jr. 1980 et seq. *Atlas of North American Freshwater Fishes*. North Carolina Biological Survey Publication No. 1980-12. North Carolina State Museum of Natural History. Raleigh.
- Taylor, E.H. 1919. Ipon fisheries of Abra River. *Philippines Journal of Science* 14: 127-130.
- Tesch, F.W. 1977. *The eel – biology and management of anguillid eels*. Chapman and Hall. London. 434 pp.
- Thomson, J.M. 1978. Mugilidae. In W. Fischer (ed.) *FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31)*. Vol. 3. [pag. var.]. FAO, Rome.
- Thorson, E., L. Barrera and J. Gray. 2007. Petition to the World Heritage Committee Requesting Inclusion of Talamanca Range-La Amistad Reserves/La Amistad National Park on the List of World Heritage in Danger. Available at: <http://www.biologicaldiversity.org/swcbd/PROGRAMS/international/pdfs/La-Amistad-Petition-042307-english.pdf>.
- Titcomb, M. 1977. *Native use of fish in Hawaii*. (2nd edition, paperback edition). University Press of Hawaii.
- Tockner, K. and J.A. Stanford. 2002. *Riverine floodplains: present state and future trends*.



- Environmental Conservation 29: 308-330.
- Todd, C.R., T. Ryan, S.J. Nicol and A.R. Bearlin. 2005. The impact of cold water releases on the critical period of post-spawning survival and its implications for Murray cod (*Macullochella peelii peelii*): a case study of the Mitta Mitta River, southeastern Australia. *River Research and Applications* 21: 1035-1052.
- Tomihama, M.T. 1972. The biology of *Sicydium stimpsoni*, a freshwater goby endemic to Hawaii. BSc Honours Thesis, U. of Hawaii, Honolulu. 127 pp.
- Tsukamoto, K. 1991. Age and growth of ayu larvae *Plecoglossus altivelis* collected in the Nagara, Kiso and Tone River during the downstream migration. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 2013-2022. (in Japanese with English translation).
- Tucker, J.W. 1978. M. Sc. Thesis. North Carolina State University. Cited in: Lee, D.S., C.R. Gilbert, C.H. Holcutt, R.E. Jenkins, D.E. McAllister and J.R. Stauffer, Jr. 1980 et seq. Atlas of North American Freshwater Fishes. North Carolina Biological Survey Publication No. 1980-12. North Carolina State Museum of Natural History. Raleigh.
- Turner, D. 2003. The influence of spatial scale and land use on macroinvertebrate community organization in four neotropical streams. Ph.D. dissertation, University of Toronto, Canada.
- Umaña-Villalobos G. and M. Springer. 2006. Variación ambiental en el río Grande de Terraba y algunos de sus afluentes, Pacífico sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 54 (Suppl. 1): 265-272.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Verdon, R., D. Brouard, C. Demers, R. Lalumière, M. Laperle and R. Scheteague. 1991. Mercury evolution (1978-1988) in fishes of the La Grande hydroelectric complex, Quebec, Canada. *Water, Air and Soil Pollution* 56: 405-417.
- Villalobos Cespedes, J. and A. Molina Arias. No date. Migración y Estado de Maduración del Pez Bobo (*Joturus pichardi*) en la Cuenca del Río Sarapiquí, Heredia; Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad Unidad de Manejo de Cuencas Unidad de Manejo de Cuenca del Río Sarapiquí. 8 pp.
- Vladykov, V.D. 1964. Quest for the true breeding area of the American eel (*Anguilla rostrata* LeSueur). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 21(6): 1523-1530.
- Vormiere, J.P. 2007(?). Preferencias de hábitat para la Machaca (*Brycon behreae*) y el Chupapiedras (*Sicydium altum*) en el río Tuis y propuestas preliminares de vías de migración para el Bobo (*Joturus pichardi*) y el Tepemechín (*Agonostomus monticola*). Unpublished manuscript. ICE/Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 31 pp.

- Vorosmarty, C.J., M. Meybeck, B. Fekete, K. Sharma, P. Green and J.P.M Syvitski. 2003. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change* 39: 169-190.
- Ward J.V. 1985. Thermal-characteristics of running waters. *Hydrobiologia*, 125: 31–46.
- Ward, J. V. and J.A. Stanford. 1979. Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. *In*: Stanford, J.A. (Ed.) *The Ecology of Regulated Streams*. Plenum: New York; 35–53.
- Webb, B. W. and D.E. Walling. 1993. Longer-term water temperature behaviour in an upland stream. *Hydrological Processes* 7: 19–32.
- Welcomme, R.L. 1985. *River Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 262.
- Williams, J.P. and M.G. Wolman. 1984. Downstream effects of dams on alluvial rivers. U.S. Geological Survey Professional Paper 1286. USGS, Denver Colorado.
- Williams, J.G., S.G. Smith, R.W. Zabel, W.D. Muir, M.D. Scheuerell, B.P. Sandford, D.M. Marsh, R.A. McNatt and S. Achord. 2005, Effects of the federal Columbia River power system on salmonid populations. U.S. Dept Commerce, NOAA Technical Memo. NMFS-NWFSC-63. 150 pp.
- Willis, C.M. and G.B. Griggs. 2003. Reduction in fluvial sediment discharge by coastal dams in California and implications for beach sustainability. *The Journal of Geology* 111: 167-182.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. Earthscan Publications, Ltd. London.
- Wunderlich, R.C.; B.D. Winter and J.H. Meyer. 1994. Restoration of the Elwha River ecosystem. *Fisheries* 19(8): 11-19.
- Yerger, R. 1978. River goby. In C.R. Gilbert (Ed.) *Rare and endangered biota of Florida*, Vol. 4, Fishes. University Press, Gainesville, Florida: 46-47.
- Zaret, T.M. and R.T. Paine. 1973. Species introduction in a tropical lake. *Science* 182: 449-455.
- Zdankus, N. and G. Sabas. 2006. The impact of hydropower plant on downstream river reach. *Environmental Research, Engineering and Management* 4(38): 24-31.

**TABLE 1. La Amistad World Heritage Site Watersheds, with Areas Above Proposed Dams.**

Watershed/Country:	Total Area (sq. km.):	Area in PILA (sq. km.):	Lowermost Dam:	Areas above dam affected:			
				Total (sq. km.):	%	in PILA (sq. km.):	%
<b>Atlantic slope</b>							
Changuinola/Teribe	3,445	2,069		1,587	46.1	1,066	51.5
Panama	3,190	1,814	CHAN-75 (Gavilan)*	1,443	45.2	990	54.6
Costa Rica	255	255	Bonyic*	144	100.0	76	100.0
Sixaola/Telire	2,752	1,396	No Dams	—	—	—	0.0
Panama	647	207	Talamanca	2,123	77.1	1,282	91.8
Costa Rica	2,105	1,189	No Dams	94	14.5	94	45.4
Estrella, Costa Rica	717	180	Talamanca	2,029	96.4	1,189	100.0
Banano, Costa Rica	202	24	Estrella	308	43.0	180	100.0
Matina, Costa Rica	1,428	58	Banano	30	14.7	19	79.2
			No Dams	—	—	0	0.0
<b>Pacific slope</b>							
Chiriqui, Panama	1,925	17	Los Añiles **	782	40.6	17	100.0
Chiriqui Viejo, Panama	1,339	68	Burica*	760	56.8	68	100.0
Grande de Terraba, Costa Rica	4,897	255		2,733	55.8	95	37.3
General River	3,294	14	Diquis	2,394	72.7	14	100.0
Coto Brus River	1,603	241	6 small dams on tributaries	339	21.1	81	33.6
<b>TOTALS:***</b>							
<b>La Amistad watershed</b>	15,277			8,323	54.5		
<b>World Heritage Site (PILA)</b>		4,067				2,727	67.1
<b>Panama</b>	7,101	2,106		3,070	43.4	1,169	55.5
<b>Costa Rica</b>	8,176	1,903		5,264	64.4	1,483	77.9

\* Under construction

\*\* Constructed and operational

\*\*\* (Do not include Rio Matina watershed, with 4% of its total watershed in PILA, and several dams in the watershed which do not directly affect PILA)

TABLE 2. Fresh Water Fishes of the La Amistad Watersheds (Atlantic Slope)

Species:	Watershed:			In PILA:	Type of diadromy:	Comments:
	Changuinola/ Teribe:	Sixaola/ Telire:	Estrella:			
<b>1. Known diadromous species</b>						
<i>Anguilla rostrata</i>	X	X	X	X	Catadromy	Sensitive species
<i>Microphis lineatus</i>	X	X			Anadromy	
<i>Pseudophallus mindii</i>			X		Anadromy	
<i>Agonostomus monticola</i>	X	X	X	X	Amphidromy?	Important food fish
<i>Joturus pichardi</i>	X	X	X	X	Catadromy?	Important food fish
<i>Awaous banana</i>	X	X	X	X	Amphidromy	
<i>Sicydium adelum/altum</i>	X	X	X	X	Amphidromy	Single dominant species in PILA
<i>Dormitator maculatus</i>	X	X			Catadromy?	
<i>Eleotris amblyopsis/pisonis</i>	X	X	X		Catadromy	
<i>Gobiomorus dormitor</i>	X	X	X	X	Catadromy	Important food fish
<b>2. Possible/probable diadromous species</b>						
<i>Atherinella chagresi</i>	X	X	X	X	Amphidromy?	
<i>Gobiesox nudus</i>	X			X	Probable amphidromy	
<i>Eugerres plumieri</i>	X				???	Probable marine wanderer
<i>Pomadasys crocro</i>	X	X	X	X	Probable amphidromy	Important food fish
<i>Citharichthys spilopterus</i>		X			Catadromy?	Possible in PILA
<i>Trinectes paulistanus</i>			X		Catadromy?	
<b>3. Non-diadromous species</b>						
<i>Myrophis punctatus</i>	X					Principally estuarine
<i>Astyanax aeneus</i>	X	X	X	X	(Possible potamodromy)	
<i>Astyanax orthodus</i>	X	X		X		

<i>Brycon guatemalensis</i>			X		(Potamodromy)	Important food fish
<i>Bryconamericus gonzalezi</i>	X	X		X		
<i>Bryconamericus scleroparius</i>	X	X	X	X		
<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	X	X				
<i>Brachyhypopomus occidentalis</i>	X	X				
<i>Gymnotus cylindricus</i>		X	X			
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	X	X	X	X	(Possible potamodromy)	
<i>Rhamdia laticauda/rogersi</i>	X	X	X	X	(Possible potamodromy)	
<i>Rivulus spp.</i>	X	X	X	X		
<i>Alfaro cultratus</i>	X	X	X	X		
<i>Brachyrhaphis cascajalensis/parismina</i>	X	X				
<i>Phallichthys amates</i>	X	X	X	X		
<i>Phallichthys quadripunctatus</i>	X	X				
<i>Poecilia gillii</i>	X	X	X	X		
<i>Priapichthys annectens</i>	X	X	X	X		
<i>Synbranchus marmoratus</i>	X	X	X			
<i>Centropomus pectinatus</i>	X	X	X			Marine wanderer
<i>Centropomus undecimalis</i>	X	X	X	X		Marine wanderer
<i>Caranx sp.</i>	X			X		Marine wanderer
<i>Amphilophus (Astatheros) bussingi</i>	X	X	X	X		
<i>Amphilophus (Astatheros) rhytisma</i>	X	X	X			
<i>Archocentrus myrnae</i>		X	X	X		
<i>Archocentrus nigrofasciatus</i>	X	X	X			
<i>Archocentrus spilurus</i>	X					
<i>Oreochromis spp.</i>	X	X	X			Exotic
<i>Parachromis loiselli</i>	X	X	X			
<i>Parachromis managuense</i>			X			Exotic
<i>Vieja maculicauda</i>			X			Principally estuarine
<i>Mugil curema</i>			X			Marine wanderer
<i>Gobionellus fasciatus</i>	X					Principally estuarine

**TABLE 3. Fresh Water Fishes of the La Amistad Watersheds (Pacific slope)**

Species:	Watershed:		Possible in PILA:	Comments:
	Grande de Terraba:	Chiriqui Viejo/ Chiriqui:		
<b>1. Probable/possible diadromous species</b>				
<i>Pseudophallus starksii</i>		X		Anadromous
<i>Haemulopsis leuciscus</i>		X		
<i>Pomadasys bayanus</i>	X		X	Probably amphidromous
<i>Agonostomus monticola</i>	X	X	X	Amphidromous
<i>Awaous transandeanus</i>	X	X	X	Amphidromous
<i>Sicydium salvini</i>	X	X	X	Amphidromous
<i>Hemieleotris latifasciatus</i>	X	X		Catadromous?
<i>Dormitator latifrons</i>	X			Catadromous?
<i>Eleotris picta</i>	X	X		Amphidromous?
<i>Gobiomorus maculatus</i>	X	X		Catadromous
<i>Trinectes fonsecensis</i>	X			Amphidromous?
<b>2. Non-diadromous species</b>				
<i>Astyanax aeneus</i>	X	X	X	Possibly potamodromous
<i>Cheirodon dialepturus</i>		X		
<i>Pterobrycon myrnae</i>	X			
<i>Brycon behreae</i>	X	X		Potamodromous
<i>Bryconamericus terrabensis</i>	X		X	
<i>Hyphessobrycon savagei</i>	X			
<i>Pseudocheirodon terrabae</i>	X			
<i>Roeboides ilseae</i>	X			
<i>Piabucina boruca</i>	X		X	
<i>Arias seemani</i>	X	X		Primarily estuarine
<i>Cathorops steindachneri</i>		X		Primarily estuarine
<i>Cathorops tuyra</i>		X		Primarily estuarine
<i>Nannorhamdia lineata</i>	X		X	Possibly potamodromous
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	X	X		Possibly potamodromous

<i>Rhamdia laticauda/rogersi</i>	X	X	X	Possibly potamodromous
<i>Pimelodella chagresi</i>	X	X		Possibly potamodromous
<i>Trichomycterus striatus</i>	X	X		
<i>Hypostomus panamensis</i>	X	X		
<i>Oncorhynchus mykiss</i>		X	X	Exotic
<i>Rivulus hildebrandi</i>	X	X		
<i>Rivulus uroflammeus</i>	X	X	X	
<i>Rivulus glaucus</i>	X			
<i>Brachyraphis episcopi</i>		X		
<i>Brachyraphis rhabdophora</i>	X			
<i>Brachyraphis terrabensis</i>	X	X	X	
<i>Poecilia gillii</i>	X	X	X	
<i>Poecilia mexicana</i>	X			Questionable identity
<i>Poeciliopsis elongata</i>	X			
<i>Poeciliopsis paucimaculata</i>	X		X	
<i>Poeciliopsis retropinna</i>	X	X	X	
<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>		X		
<i>Priapichthys panamensis</i>	X	X		
<i>Synbranchus marmoratus</i>	X	X		
<i>Centropomus nigrescens</i>	X			Marine wanderer
<i>Centropomus viridens</i>	X			Marine wanderer
<i>Caranx caballus</i>	X			Marine wanderer
<i>Caranx caninus</i>	X			Marine wanderer
<i>Lutjanus jordani</i>	X			Marine wanderer
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	X			Marine wanderer
<i>Eucinostomus currani</i>	X			Principally estuarine
<i>Eugerres brevimanus</i>	X			Principally estuarine
<i>Astatheros altifrons</i>	X			
<i>Astatheros diquis</i>	X			
<i>Archocentrus sajica</i>	X			
<i>Theraps sieboldii</i>	X	X		
<i>Oreochromis niloticus</i>	X			Exotic
<i>Mugil curema</i>	X			Principally estuarine

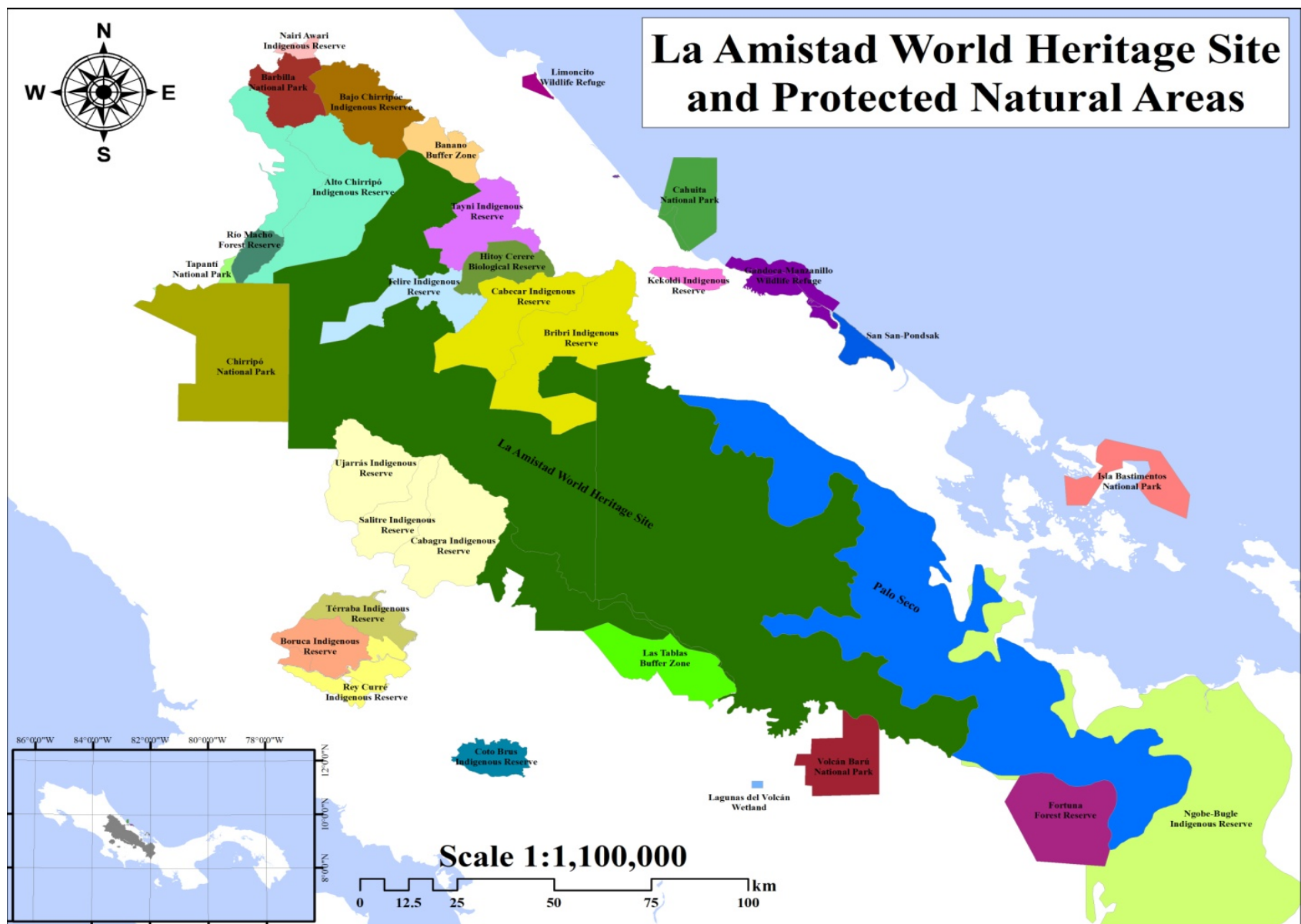


Figura N°1



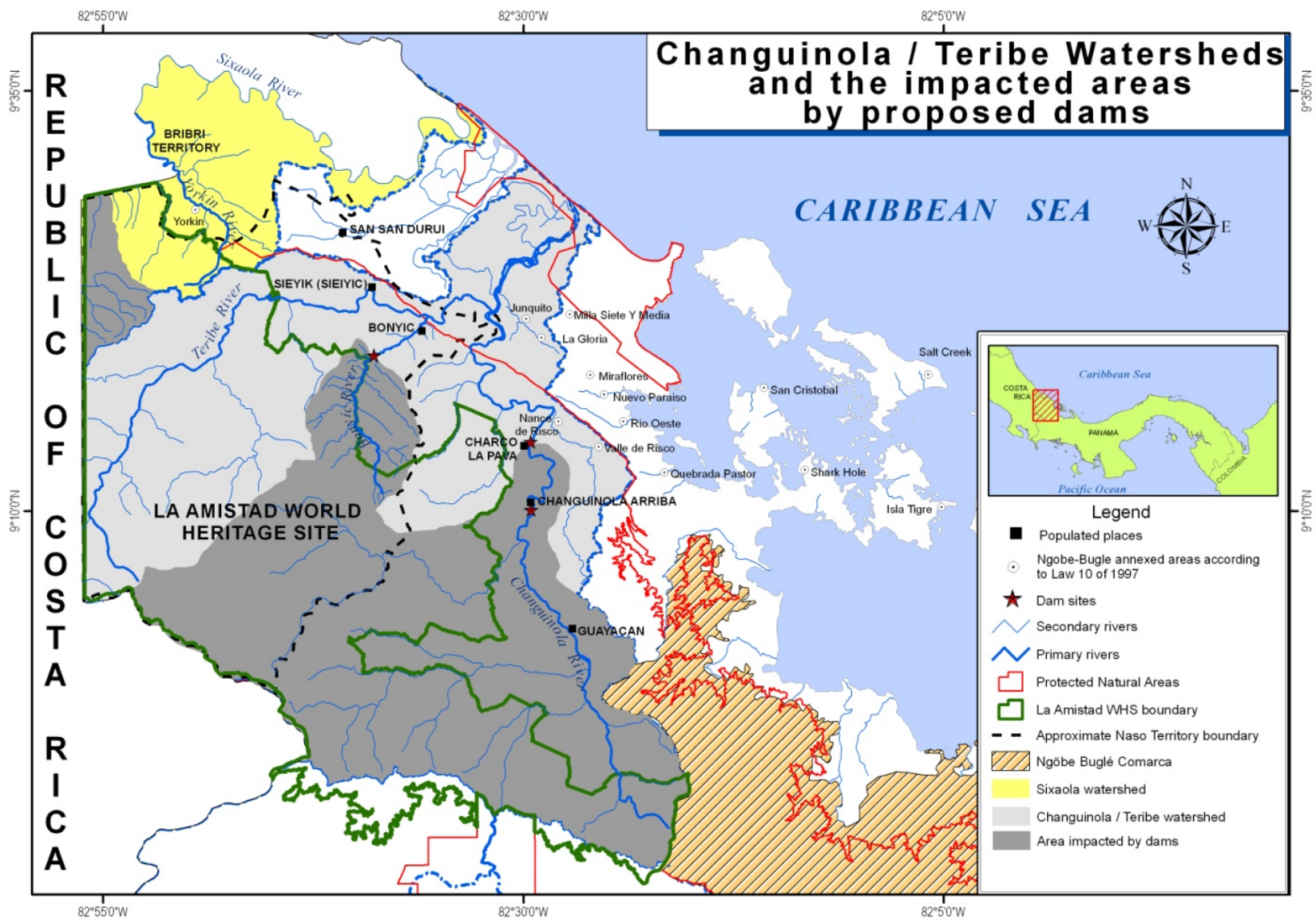


Figura N°2

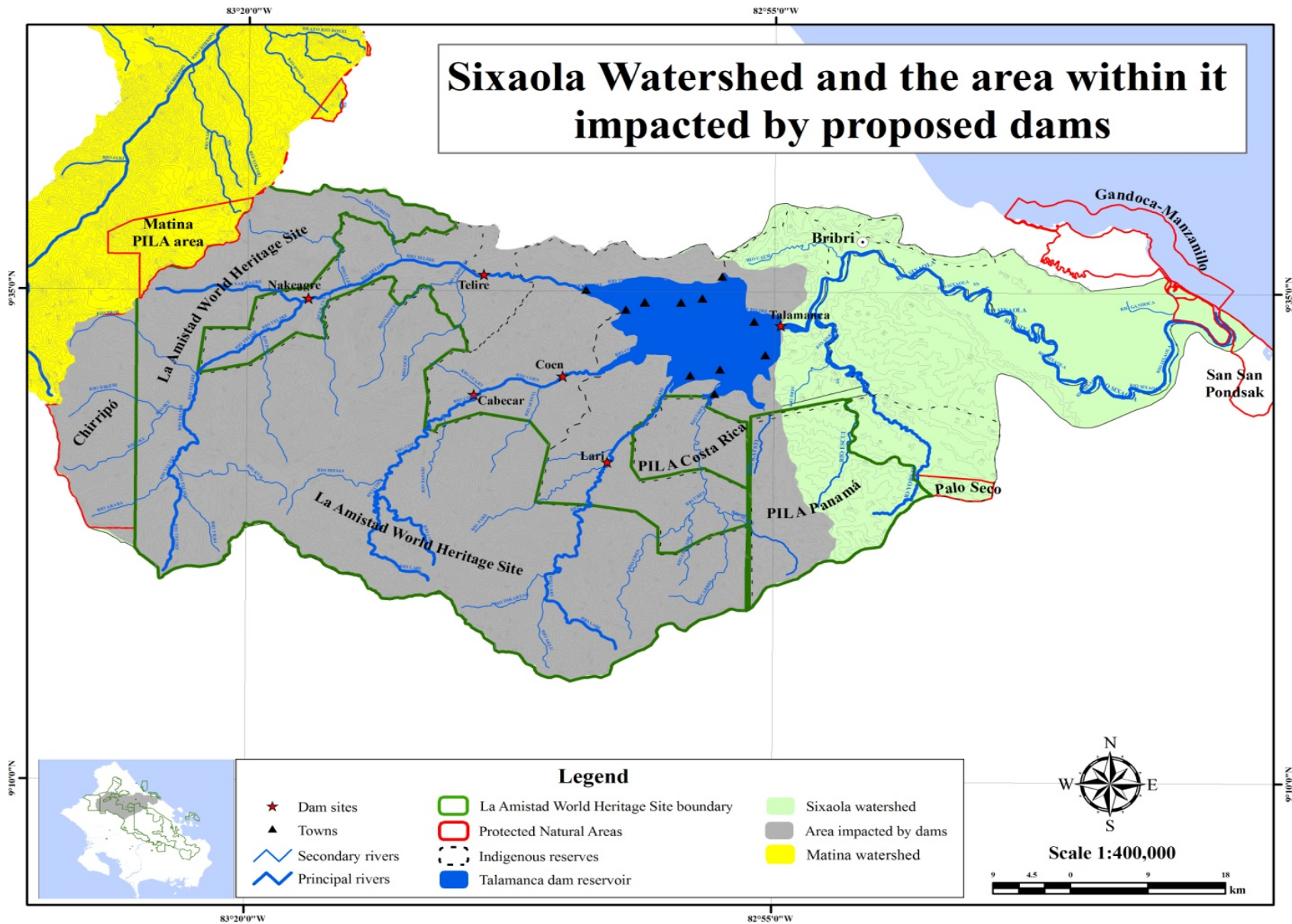


Figura N°3



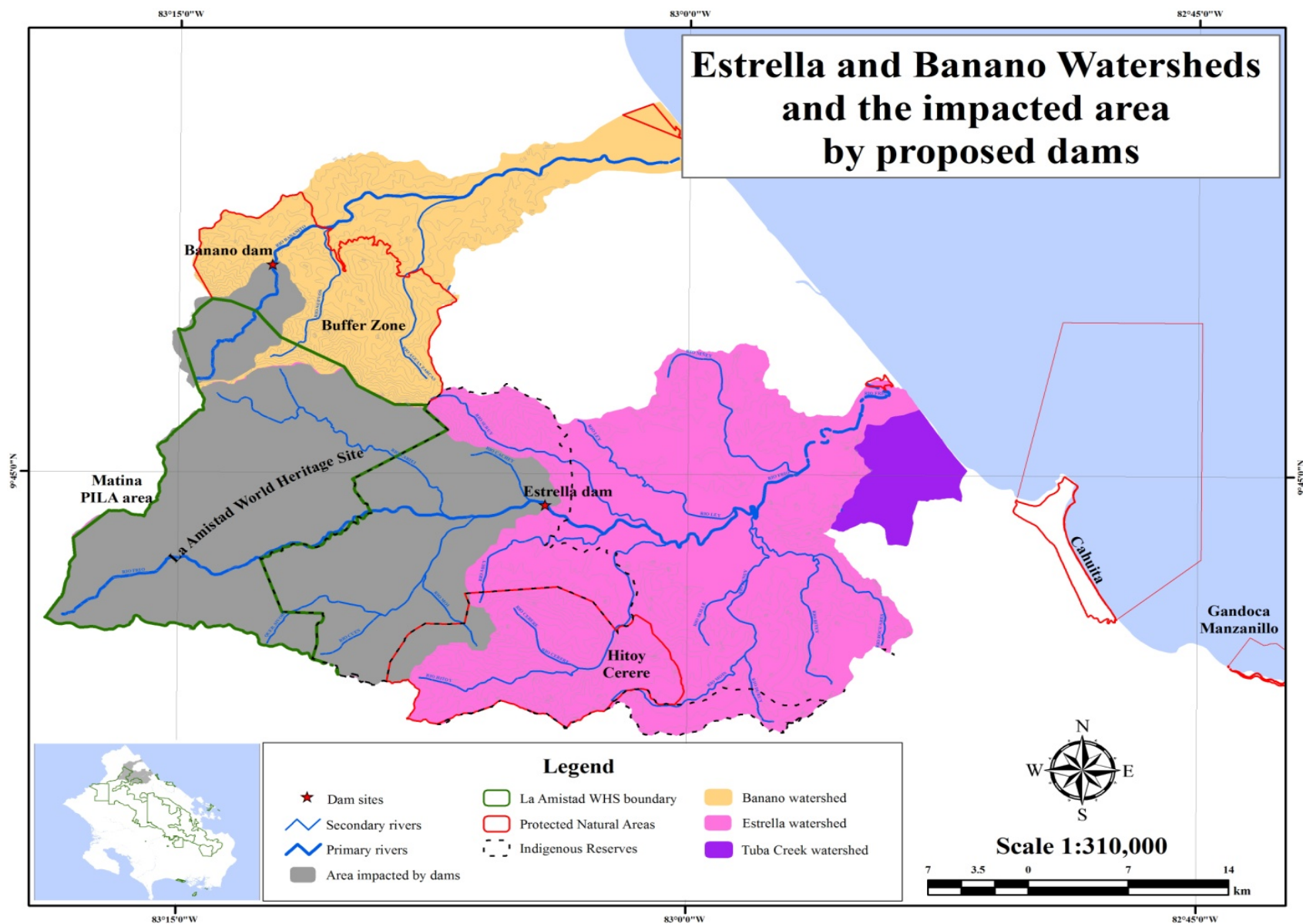
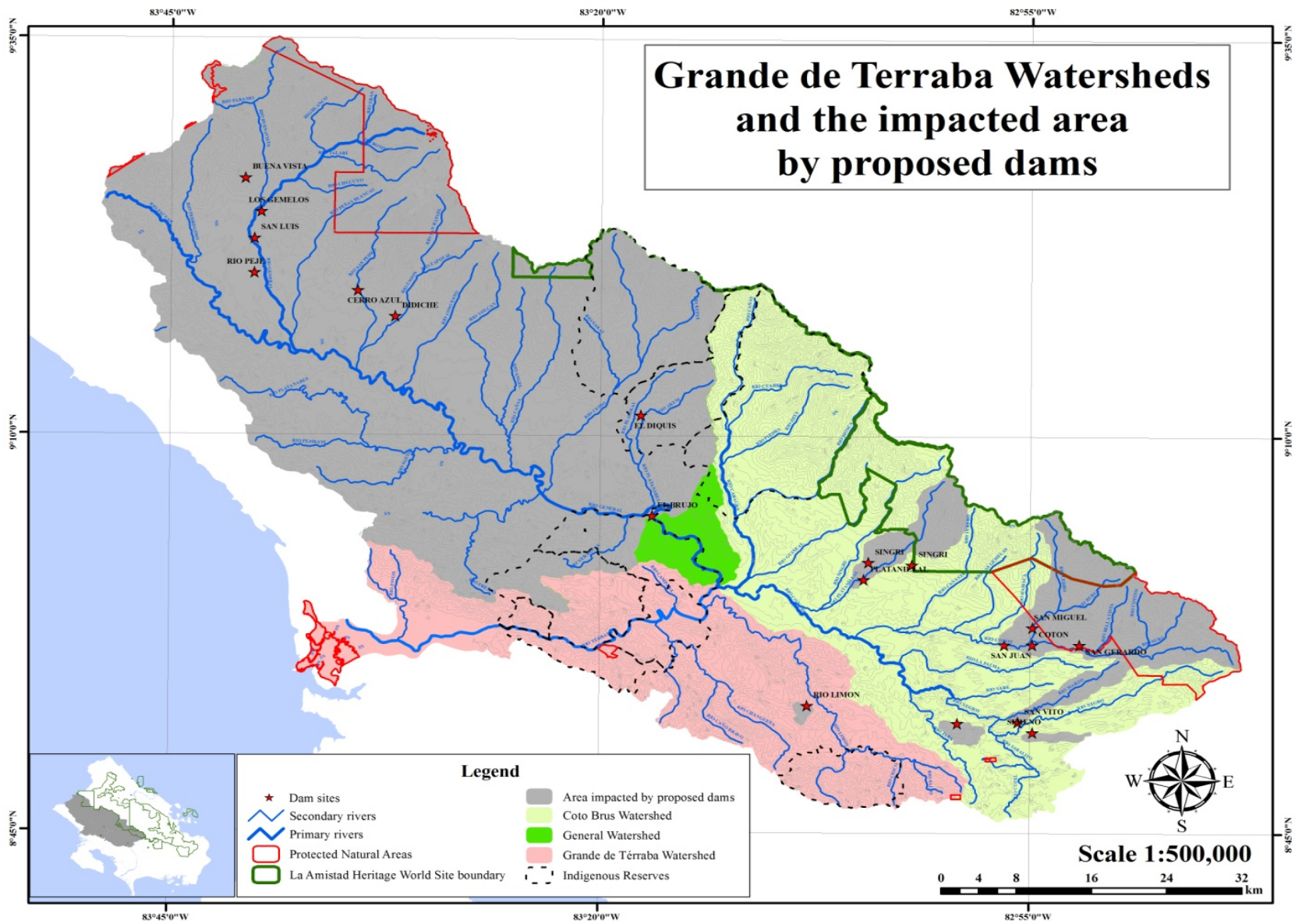


Figura N°4



**Figura N°5**



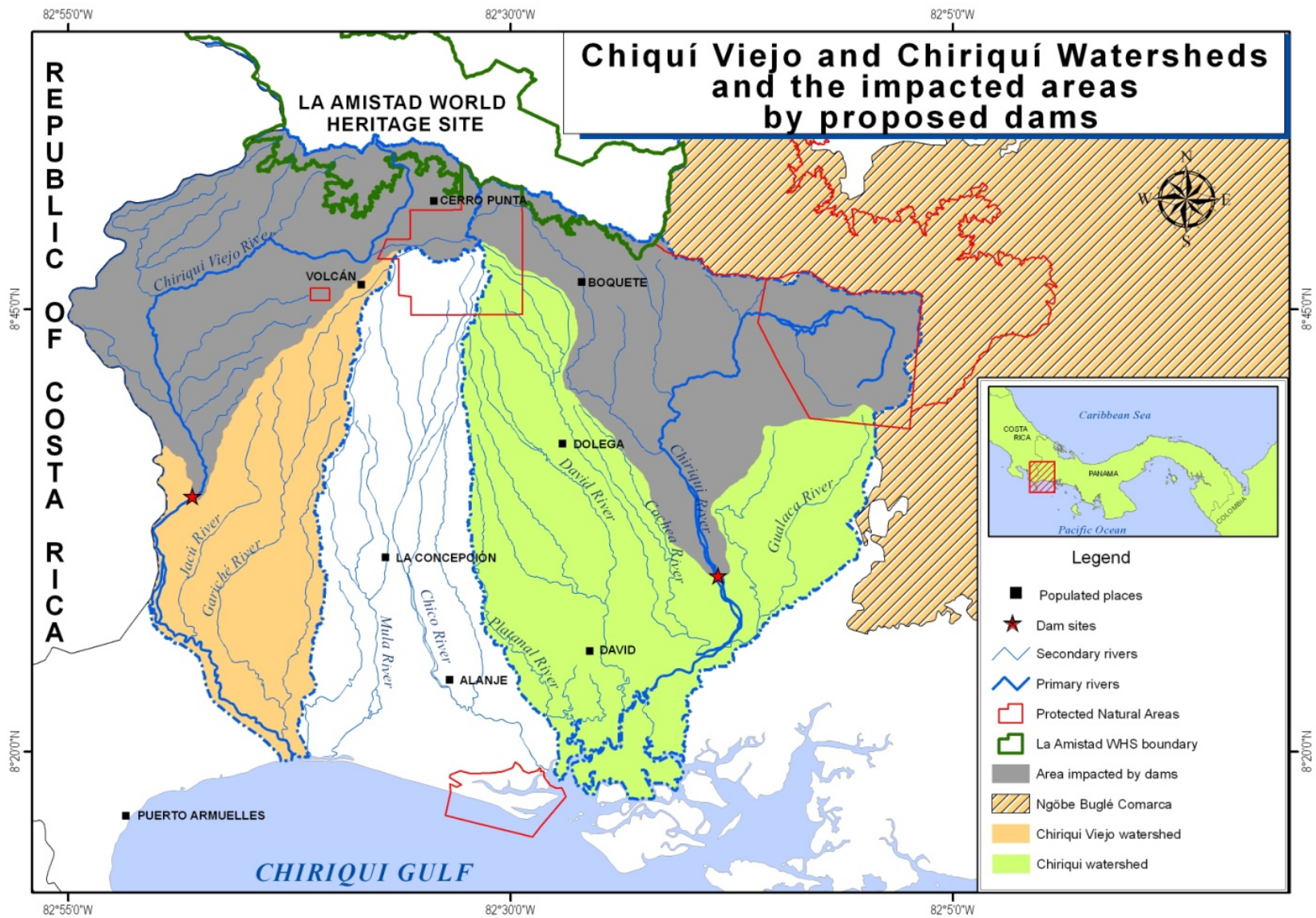


Figura N°6

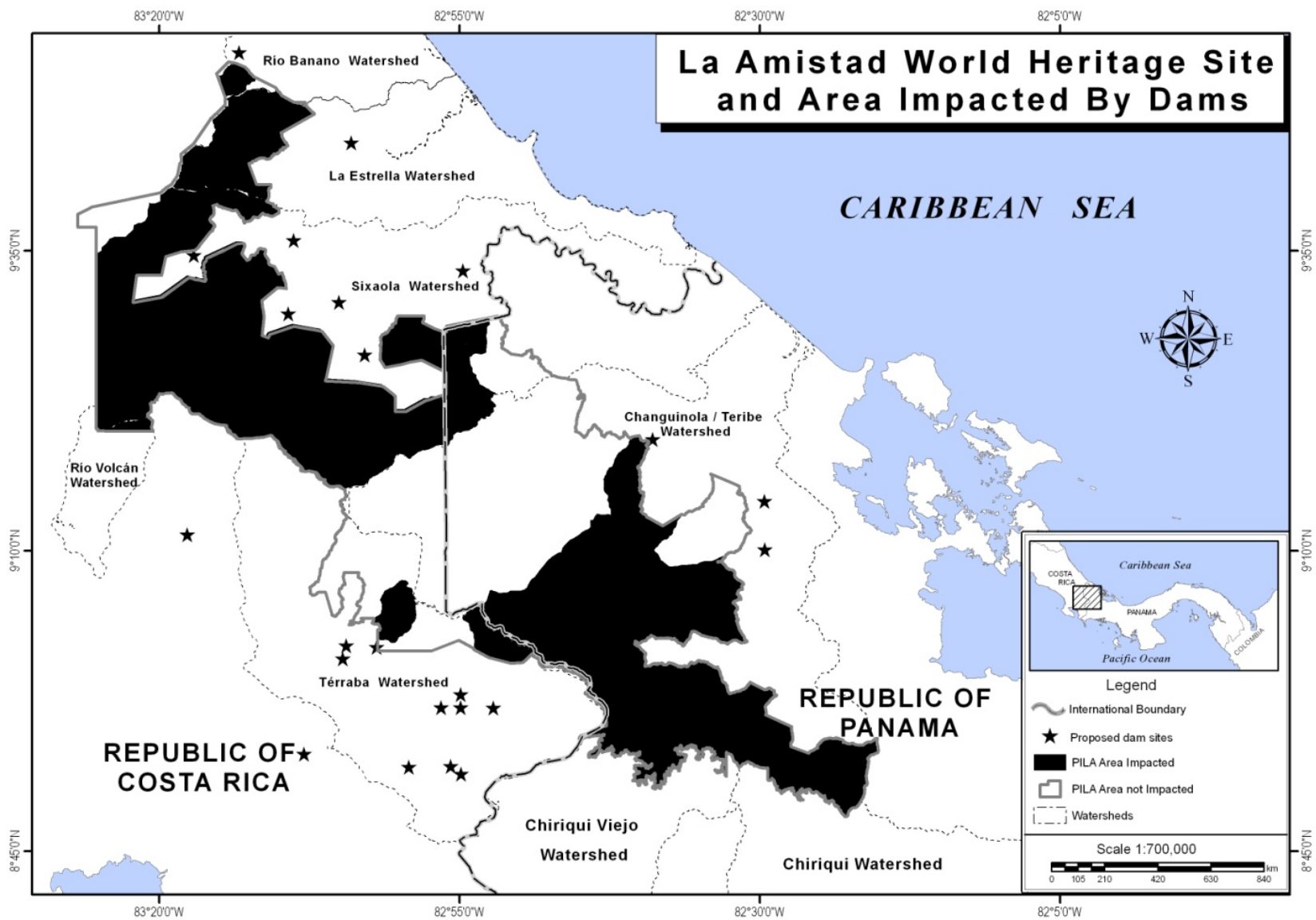


Figura N°7

