



**EVALUACIÓN DEL DAÑO AMBIENTAL OCASIONADO POR  
LA DESCARGA DE VINAZA, EN SETIEMBRE DEL 2001,  
EN LA PARTE BAJA DE LOS RÍOS TEMPISQUE Y  
BEBEDERO**

**Informe Final**

*Elaborado por el*  
**Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS)**

*Para la*  
**Comisión para la Valoración del Daño Ambiental  
de los Ríos Tempisque y Bebedero**

Abril, 2002

Costa Rica

## Índice de Contenidos

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Descripción del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Objetivos del estudio.....</b>	<b>6</b>
3.1. Objetivo general .....	6
3.2. Objetivos específicos.....	6
<b>4. Área de estudio.....</b>	<b>7</b>
4.1. Delimitación del área afectada.....	7
4.2. Caracterización del área afectada.....	9
<b>5. Marco conceptual y metodológico en la Evaluación del Daño Ambiental en los ríos     Tempisque y Bebedero .....</b>	<b>11</b>
5.1 Ambiente y Daño Ambiental – aspectos conceptuales.....	11
5.2. Componentes de la evaluación del daño ambiental.....	12
5.3. Potencial ecológico en la zona de estudio.....	13
5.4. Estado de conservación de los recursos naturales.....	14
5.5. Evaluación económica del daño ambiental.....	15
5.5.1. Evaluación económica del daño ambiental – aspectos biofísicos.....	16
5.5.2. Evaluación económica del daño ambiental – aspecto social.....	17
5.5.3. Evaluación económica del daño ambiental – costos totales.....	18
<b>6. Resultados y discusión.....</b>	<b>19</b>
6.1. Evaluación del potencial ecológico del sitio de estudio.....	19
6.2. Evaluación del estado de conservación del sitio de estudio.....	20
6.3. Índice de afectación de la zona de estudio.....	22
6.3.1. Evaluación del estado de conservación después de la afectación (ECd).....	23
6.4. Evaluación económica del daño ambiental ocasionado al sitio de estudio.....	24
6.4.1. Costo de recuperación.....	24
6.4.2. Costo social por la afectación en la producción pesquera en el sitio afectado.....	27
6.4.3. Costo total del ecosistema por el daño ambiental.....	30
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>8. Recomendación.....</b>	<b>31</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>32</b>
<b>Anexos</b>	<b>33</b>

## 1. Introducción

La riqueza natural de Costa Rica nos ha colocado en una situación privilegiada en el mundo. El hecho de sólo representar un área terrestre del 0.03% en el mundo, pero poseer alrededor del 4% de la biodiversidad (MINAE 2000) indica que la conservación de nuestros recursos es un elemento clave para la conservación de los procesos fundamentales a nivel global. Además, la preocupación de que los procesos fundamentales de los cuales obtenemos los *servicios ambientales*<sup>1</sup> indispensables se mantengan, ha hecho que recaiga aún más interés en lograr la conservación adecuada de todos estos procesos, tanto nacional como internacionalmente. Costa Rica ha sido el primer país en lograr establecer el Pago por Servicios Ambientales, dentro de la estrategia de Oficina de Implementación conjunta (OCIC, adscrita al MINAE), que surge en 1995 como una de las respuestas a raíz de la reunión mundial que se dio en Río de Janeiro en 1992 (Orozco y Ruiz, 2001).

A pesar de todo esto, en nuestro país la conservación de los recursos naturales no es un renglón prioritario en muchos de los ámbitos sociales. Más aún, dentro de nuestro esquema de desarrollo, todavía se realizan, y en algunos casos incluso se permiten, gran cantidad de actividades que producen daños ambientales a nuestros recursos. Uno de los problemas graves existentes es el no lograr diagnosticar adecuadamente cuáles actividades pueden producir daños, qué tipo de daños se ocasionan, a cuáles recursos y procesos afectan y, finalmente, ofrecer una estimación del costo de restauración del proceso o recurso natural afectado. Esta falta de información conduce a problemas, incluso, en situaciones en que ya se reconoce el daño, pues existe la dificultad de lograr una adecuada evaluación del daño ocasionado, con lo cual no se logra sentar adecuadamente las responsabilidades ni indicar con cuáles costos debe correr el responsable.

En el presente caso, se analiza el daño ambiental que sucedió en la parte baja de los ríos Tempisque y Bebedero, debido a la descarga 20000m<sup>3</sup> de vinaza que sucedió en el río Bebedero y que provocó la muerte de gran cantidad de peces en la zona de reserva pesquera que existe en el sitio según la inspección realizada. El análisis incluye la evaluación biofísica del sitio afectado, así como una evaluación económica del daño ambiental ocasionado por este evento, que incluye los costos de restauración y los costos por beneficios perdidos en la actividad pesquera que se realiza en la zona 1 y zona 2 de la parte interna del Golfo de Nicoya. No se incluye la zona 3 en el análisis del daño ambiental ocasionado.

Para llegar a los resultados esperados se aplicó la metodología de evaluación de daño ambiental desarrollada por Barrantes y Di Mare (2002), donde se establecen las principales variables a evaluar. Para la aplicación de la metodología se utilizó la información existente en literatura y estudios sobre la zona, estadísticas del Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), conversación con expertos y la información generada mediante la realización de un taller de consulta con expertos con amplio conocimiento sobre la zona afectada. También se incluyó información disponible en video cintas sobre el sitio evento (una filmación realizada por la unidad de control y protección de ACT-MINAE y otra filmación de un noticiero local).

Para el estudio del caso, recopilación de información y valoración del daño, el MINAE- ACT nombró la “Comisión para la Valoración del Daño Ambiental de los ríos Tempisque y Bebedero” (Ver anexo 1) integrada por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), el Área de Conservación Tempisque (ACT-MINAE), la Escuela de Biología de la Universidad Nacional (UNA), la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, el CIMAR-UCR, la

---

<sup>11</sup> Los *servicios ambientales* son los flujos que el capital natural brinda para el bienestar de la sociedad.

Organización de Estudios Tropicales (OET), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el Tribunal Ambiental Administrativo (TAA), el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). Se establecieron reuniones periódicas de discusión y análisis donde se presentaban los avances en el estudio y los requerimientos de información para aplicar la metodología, así como los responsables de aportar los elementos específicos identificados en cada reunión. También se incluyó una gira de campo. La participación de todos los actores fue voluntaria y *ad honorem*, para lo cual cada uno destinó tiempo requerido para poder participar en las reuniones así como cumplir con las tareas encomendadas en cada reunión. La comisión inició labores a finales de noviembre y desde entonces se reunió periódicamente (aproximadamente una vez por semana hasta inicios de marzo).

Para la consulta de literatura, el estudio se guió principalmente por las sugerencias de los miembros de la comisión con preparación en biología pesquera. Para determinar valores que permitieran realizar una aproximación del costo de restauración, a falta de documentos accesibles y que trataran directamente la temática, se utilizó el criterio de expertos. Se les indicó a profesionales e investigadores que han desarrollado proyectos en la zona que indicaran cuál sería su criterio, basado en su experiencia científica (no en su opinión, sino en su juicio profesional) en cuanto a la valoración de algunos parámetros. Para que esta consulta fuera eficiente, simultánea y se proveyera en un adecuado espacio de discusión, se realizó en un Taller de Consulta (los participantes fueron identificados por los miembros de la Comisión, ver Anexo 2). Dicho taller se realizó en la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica el 28 de enero del 2002.

## **2. Descripción del problema**

Para una detallada descripción, consúltese el expediente donde están los diversos documentos descriptivos y las actas de la comisión. En particular, el 30 de setiembre del 2001 en la oficina del Área de Conservación Tempisque (subregión Cañas, provincia de Guanacaste), se recibió un aviso de un COVIRENA (o sea, miembro de un Comité de Vigilancia de los Recursos Naturales) y habitante local de Nispero de Cañas, de que se estaba observando en los ríos Tempisque y Bebedero una gran cantidad de peces y camarones muertos, a raíz de lo cual se envió a una unidad de control de las oficinas del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Dicha unidad realizó ese mismo domingo en la mañana un recorrido en lancha desde la altura del ferry hasta el río Bebedero. Determinaron que había peces muertos hasta el Cerro Gordo (5 km hacia abajo del ferry). En el área cercana al sitio donde se construye el nuevo puente sobre el río Tempisque se observaban aún peces vivos, pero el lunes en la mañana, en ese mismo punto, había una combinación de peces muertos, atontados y vivos.

La zona de mayor impacto fue un trecho que va de la desembocadura del río Bebedero hasta 4 km aguas arriba. Esta zona está dentro del Refugio de Vida Silvestre Cipanci, recientemente creado en el Día de los Humedales. Este refugio cubre 3500 ha y comprende el río Tempisque desde el Ferry hasta Bolsón y de la desembocadura del río Bebedero hasta la comunidad de Bebedero. En esa zona se prohíbe la pesca, con excepción de la pesca con cuerda. Esta es la zona de criadero para los peces del Golfo de Nicoya, por lo que es de suma importancia biológica y económica. Lo que más murió fueron peces incluyendo larvas, peces pequeños, y peces adultos. En una muestra que se tomó en un cuadro de 50 cm x 50 cm, había 50,000 larvas de peces muertos. No se observó mortandad de aves, cocodrilos ni bivalvos. Se sabe que, si hubiera habido contaminación química, hubieran muerto aves y cocodrilos. La autopsia realizada a los peces indicó que estaban sanos y que sólo tenían problemas en los ojos, lo cual se atribuye a falta de oxígeno. Los peces muertos tenían camarones en el estómago, signo de salud. El Laboratorio del IRET de la Universidad

Nacional examinó muestras de agua, lodo y almejas y no encontró ningún contaminante químico. El CICA encontró rastros de compuesto 2-4-d, pero en niveles por debajo de lo permitido.

La muerte de los peces se le atribuyó, por tanto, a la vinaza, compuesto orgánico de color marrón rojizo, que es un subproducto de la producción de alcohol (por cada litro de alcohol se producen 15 litros de vinaza). Este es un producto orgánico que pasa por un proceso de fermentación, durante el cual consume una gran cantidad de oxígeno. La producción de vinaza es común en la zona baja del río Tempisque, pues existen varios ingenios de azúcar. La vinaza causa una reacción química en el agua que consume el oxígeno disuelto, lo que eventualmente puede ocasionar asfixia de los organismos aeróbicos (aquellos que dependen de la presencia de oxígeno para su respiración). La baja concentración de oxígeno, insuficiente para la respiración de organismos aeróbicos obligados (que dependen de la presencia de oxígeno en el agua para sobrevivir) causa su muerte. Se atribuye que en este caso, la vinaza provino de una laguna del Ingenio Taboga que tenía 20000m<sup>3</sup> del compuesto. Se calcula que el vertido al río Bebedero ocurrió el sábado (29/09/2001): El efecto del vertido se intensificó por ausencia de lluvias de los días viernes y sábado, y, además del efecto de la marea, con lo cual el efecto de dilución en el agua fue más lento que si hubiera habido lluvia y el vertido se hubiera realizado en otro estadio de la marea.

De todos los datos obtenidos (incluyendo tanto toma de datos de campo, entrevistas así como el testimonio de testigos y de expertos; ver expediente), en el expediente se ha afirmado que la vinaza fue la causa de dicha muerte, pues se observó afectados sólo organismos aeróbicos obligados, y otros, aeróbicos facultativos o anaeróbicos, no se vieron afectados; además, porque organismos que en otras circunstancias se hubieran afectado, no lo estaban (por ejemplo, aves, cocodrilos, y otra fauna asociada a los ríos). Por otro lado, los análisis de agua y lodo que se efectuaron no revelaron la presencia de contaminantes químicos tóxicos. Los organismos acuáticos de respiración aeróbica (*i.e.*, que necesitan oxígeno para sobrevivir) fueron los que fueron directamente afectados. Esto implica que hubo una afectación al recurso pesquero del Golfo de Nicoya.

La gravedad del impacto de este daño, tanto ecológica como económica, se ve claramente al comprender que esta área es de tal importancia, que, desde 2001, se designó como área protegida bajo la categoría de Refugio de vida silvestre Cipanci. Las numerosas razones para esta designación se encuentran en el Decreto N° 29398-MINAE (Ver Anexo 3), donde se enfatiza que la pérdida de humedales va en aumento y esto podría traer serias consecuencias para la biodiversidad y la economía del país a mediano y largo plazo; que los humedales son más valiosos en su estado natural o apenas modificado, en virtud de su importancia como controladores de inundaciones, su función en la retención de sedimentos, el atrape de sustancias tóxicas, la estabilización de microclimas, la producción pesquera, la producción de recursos forrajeros y el abastecimiento de aguas; que los humedales constituyen un importante sitio de alimentación, refugio y reproducción para una gran variedad de especies silvestres, por lo que reviste especial importancia su protección y conservación.

Este evento ha ocasionado problemas ambientales y socio-económicos. Ambientales porque el efecto de la mortalidad sucedió en parte de la zona de reserva, que es la zona de crianza de muchos de los organismos del río y el golfo de Nicoya, por lo cual el potencial de producción de la zona se verá afectado por varios años, ya que fue precisamente el “stock” a partir del cual se da la reproducción el que fue afectado. El río Tempisque es un ecosistema ya de por sí bastante afectado al recibir impactos de contaminación, lo que causa que su capacidad de soportar impactos adicionales cada vez esté más disminuida. Por otro lado, este río es único no sólo en Costa Rica, sino a nivel regional. Y socioeconómico, porque hay una gran cantidad de familias cuyo sustento se basa en la extracción de peces y camarones de esta zona, base importante de la economía local.

El río Tempisque recolecta y drena las aguas de la Cuenca del río Tempisque (CRT, cuenca que está conformada por los ríos Bebedero y Tempisque) hacia el Golfo de Nicoya, el cual es de gran importancia para la pesca artesanal y comercial nacional (Lizano 1998 citado en Mateo-Vega 2001). A su vez, el río Tempisque es de gran importancia regional pues forma parte de la CRT, quien es, a su vez, una subcuenca de la Cuenca Marina del Golfo de Nicoya, conocido como uno de los golfos y pesquerías más grandes y ricos de Centroamérica (Global Water Partnership, 2001).

### **3. Objetivos del estudio**

#### **3.1. Objetivo general**

Realizar una evaluación económica del daño ambiental ocasionada en la parte baja de los ríos Bebedero y Tempisque, Guanacaste, Costa Rica, debido al vertido de vinaza ocurrido en Setiembre de 2001.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1. Recopilar la información pertinente sobre factores biofísicos y ecológicos para la evaluación del daño ocasionado por la contaminación hídrica debido al derrame de vinaza en la parte baja de los Ríos Tempisque y Bebedero.
2. Evaluar el costo de restauración en la parte baja de los Ríos Tempisque y Bebedero hasta el nivel de conservación que se encontraba antes del derrame de la vinaza.
3. Evaluar el costo social debido a la pérdida de beneficios sociales asociado a la contaminación de la parte baja de los Ríos Tempisque y Bebedero.

## 4. Área de estudio

### 4.1. Delimitación del área afectada

En base a la información recabada por la unidad de control del MINAE, se definió el área afectada por el derrame de vinaza, para determinar el alcance del impacto (Figura 1).

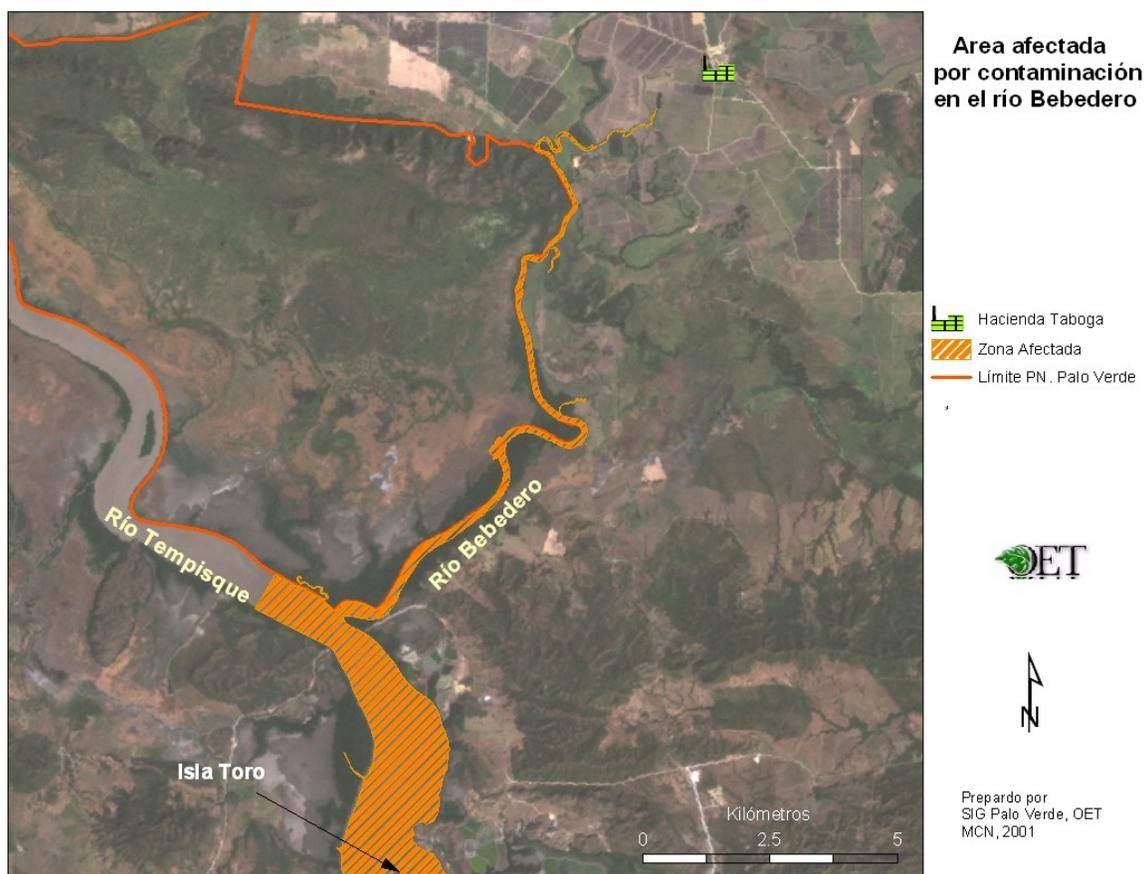


Figura 1: Delimitación del área declarada como zona de afectación por la descarga de vinaza en el río Bebedero en setiembre de 2001, Guanacaste, Costa Rica. (La zona afectada es de aproximadamente 1000 ha).

La zona afectada se localiza en Guanacaste, en el cauce y en los alrededores de las márgenes de los ríos Bebedero y Tempisque, aguas abajo de donde ocurrió el vertido de la sustancia de vinaza. Esto incluye las zonas de pesca 1 y 2 del Golfo de Nicoya, según las define el INCOPECSA. Para esta área, INCOPECSA (2001) ha definido tres *zonas de pesca* (Figura 2), como sigue:

- *Zona 1* (“Z1” en el mapa): sector entre la línea que une los puntos ubicados en el estero Moraga y Cangelito hacia la desembocadura del río Tempisque;
- *Zona 2* (“Z2” en el mapa): sector entre la línea que une los puntos ubicados en el estero Moraga y Cangelito hasta la línea que une los puntos del extremo de la Península de Puntarenas y Playa Naranjo;

- y Zona 3 (“Z3” en el mapa): sector delimitado por la línea que une los puntos del extremo de la Península de Puntarenas y Playa Naranjo y la línea que une los puntos de Cabo Blanco y Puntas Judas.

Esta zonificación está basada en aspectos biofísicos. Se delimitó para facilitar la administración por parte del INCOPESCA, y está acorde con la regionalización pesquera a nivel nacional.

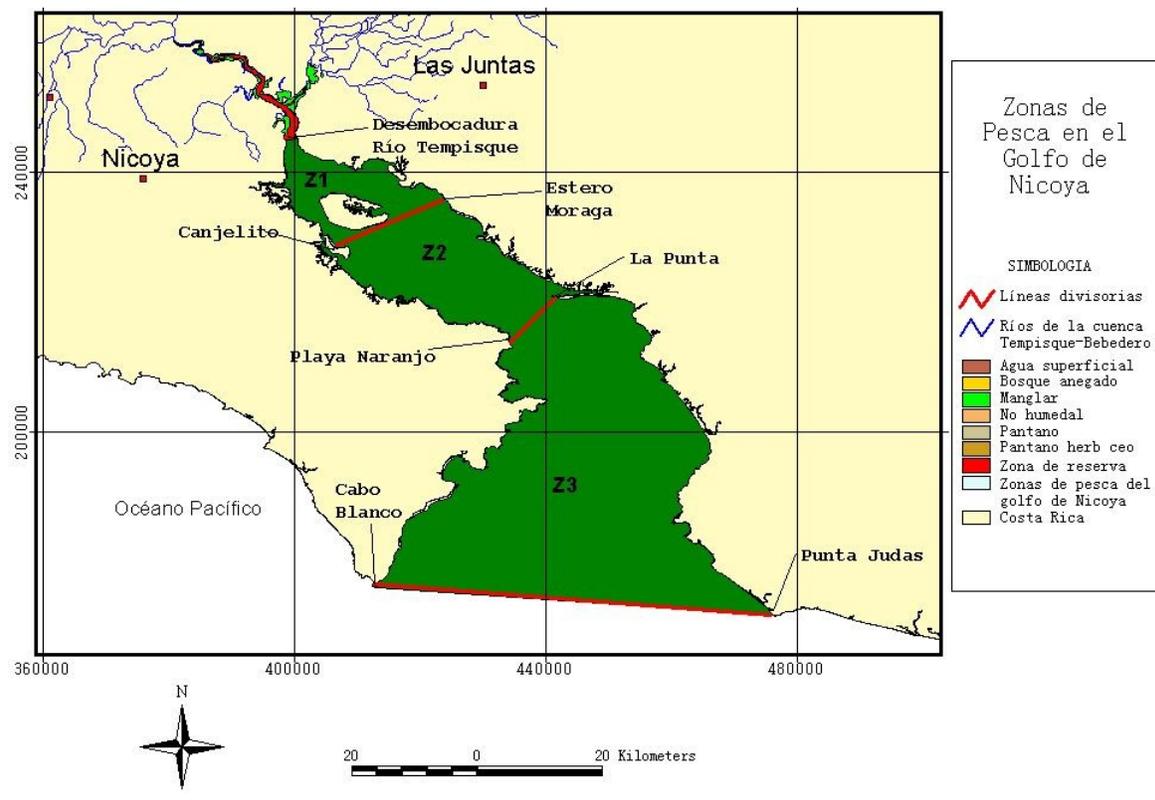


Figura 2. Las 3 zonas de pesca delimitadas por INCOPESCA (2001) para el Golfo de Nicoya.

Por lo tanto, el área afectada total (partes bajas de los ríos Bebedero y Tempisque) abarca un área de 985 ha, las cuales incluyen tanto la zona de reserva (con áreas de río y de manglar) y las zonas de pesca 1 y 2 del golfo de Nicoya. No se incluye la zona 3 en el análisis del daño ambiental ocasionado.

La zona del río Toro aguas arriba sobre el río Tempisque, así como el río Bebedero, son consideradas *zonas de reserva* (actualmente denominado Refugio de vida silvestre Cipanci; indicada con color rojo en el mapa de la Figura 2). Por ello, hay veda permanente (todo el año) pues éstas son las zonas de cría que se protegen para permitir la producción de nuevos organismos y el restablecimiento de un nuevo stock cada año para poder realizar un uso sostenible del recurso. (Únicamente se permite, en épocas específicas, la pesca artesanal con cuerda).

La delimitación de la *zona de reserva* se determinó con base en la dinámica de las poblaciones, la cual indica que la reproducción ocurre sobre todo en los manglares en esta área. Los organismos migran de la zona de pesca a la zona de reserva (ya sea las formas adultas a reproducirse, o se reproducen los adultos en otras zonas y luego migran las larvas hacia los manglares) para realizar los procesos de reproducción. Las crías, una vez que alcanzan etapas más maduras, migran a su vez fuera del área de reserva. Por otro lado, las áreas presentes en el área de reserva también son de

suma importancia, pues en ellas se encuentran los organismos que son la base de la red trófica (G. Umaña 2001, com. pers.; Wolff *et al.* 1998a y b, O. Pacheco, 2001, com. pers.) en la que se sustenta la producción del Golfo de Nicoya, por lo que la protección de esta zona es fundamental, tanto para garantizar la conservación de los procesos ecológicos, como para garantizar la posibilidad de explotación pesquera.

Prosiguiendo con el área que fue afectada, vemos que ésta se puede dividir en 2 grandes áreas (ver Figura 1); área anaranjada con líneas diagonales):

- el área de la *zona de reserva* afectada directamente<sup>2</sup> que contempla parte de la cuenca baja del río Tempisque, y que fue por donde circuló la vinaza que consumió el oxígeno por el cual se dio la mortalidad de los organismos.
- Las *zonas de pesca* Z1 y Z2 del golfo de Nicoya.

#### 4.2. Caracterización del área afectada

La caracterización se realizó mediante consulta de literatura y de investigadores. Las innumerables investigaciones que se han realizado en el golfo de Nicoya han hecho de éste uno de los estuarios tropicales mejor estudiados (Wolf *et al.* 1998) y se ha determinado que en este sistema la inmigración es un proceso muy dinámico en las áreas del golfo, con continuos intercambios entre las diferentes zonas (B. Marín, 2002, conversación personal). El área de reserva y el flujo de peces, moluscos, camarones y otros explica que existen migraciones entre las zonas Z1 y Z2, y la *zona de reserva*, esta última como área que provee la principal reserva del posible flujo de animales hacia las zonas de pesca. La zona de pesca (Zonas Z1, Z2 y Z3) posee un área de 226795.7 hectáreas; la biomasa total reportada para el golfo es de 339660 TM, por lo que existen 1.49 TM/ha de biomasa.

El Golfo de Nicoya, en general, está expuesto a una gran presión ambiental debido a la gran contaminación que recibe de las áreas agrícolas de la zona, las cuales incluyen las cuencas de Tárcoles, la de Barranca y la del Tempisque. Ésta última drena un área agrícola. El Golfo de Nicoya, además está expuesto a la recepción de gran cantidad de sedimentos debido a los intensos procesos de deforestación a los que está expuesta la cuenca. Estos impactos los sufre como consecuencias de acciones que se originan en sitios de la cuenca alta y media.

La parte interna del Golfo de Nicoya, que corresponde a las Zonas de Pesca 1 y 2, es donde se encuentran los manglares más extensos y complejos del país. En total, el 42% de los manglares de Costa Rica se encuentran en el Golfo de Nicoya, lo cual representa 17,000 ha. (Manglares asociados a las desembocaduras de los ríos más grandes de la zona, especialmente Tempisque, Bebedero, Abangares y Naranjo).

El Golfo de Nicoya representa el área pesquera de mayor importancia de Costa Rica. Una afectación a este recurso pesquero se traduce en la afectación tanto de innumerables procesos ecológicos de la zona, como de procesos sociales, ya que es el recurso del que dependen un gran número de familias de las costas guanacastecas y puntarenenses.

Una breve revisión de la información pertinente nos dará una noción de la importancia de este sitio (revisión facilitada por G. Umaña, miembro de la comisión). Rojas *et al.* (1994 a) estudiaron tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya. Una de las áreas estudiadas la nombran como Bebedero (10°15'N, 85°15'W). Ellos encontraron 74 especies en esa zona, de las cuales 37 aparecieron en Bebedero. La más común fue *Arius seemanni* (un bagre). Los bagres representaron un 31.5% de la

---

<sup>2</sup> Área delimitada por los miembros de la comisión que se apersonaron al sitio en el tiempo de la contaminación.

abundancia (aunque entre un 65.3 y un 78.4% de la abundancia se debió a visitantes ocasionales). De las especies encontradas, 11 fueron exclusivas de Bebedero. Otras especies abundantes fueron: *Centropomus robalito* (róbalo), *Arius* sp., *Cathorops fuerthii* y *C. Steindachneri* (bagres y cuminales). Rojas et al. (1.994b) presentan datos de las épocas de desove de algunas especies para los manglares del Golfo de Nicoya, incluido el de Bebedero. Ellos se concentraron en cinco especies de importancia comercial: (1) *Ariopsis seemanni*: en Bebedero parece que presentan dos periodos de reproducción: uno en mayo y el otro en noviembre; (2) *Arius dovii*: poco abundante pero muy grandes, y su reproducción es en abril y octubre; (3) *Arius oscu/us*: reproducción de agosto a enero en Bebedero, con un pico en abril; (4) *Cathorops tuyra*: reproducción en Bebedero durante la época lluviosa; y (5) *Cathorops steindachneri*: que presenta un posible pico de desove en mayo en Bebedero. Todas estas especies son de la familia Ariidae (bagres y cuminales). Los machos de la familia Ariidae recogen los huevos conforme la hembra los deposita. Pueden llegar a tener hasta 50 huevos en su boca. Una vez que eclosionan, siguen brindando protección a las larvas por un mes más. El macho pasa hasta 8 semanas en ayunas de este modo. Los machos cuidan de sus crías en los estuarios para protección contra depredadores.

En cuanto a otros grupos taxonómicos, Ulken *et al.* (1990) estudiaron los hongos marinos en un manglar del Golfo de Nicoya (Punta Morales). Estos hongos cumplen un papel muy importante en la descomposición de la hojarasca que cae de los árboles y aumentan el valor nutritivo de este detritos para los organismos que lo utilizan como alimento. Los hongos encontrados se identificaron como Chytridiomycetes, *Schizotrichium*, *Labyrinthula*, *Dermocystidium*, *Thraustochytrium* y *Ulkenia*. Los más abundantes y frecuentes fueron *Dermocystidium* y *Thraustochytrium*. Estos hongos son anaerobios facultativos. Ellos hicieron pruebas de crecimiento bajo condiciones de anaerobiosis (sin O<sub>2</sub>). Esto es importante ya que las condiciones del sustrato en los manglares son anaeróbicas a partir de unos cuantos centímetros de profundidad dentro del sustrato. Aparentemente estos hongos no mueren por falta de oxígeno no los mata, pero necesitan del estímulo de la luz para crecer.

Es importante considerar no solamente la mortalidad de los peces y camarones que se vieron flotando, sino también de otros invertebrados que viven sobre o dentro del fondo en galerías o tubos escavados, así como dentro de la vegetación, en este caso del manglar. Nordlie (1979), aunque trabajando en los estuarios de Tortuguero, describe el uso de los diferentes recursos que hacen cinco especies de peces de la familia Eleotridae (Guavinas y dormilones). El encontró que los insectos acuáticos que viven dentro de la vegetación y otros invertebrados son importantes fuentes de alimento para algunas especies. Si este recurso fue afectado también, la recuperación del ecosistema puede tardar más tiempo. En estuarios de la región centroamericana se han efectuado estudios similares en los cuales se reportan datos interesantes que pueden tomarse en cuenta en el análisis del presente caso. Por ejemplo, en manglares de la costa pacífica de Panamá se estudió la variación temporal del uso de los manglares para reproducción (D'Crox & Kwiecinski, 1980). En este estudio se pudo observar que la fauna dominante en el manglar puede variar dependiendo de la época del año, por lo cual varía la presencia de juveniles en el manglar a lo largo del año. Lo importante es que la principal época reproductiva de la mayoría de las especies estudiadas ocurre entre Agosto y Noviembre. Estos mismos autores observaron varias especies de camarones utilizando los manglares como zona de crecimiento de las etapas juveniles intermedias de forma más o menos uniforme a lo largo del año. Lo mismo se ha observado en la Bahía Jilisco en El Salvador (Phillips, 1981), costa del Pacífico también. En este caso la composición de la fauna en cuatro colectas hechas en meses diferentes varió considerablemente.

En cuanto a la importancia de los manglares, la siguiente información también nos ayuda. En

Panamá (D' Crox & Kwiecinski, 1980) encontraron que *Mugil curema* fue la especie más abundante de agosto a setiembre, y la que estuvo presente todo el año; de *Eucinostomus californiensis* encontraron juveniles, especialmente en agosto y setiembre. En cuanto a róbalos (*Centropomus*), los encontraron sobre todo en setiembre. (*C. Robalito*: entre agosto y diciembre, en su mayoría juveniles). De los pargos (Lutjanidae) se observaron juveniles en los manglares, entre agosto y noviembre. Y juveniles de otras especies de peces que fueron observados incluyen a *Micropogon altipinnis* (corvina), *Anchoa panamensis* (Anchoveta) y el pez congo (*Galeichthys jordani*). Por otro lado, la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) tiene los juveniles en alta mar, y los adultos entran a los estuarios o las costas de fondo lodoso (en abril).

De los camarones, la mayoría presenta etapa juvenil estuarina. Permanecen en los manglares de 4 a 5 meses, y luego salen al mar a desovar. Su reproducción es continua todo el año, por lo que siempre hay juveniles de camarones en los estuarios. Se han reportado con fase estuarina a las especies de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*, *P. stylirostris*, *P. vannamei*), camarón rojo (*P. brevirstris*) y los camarones *Trachypenaeus byrdi* y *T. faoea*

## **5. Marco conceptual y metodológico en la Evaluación del Daño Ambiental en los ríos Tempisque y Bebedero**

La metodología utilizada en la evaluación del daño ambiental ocasionada en la parte baja de los ríos Tempisque y Bebedero está basada en la metodología general de Evaluación del daño ambiental en Costa Rica desarrollada por Barrantes y Di Mare (2002) para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Se han hecho algunas adaptaciones básicas para reflejar la situación específica del sitio de estudio y una ampliación de la metodología basada en Barrantes y Chaves (2000).

### **5.1 Ambiente y Daño Ambiental – aspectos conceptuales**

En términos generales, el *ambiente* es el entorno vital; es decir, el conjunto de elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando su forma, su carácter, su comportamiento y su supervivencia. En términos más específicos, el *ambiente* sería el sistema constituido por el ser humano, la fauna, la flora y los microorganismos; el suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje; las interacciones entre los factores citados y los bienes materiales y el patrimonio cultural. Atendiendo el modelo de desarrollo, el ambiente puede entenderse como: fuente de recursos naturales, flujo de materiales hacia las actividades humanas y receptor de desechos.

Se dice que hay *daño ambiental* cuando una acción o actividad produce una alteración desfavorable en el medio o en algunos de los componentes del medio. Los *daños ambientales* quedan definidos por cuatro elementos: (1) manifestación, (2) efectos, (3) causas y (4) agentes implicados (Gómez, 1994). Estos elementos sirven de referencia en el desarrollo de la estructura para el análisis de las implicaciones ecológicas y económicas relacionadas con los daños ambientales, el cual se desarrolla posteriormente.

Por otro lado, el *daño ambiental* representa la diferencia entre la situación del recurso antes de la afectación y después de ella, lo que obliga a conocer su condición *antes* y *después* de la afectación. El Gráfico 1 permite una ilustración más precisa del daño ambiental, donde se muestra cómo se afecta el recurso natural (que en el gráfico se indica como “factor ambiental”) una vez que la operación que causa el daño ha entrado en actividad. Por lo tanto, para evaluar dicho daño

ambiental, se necesita estimar estos dos estados, pues el daño comprendería la diferencia entre el estado ambiental antes de la intervención y después de la intervención humana que ocasionó el daño. En términos matemáticos, el daño se expresaría por  $DA_j$ , el que está dado por el área entre las curvas  $f_1$  y  $f_2$  a partir del inicio  $t_0$ , de modo que:

$$DA_j = \int_{t_0}^x [f_1(t) - f_2(t)] dt$$

donde,

- DA:** es el daño ocasionado al recurso natural  $j$
- $f_1(t)$ :** explica el comportamiento del recurso natural (o factor ambiental) *sin* presencia de la actividad económica particular (o sea, *antes* del daño)
- $f_2(t)$ :** explica el comportamiento del recurso natural una vez que entra en operación la actividad económica (o sea, *después* del daño)
- $t$ :** tiempo
- $x$ :** tiempo que perdura la afectación en el factor  $j$

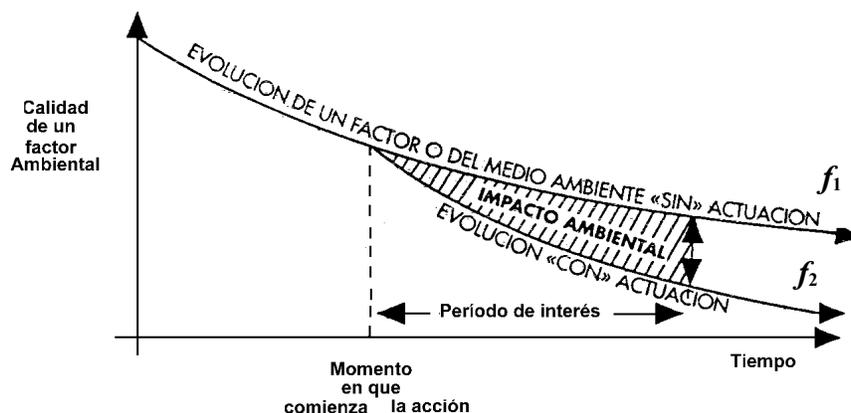


Gráfico 1. El impacto es la diferencia entre la evolución del medio ambiente “sin” y “con” la alteración ocasionada.

Fuente: Gómez, 1994.

## 5.2. Componentes de la evaluación del daño ambiental

La evaluación del *daño ambiental* depende de dos componentes principales: el *daño biofísico* y el *daño social*. El *daño biofísico* se refiere a las afectaciones hechas en el medio natural que ocasionan un deterioro de las características del recurso natural. El *daño social* está relacionado con las afectaciones a la sociedad, manifiestas en la pérdida de beneficios derivados del recurso natural afectado y a los costos asociados a la restauración del recurso afectado.

Para establecer el *daño biofísico* es necesario determinar el tipo de alteración ocasionada y su relación con los recursos naturales afectados, considerando la composición de recursos tanto en el sitio del proyecto como en la zona de influencia (área fuera del proyecto que es alterada por la acción). Para ello se requiere de la identificación de los recursos naturales afectados con la alteración, como punto de partida para la evaluación *antes* y *después* de la actuación. El causante del daño será responsable por el cambio ocasionado al recurso natural, en lo que sea atribuible a su actividad.

Para establecer el *daño social* se requiere conocer los beneficios sociales que se dejaron de percibir con la afectación del recurso natural. También es necesario identificar las actividades de restauración necesarias para llevar a dicho recurso natural al estado de conservación en que estaba antes del daño (*EC<sub>a</sub>: estado de conservación antes del daño*) y los costos asociados. Estos dos aspectos representan el agregado de daño social que es imputable al daño ambiental ocasionado.

### 5.3. Potencial ecológico en la zona de estudio

En términos generales, es posible obtener una evaluación del potencial de un recurso natural determinado. Cada recurso natural tiene cualidades intrínsecas que determinan su potencial natural para realizar sus funciones ecológicas. Éstas también determinan el potencial de brindar los distintos flujos o servicios ambientales de los que se beneficia la sociedad humana. Estas cualidades o indicadores son: (1) Escala, (2) Elasticidad, (3) Representatividad, (4) Complejidad y (5) Componente clave. Cada una de estas cualidades tiene un peso diferente en la valoración global del ecosistema en análisis, pues tienen diferente importancia sobre la integridad de los recursos que lo componen. Es esperable que exista una relación directa entre la evaluación de cada uno de los indicadores anteriores y el *potencial ecológico*, entendido como la capacidad del recurso para brindar servicios ambientales y cumplir sus funciones ecológicas. Por lo tanto, esta relación se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_b = \sum_{i=1}^5 \delta_i w_i \quad (ec.1)$$

y

$$\sum_{i=1}^5 \delta_i = 1$$

donde,

$P_b$	Potencial del recurso natural (%)
$w$	Cualidad $i$ del recurso ( $0 < w < 10$ )
$\delta$	Ponderación de la cualidad $i$ (%)

Dado que  $P_b$  es un valor entre 0 y 100%, se puede establecer (se sugiere) una clasificación del recurso en términos de su potencial ecológico, tal y como se expresa en el siguiente Cuadro 1. Esta categorización puede variar en cuando a los rangos establecidos.

Cuadro 1. Clasificación del potencial ecológico del recurso natural

Categoría	Rango (%)
Muy bajo	0-20
Bajo	21-40
Regular	41-60
Alto	61-80
Muy alto	81-100

## 5.4. Estado de conservación de los recursos naturales

El *estado de conservación*<sup>3</sup> (EC) se refiere al grado de mantenimiento de los procesos, o sea, a la condición del factor en relación con su capacidad para garantizar su continuación y funcionamiento. Este es un indicador de cuán alejado se está del estado de conservación en que el recurso tiene la máxima capacidad de realizar sus funciones ecológicas y brindar los servicios ambientales que benefician a la sociedad. Si el indicador, medido en porcentaje, tiene un valor de 100%, indica que el recurso natural está en su máximo estado de conservación. Por el contrario, si dicho valor es de 75%, indica que ha existido un deterioro del recurso equivalente al 25%, atribuible a eventos pasados. En este sentido, el estado de conservación toma un valor entre 0 y 100%.

Hay una serie de indicadores o criterios que se deben identificar para evaluar el estado de conservación de los recursos naturales. Para efectos de aplicabilidad de estos indicadores se requiere tener presente que, dependiendo del sitio en particular, se debe hacer una selección previa de los indicadores específicos a considerar y de la ponderación que cada uno de ellos tendrá en relación con el valor global del recurso natural.

La estimación del *estado de conservación antes* ( $EC_a$ ) puede obtenerse considerando  $m$  indicadores y el criterio de  $n$  expertos para que asignen un valor para cada indicador. De esta manera, la valoración estaría dada por:

$$Y_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \quad (ec. 2) \quad \begin{array}{l} j = 1, 2, \dots, m \text{ indicador.} \\ 0 \leq x \leq 10 \end{array}$$

donde,

- x Valoración del experto i sobre el indicador j ( $0 \leq x \leq 10$ ).
- Y Valoración promedio del indicador j.

Asignando una ponderación  $\alpha_j$  al indicador j, la evaluación global del recurso sería:

$$EC_a = \sum_{j=1}^m \alpha_j Y_j \quad (ec. 3) \quad 0 \leq \beta \leq 10$$

y,

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1 \quad (ec. 4)$$

donde,

- $\alpha_j$  Ponderación asignada al indicador j
- $EC_a$  Estado de conservación antes de la afectación al recurso natural

Una vez obtenida la evaluación  $EC_a$  del recurso natural, es necesario la estimación del *estado de conservación después de ocasionado el daño ambiental* ( $EC_d$ ). Esto implica que se debe estimar el nivel de afectación del recurso, la cual se obtiene mediante el siguiente procedimiento. Si se consideran  $m$  indicadores en la evaluación del recurso natural y el criterio de  $n$  expertos que asignen una valoración  $x$  para cada indicador  $j$ , entonces la valoración estaría dada por:

---

<sup>3</sup> El estado de conservación se puede obtener mediante diferentes métodos: uso de información sistemática disponible, consulta de expertos, consulta de literatura, comparación entre sitios similares (en tiempo o espacio).

$$NA_j = \frac{\sum_{i=1}^n v_{ij}}{n} \quad (ec.5) \quad \begin{array}{l} j = 1,2,\dots m \text{ elementos.} \\ 0 \leq v \leq 10 \end{array}$$

Donde,

v      valoración el experto *i* para el elemento *j* afectado  
NA     Valoración promedio para el indicador *j*.

Asignando una ponderación  $\alpha_j$  al indicador *j*, la evaluación global del daño ocasionado al sitio afectado sería:

$$\delta = \sum_{j=1}^m \alpha_j NA_j \quad (ec. 6) \quad 0 \leq \delta \leq 10$$

donde,

$\delta$       Evaluación global del nivel de afectación del recurso natural

De este modo, el estado de conservación después de la alteración ocasionada estaría dado por la diferencia entre el estado de conservación inicial y la afectación real dada por producto  $\delta * EC_a$ . Es decir:

$$EC_d = EC_a (1 - \delta) \quad (ec. 7)$$

Donde,

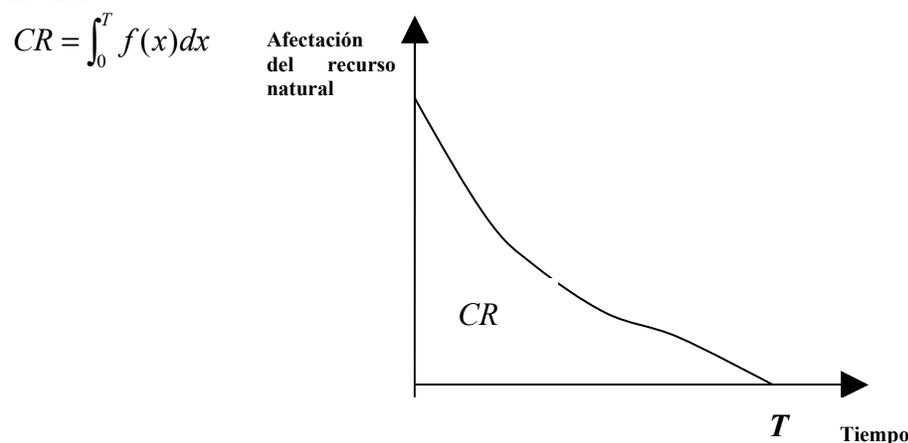
$EC_d$     Estado de conservación después de la afectación del recurso natural

## 5.5. Evaluación económica del daño ambiental

La evaluación económica del daño a un recurso natural específico involucra el análisis de las implicaciones biofísicas y de las implicaciones sociales. Las implicaciones sociales se refieren a la pérdida de beneficios que se derivaban del recurso natural afectado y a los costos adicionales en que incurre la población debido a otras afecciones derivadas de la alteración del recurso natural, tales como los de tratamiento de la salud, la pérdida de ingresos asociadas al salario, entre otros. Además, en el caso de extracciones, es necesario cuantificar el valor asociado, para lo cual se requiere conocer o estimar el precio y la cantidad extraída del producto.

### 5.5.1. Evaluación económica del daño ambiental – aspectos biofísicos

Se debe procurar la restauración<sup>4</sup>, de un recurso natural cuando a éste se le ha ocasionado un daño biofísico. En este caso, para realizar la cuantificación económica asociada a esta restauración, debe identificarse los niveles presentes en el recurso *antes* de la alteración. La recuperación del recurso natural hasta los niveles aceptables está determinada por la magnitud del daño ocasionado, las características del recurso natural, el tiempo de la recuperación y el área afectada. Analíticamente, el costo de recuperación (*CR*) sería el área correspondiente bajo la curva  $f(x)$  en el intervalo de tiempo (0, *T*), donde  $x$  es un vector de variables que explican la afectación biofísica del recurso natural.



**Gráfico 2. Aproximación del costo de recuperación del recurso natural afectado**

La restauración de un recurso natural hasta su estado inicial previo a la alteración, implica la ejecución de una serie de actividades que tienen que desarrollarse y que representan costos que deben ser cubiertos por quien causó el daño. Estos dependen de la magnitud del daño y del tiempo de restauración del recurso natural afectado, así como el nivel de restauración que se deba alcanzar, determinado por el estado de conservación en que se encontraba el recurso en el momento en que fue afectado. La estimación del costo total de restauración del recurso natural dependerá de las características intrínsecas del mismo, ya que éstas determinarán, a la vez, el conjunto de actividades que deberán realizarse en la restauración. Entre más complejo sea el factor, más elementos por recuperar se presentarán. Cada una de las actividades a realizar demanda una serie de recursos y de insumos. Los precios y las cantidades de los recursos y de los insumos a utilizar explican el total de costos. Esta relación se puede establecer como sigue:

$$CR = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i q_{tji} (1+r)^{-t} \quad (ec.8)$$

y,

$$T = \text{Max} \{t_j / j \text{ es el recurso natural y } j = 1, 2, \dots, n\}$$

donde,

<sup>4</sup> Las actividades necesarias para lograr la restauración se pueden identificar a través de diferentes métodos: uso de información sistemática disponible, consulta de expertos, consulta de literatura, comparación entre sitios similares (en tiempo o espacio).

<b>CR:</b>	Costo de restauración biofísica del recurso natural afectado por acciones humanas ( $\$/unidad$ del factor)
<b>p<sub>i</sub>:</b>	Precio del insumo $i$ usado en la restauración del recurso natural ( $\$/unidad$ del insumo)
<b>q<sub>ij</sub>:</b>	Cantidad del insumo $i$ usada en la restauración del recurso natural $j$ (unidades del insumo)
<b>r:</b>	Tasa de descuento para actualizar los valores en el tiempo (%)
<b>t:</b>	Tiempo (años)
<b>T:</b>	Tiempo total requerido para la restauración del daño causado, determinado por el estado de conservación de los recursos naturales alterados.
<b>m:</b>	Insumos requeridos en la restauración del recurso natural $i$
<b>n:</b>	Recursos naturales afectados por acciones humanas

### 5.5.2. Evaluación económica del daño ambiental – aspecto social

Para el establecimiento del daño social ocasionado con la afectación del recurso natural, se requiere la identificación de los beneficios que dicho recurso le brinda a la sociedad, para permitir determinar la relación existente entre el nivel de afectación del recurso natural y la pérdida de beneficios sociales. Dichos beneficios están determinados por la cantidad y calidad de los flujos que provee el medio natural. De este modo, la población tiene las siguientes alternativas cuando se ven afectados los flujos que deriva del capital natural:

- Seguir disponiendo de los flujos en una menor cantidad y calidad.
- Sustituir la oferta de flujos con otros bienes y servicios, mientras es posible la sustitución, en una cantidad equivalente a la disminución generada con la alteración de recursos naturales.
- Perder definitivamente la oportunidad de aprovechar esos flujos, ya sea temporal o permanentemente.

Cualquiera de las alternativas representa una pérdida de bienestar social que debe ser compensada apropiadamente. Lo de apropiado se refiere, principalmente, a que la población alcance un nivel de bienestar comparable al que disfrutaba previamente a la alteración del recurso natural, lo que significa alternativas de flujos que compensen o sustituyan los que se dañaron.

Con anterioridad se mencionó que la calidad y la cantidad de flujos que se pueden derivar de un recurso natural, dependen de su estado de conservación. Esto induce a plantear la existencia de una relación directa entre el estado de conservación y los flujos del recurso natural. Esta relación se puede utilizar para establecer las consecuencias de una variación en el estado de conservación sobre los flujos del sistema natural que afectan el bienestar de la población. De esta manera, es esperable que la restauración del recurso natural conduzca al restablecimiento de los flujos que aprovecha la sociedad para mejorar su bienestar. En este sentido, conforme se mejora la condición del factor, se mejora la cantidad y la calidad de tales flujos.

Tomando en consideración lo anterior, se plantea que los costos de compensación deben estimarse mientras el recurso natural está en vías de restauración, o sea, desde que se inicia el daño hasta que el recurso natural sea recuperado satisfactoriamente; es decir, hasta el tiempo  $T$ , donde dichos costos deben desaparecer dado que los beneficios sociales que brindaba el recurso natural teóricamente se han recuperado. Si definimos una función de costos de compensación,  $g(x)$ , entonces los costos sociales de compensación,  $CS$ , están dados por:

$$CS = \int_0^T g(x)dx \quad (ec. 9)$$

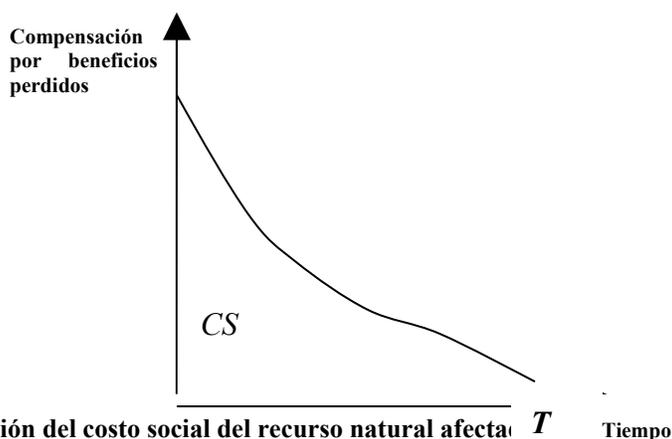


Gráfico 3. Aproximación del costo social del recurso natural afectado  $T$  Tiempo

Para el caso en estudio, la pérdida de beneficios está asociada fundamentalmente a la afectación de la producción en la actividad pesquera. Por tal razón, se propone una estimación de los Beneficio perdido por la disminución de materias primas y productos de consumo final que brinda el recurso natural considerando las cantidades perdidas y los precios de los distintos productos afectados. Dicha estimación ha de realizarse para todo el período que tardaría el o los recursos afectados en recuperarse hasta el nivel de conservación antes de la alteración. Para lograrlo se requiere disponer de la información correspondiente de precios y cantidades o de las estimaciones pertinentes. Asumiendo que dicha información está disponible o que se pueden hacer las estimaciones, el cálculo del beneficio perdido por estos rubros estaría dado por:

$$BP_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (p_{ji}^{mp} q_{tji}^{mp} + p_{ji}^{cf} q_{tji}^{cf}) (1+r)^{-t} \quad (ec. 10)$$

donde,

- $BP_1$  Beneficio perdido por la disminución de materias primas y productos de consumo final ( $\$$ )
- $p_{ji}^{mp}$  Precio de la materia prima  $i$  que se deriva del recurso natural  $j$  ( $\$/unidad$ )
- $p_{ji}^{cf}$  Precio del producto de consumo final  $i$  que se deriva del recurso natural  $j$  ( $\$/unidad$ )
- $q_{tji}^{mp}$  Cantidad de la materia prima  $i$  que se deriva del recurso natural  $j$  en el tiempo  $t$  (unidad)
- $q_{tji}^{cf}$  Cantidad del producto final  $i$  que se deriva del recurso natural  $j$  en el tiempo  $t$  (unidad)

### 5.5.3. Evaluación económica del daño ambiental – costos totales

El costo total ( $CT$ ) del daño ambiental es la suma del costo biofísico dado por el costo de restauración y el costo social.

$$CT = CR + BP_1 \quad (ec. 11)$$

## 6. Resultados y discusión

El taller con expertos es la base principal para la generación de resultados del presente estudio, y ellos junto con la revisión de literatura realizada e información disponible en estadísticas, se sustenta la valoración económica del daño ocasionado por la contaminación de las partes bajas de los ríos Tempisque y Bebedero. Dichos valores se complementan además con la caracterización y generación de indicadores biofísicos basados en Sistemas de Información Geográficos (SIG), que sirven como apoyo a los criterios que resultan del trabajo del taller, así como a la generación de información cuantitativa que apoya los resultados.

### 6.1. Evaluación del potencial ecológico del sitio de estudio

El primer esfuerzo se orientó a determinar el potencial ecológico del sitio de estudio, de modo que ayudara a fortalecer el criterio de la importancia del sitio. Para tal fin, se hizo una evaluación considerando cinco cualidades (criterios): elasticidad, componente clave, complejidad, escala y representatividad, que fueron ponderados de modo tal que su suma diera 100%. La evaluación asignada para cada una de las cualidades se determinó a través de la consulta de criterio a profesionales en el taller de trabajo que se efectuó, donde se llegó a los resultados se muestran en el Cuadro 2. Estos resultados son el promedio general de todos los valores asignados por los profesionales presentes en el taller.

**Cuadro 2. Ponderación de las cualidades que se utilizan en la evaluación y análisis de un recurso natural**

Cualidades	Ponderación (%)
Elasticidad	26.1
Componente clave	20.9
Complejidad	18.8
Escala	17.2
Representatividad	15.6

Los profesionales también dieron una calificación en una escala de 1 a 10 para cada una de las cualidades que se consideraron. Esta calificación estaba en función de la condición de cada cualidad en la zona de estudio. Obtenida la calificación promedio para cada cualidad se le aplicó la ponderación anterior (Cuadro 2) para obtener la evaluación del potencial ecológico del sitio de estudio. De esta manera se determinó que el potencial ecológico del sitio es alto, con una valoración global de 75.3% (Cuadro 3), lo que reafirma los resultados de investigaciones de que el sitio es de alta riqueza biológica a nivel nacional.

**Cuadro 3. Valoración de cada cualidad en la zona de estudio**

<b>Cualidades</b>	<b>Calificación</b>	<b>Valoración ponderada</b>
Elasticidad	7.4	1.94
Componente clave	7.8	1.62
Complejidad	8.4	1.58
Escala	6.4	1.10
Representatividad	8.3	1.29
Potencial ecológico		<b>7.53</b>

## 6.2. Evaluación del estado de conservación del sitio de estudio

Para evaluar el estado de conservación de la parte baja afectada de los ríos Tempisque-Bebedero, se definieron ocho criterios: belleza escénica, biomasa y abundancia, diversidad de especies, Redes tróficas, reservas ecológicas y pesqueras, calidad del agua, estado del manglar y calidad de sedimentos. La selección de los criterios obedeció a una serie de argumentos que los grupos de trabajo del taller discutieron a lo interno de cada uno. Con el fin de obtener una evaluación del ecosistema total se realizó una ponderación de cada uno de los criterios de modo que la suma total fuera 100% (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Criterios ambientales seleccionados y su respectiva ponderación para la evaluación del estado de conservación del sitio de estudio**

<b><i>Criterio</i></b>	<b><i>Ponderación</i></b>
1 Belleza escénica	4.4
2 Biomasa y abundancia	17.4
3 Diversidad de especies	13.3
4 redes tróficas	13.2
5 Reservas ecológicas y pesqueras	17.9
6 Calidad del agua	17.5
7 Estado del manglar	8.1
8 Calidad de sedimentos	8.3
	100.0

Fuente: Taller de trabajo.

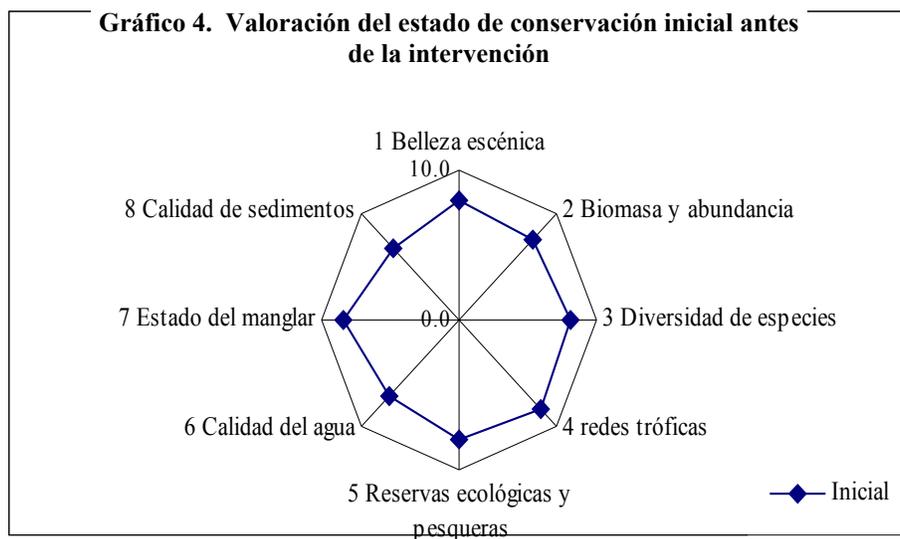
Para cada criterio ambiental utilizado para la evaluación del estado de conservación, se estableció una en una escala de 1 a 10 (10 es el estado de conservación óptimo), para posteriormente aplicarle la ponderación que se obtuvo anteriormente para cada criterio. Aplicando la *Ecuación 3* a los datos del Anexo 4.2 se obtiene que el ecosistema del área de estudio tiene un estado de conservación equivalente al 78.30% (Cuadro 5). Es decir, que su estado de conservación a disminuido en un 21.70%.

**Cuadro 5. Evaluación del estado de conservación del Río Tempisque – Bebedero, en la zona de reserva**

<i>Criterio</i>	<i>Valoración</i>	<i>Valoración n ponderada (%)</i>
1. Belleza escénica	8.0	0.35
2. Biomasa y abundancia	7.8	1.35
3. Diversidad de especies	8.2	1.09
4. Redes tróficas	8.4	1.11
5. Reservas ecológicas y pesqueras	7.9	1.42
6. Calidad del agua	7.3	1.27
7. Estado del manglar	8.5	0.68
8. Calidad de sedimentos	6.8	0.56
<b>Estado de conservación</b>		<b>7.83</b>

Fuente: Taller de trabajo

El estado de conservación de 78.30% indica que el estado de conservación del área de estudio no era el óptimo. Sobre este índice es que se tiene que estimar el grado de afectación. Gráficamente se ilustra lo anterior, donde la diferencia entre el estado óptimo y la condición inicial del estado de conservación representa el daño ocasionado al recurso a lo largo del tiempo (Gráfico 4). El contorno exterior en el Gráfico 4 representa el estado máximo de conservación, mientras que la línea con puntos indica el estado inicial del ecosistema antes de la intervención. La diferencia entre ellas es un indicador, según el criterio de expertos, de que el ecosistema estaba intervenido con anterioridad.



### 6.3. Índice de afectación de la zona de estudio

Cualquiera que sea el estado de conservación del ecosistema, la intervención sobre el mismo genera algún índice de afectación que debe considerarse para estimar el daño ocasionado al ecosistema. Este índice es independiente del estado de conservación; no obstante, su importancia es mayor cuanto mejor sea el estado de conservación del ecosistema, ya que la alteración sobre el mismo, puede repercutir en una pérdida de beneficios sociales importantes por la disminución en el flujo de servicios ambientales.

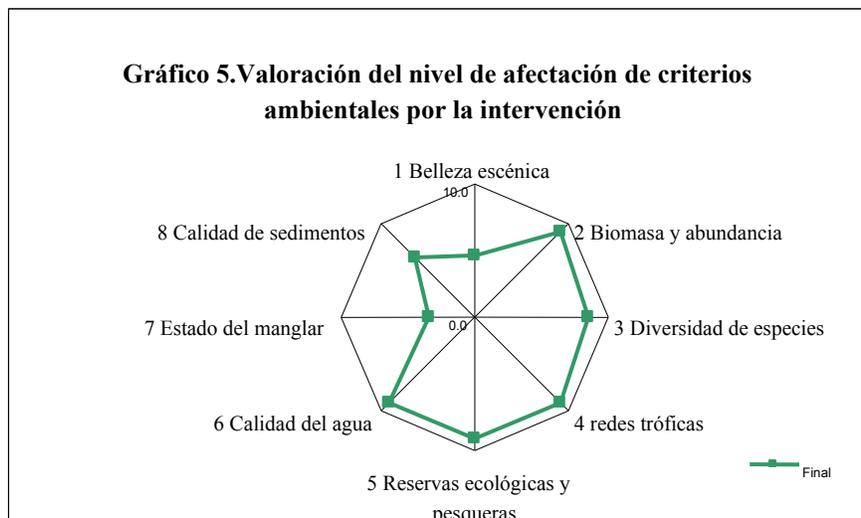
Para la evaluación del índice de afectación se tomó como base la selección de los ocho criterios ambientales usados en la evaluación del estado de conservación. A cada criterio los expertos asistentes al taller le asignaron un calificación en una escala de 1 a 10, indicando que 10 es la afectación máxima ocasionada al servicio ambiental respectivo debido a la intervención en el ecosistema. Una afectación de 100% indica que el ecosistema ha perdido la capacidad de ofrecer servicios ambientales a la sociedad. Aplicando la *Ecuación 6* a los datos del Anexo 4.3 se obtiene el índice de afectación del ecosistema cuyo valor es de 81.1%, lo que muestra que la alteración del sitio no significó la desaparición total del flujo de beneficios (Cuadro 6.).

**Cuadro 6. Evaluación del índice de afectación de los Ríos Bebedero y Tempisque en Función del daño a los servicios ambientales**

<i>Criterio</i>	<i>Afectación</i>	<i>Valoración ponderada</i>
1 Belleza escénica	4.7	0.20
2 Biomasa y abundancia	9.0	1.57
3 Diversidad de especies	8.5	1.13
4 Redes tróficas	9.0	1.19
5 Reservas ecológicas y pesqueras	9.0	1.62
6 Calidad del agua	9.2	1.60
7 Estado del manglar	3.5	0.28
8 Calidad de sedimentos	6.3	0.52
<b>Índice de afectación</b>		<b>8.1</b>

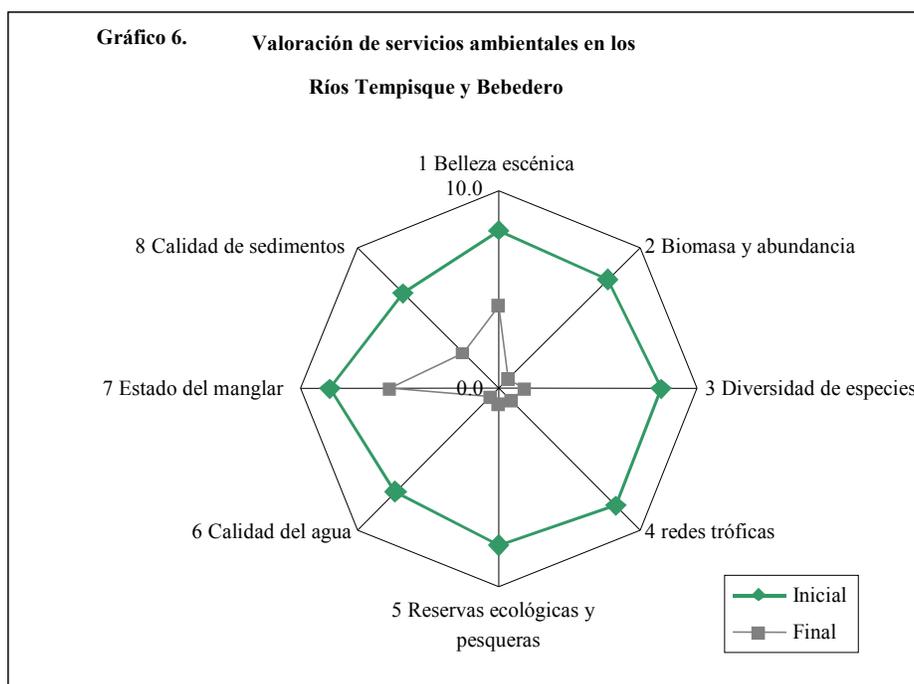
Fuente: Taller de trabajo

El índice de afectación de 81.1% se convierte en un parámetro para la evaluación final del daño ocasionado a la zona afectada de los ríos Tempisque-Bebedero, dada una condición inicial del estado de conservación del mismo en 78.30%. En este sentido, la afectación real considerando el estado de conservación inicial es de 63.5%. En el Gráfico 5 se ilustra la afectación del ecosistema por la intervención dada, donde se puede observar el nivel de impactos ocasionados a los distintos criterios ambientales que se han considerado en el estudio.



### 6.3.1. Evaluación del estado de conservación después de la afectación (ECd)

Debido a que la condición inicial del estado de conservación no era la óptima, el nivel de afectación real debe estimarse con base al estado de conservación antes de la afectación. En ese sentido, aplicando la *Ecuación 7* se obtiene un índice de afectación real de 63.5% ((producto entre 81.1%\*78.3% = 63.5%). En general, dada la intervención en los ecosistemas en el área de estudio, el estado de conservación después de la afectación ( $EC_d$ ) puede considerarse como la diferencia entre el *estado de conservación antes* ( $EC_a$ ) (78.30%) y el nivel de afectación real (63.5%). Es decir, que el estado de conservación final es de 14.8%. En el Gráfico 6 se ilustra la situación del estado de conservación antes y después de la intervención en la zona de reserva pesquera del río Tempisque-Bebedero, de acuerdo con los resultados del taller de expertos.



En el Gráfico 6 se observa que la afectación total del ecosistema en el área de estudio está dada por los daños ocasionados por las intervenciones tradicionales más la última intervención que es la que interesa en el análisis. De acuerdo con el gráfico, los causantes del deterioro final deben compensar el daño ocasionado a la zona de reserva pesquera equivalente a la diferencia entre la situación inicial (contorno intermedio) y el final del estado de conservación (contorno interior). Su costo está determinado por el costo de recuperación de los ecosistemas alterados hasta el nivel de conservación que se encontraban antes de la última intervención, más el costo social por la afectación de los beneficios que de manera directa e indirecta aprovechaban las comunidades y la sociedad en general.

#### 6.4. Evaluación económica del daño ambiental ocasionado al sitio de estudio

En esta oportunidad, la evaluación económica total del daño ocasionado al sitio de estudio, comprende el costo de recuperación del ecosistema intervenido más el daño causado a la sociedad por la pérdida de beneficios que le brinda el aprovechamiento real o potencial de los servicios ambientales que se afectaron con la intervención. Sin embargo, los resultados así obtenidos son una aproximación válida para el establecimiento de negociaciones con los inversionistas que con sus proyectos de desarrollo han ocasionado un daño a los ecosistemas que están bajo la normativa legal que promueve un manejo sustentable de los mismos.

##### 6.4.1. Costo de recuperación

El proceso de restauración para las poblaciones de peces afectadas incluye al menos 3 fases: *re población*, *reproducción* y *producción*. La fase de *re población* consiste en un aumento paulatino de individuos por reproducción (natalidad) e inmigración de áreas aledañas. Se sabe que en estos sistemas la inmigración es un proceso muy dinámico en las áreas del golfo, que afortunadamente en este caso será de gran ayuda para una recuperación natural (B. Marín, 2002, com. pers.). En una curva de crecimiento logística esta fase corresponde al inicio de la curva, el cual es positivo pero lento (Ver Gráfico 7).

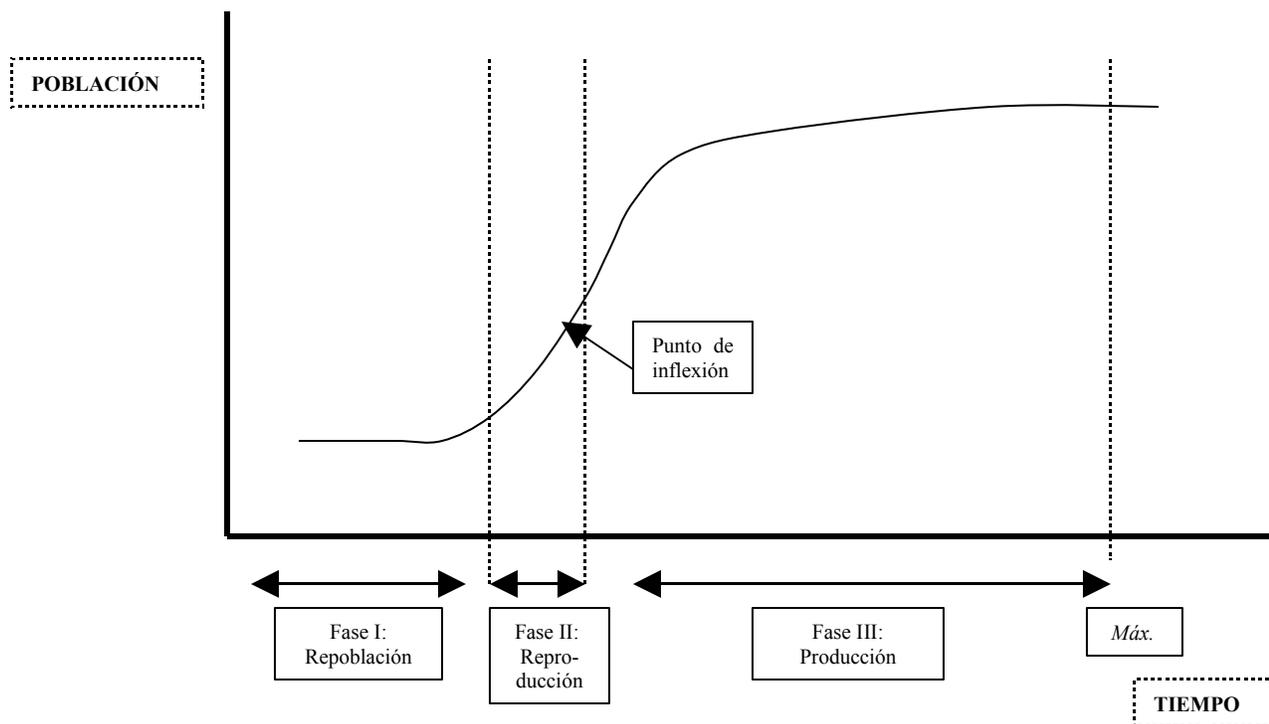


Gráfico 7. Curva de crecimiento logística que se espera sigan las poblaciones de la zona de reserva de los ríos Bebedero y Tempisque durante el proceso de recuperación al impacto ambiental ocasionado por el vertido de vinaza en el río Bebedero en setiembre de 2001, Guanacaste, Costa Rica.

La siguiente fase, que hemos denominado reproducción, es una fase en que la aceleración en la reproducción es alta, acercándose al comportamiento de una curva exponencial. En esta fase eventualmente el crecimiento de la población alcanza el punto de inflexión, que es el tamaño de la población donde la aceleración se detiene y empieza a disminuir. Esta fase es trascendental pues gran parte de los organismos que serán los que proveerán las crías para llegar a la restauración nacen durante este proceso. La vigilancia será fundamental para garantizar que no se pierda este stock que es de donde finalmente se recuperará la población. Finalmente, tenemos la fase de Producción, que es cuando ya se ha alcanzado el stock o población necesaria para poder realizar nuevamente extracciones para el aprovechamiento del recurso.

### Tiempo de restauración

Como los ecosistemas no tenían un estado de conservación óptimo, los costos de recuperación se estiman en relación con el período de recuperación del ecosistema dada la condición antes de la intervención. Es decir, que lo necesario es alcanzar la situación inicial del estado de conservación del 78.30%. Se consideró una recuperación natural donde no hay intervención humana más que la del control y protección. Sin embargo, se espera que sea amplio el período de recuperación hasta que el ecosistema alcance una estructura lo suficientemente estable como para soportar alteraciones naturales que no lo desequilibren. Para este caso se consideró un período de cinco años, considerando los resultados del taller y la literatura donde se establece que una corvina reina tarda cerca de 6 años para alcanzar su estado reproductor.

### Costos de control y protección dentro del sitio de estudio

Dado que existe un costo de control y protección que se realiza independientemente del daño que se ocasionó, es necesario estimar los costos incrementales que deberán ser compensados por el causante del daño debido a que será requerido ampliar el período de control y protección por el tiempo esperado de restauración del ecosistema dañado. Este período de vigilancia deberá continuar durante todo el período de restauración para que se garantice la recuperación del stock pesquero y la capacidad de la zona de reserva de brindar los flujos requeridos en las zonas de pesca 1 y 2.

Actualmente, las tres instituciones que realizan estas labores son Ministerio de Ambiente y Energía a través del Área de Conservación Tempisque (ACT-MINAE), el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) y el Servicio Nacional de Guardacostas. La asignación de costos es como se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Gastos en control y protección en el sitio de estudio

Ministerio de Ambiente y Energía	Col/año	13,435,000
Servicio Nacional de Guardacostas (departamento ambiental)	Col/3 meses	20,889,730
INCOPECA*	Col/3 meses	8,584,000

\* INCOPECA realiza actividades de control y protección durante todo el año, sin embargo es en el tiempo de veda donde se incrementan sustancialmente los costos debido a la necesidad de un mayor nivel de esfuerzo en control y protección.

Como se observa hay costos anuales en MINAE que se asumirán se mantendrán igual, salvo la afectación por la tasa de inflación anual. Los de INCOPECA y los del Servicio de Guardacostas están referidos a tres meses en el año. Sin embargo, el período normal de veda es por cinco meses al año, por lo que en caso de decretarse control y protección para todo el año, durante todo el período de restauración que demandaría el ecosistema dañado, habrá que hacer la estimación correspondientes de los costos incrementales que eso significaría. Con base en los costos de las instituciones aportados en el cuadro 7, la estimación correspondiente para el resto del año (Cuadro 8) es de ¢1124.12 millones, de los cuales ¢593.50 correspondería al gasto normal, para los cinco meses de veda al año aplicados durante los cinco años de restauración considerados, que tendrían las instituciones actuales aún sino se hubiera dado el daño ocasionado. Mientras tanto, los restantes ¢530.62 millones representan costos incrementales para los otros siete meses bajo la consideración de que se amplíe el tiempo de control y protección a todo el año para lograr que se restaure el ecosistema dañado. Estos costos incrementales están asociados al problema de contaminación por vinaza estudiado y, por lo tanto, es el monto imputable al causante del daño, dado que no existirían si este (el daño) no hubiese ocurrido.

El hecho de que se amplíe el control y protección al resto del año permitirá garantizar la recuperación del sitio hasta los niveles en que se encontraba el estado de conservación antes de la alteración ocasionada. Sin embargo, esto no significa una restricción total a la actividad pesquera, dado que sólo una parte de los aportes totales se vio afectada, y es la que corresponde a lo que aportaba la zona de reserva afectada. Es decir, que existirá un nivel de pesca que se limitará a la proporción de aportes de las zonas 1 y 2 y el aporte de la zona de reserva no afectada con la vinaza. Se asume que se mantendrá una dinámica de control y vigilancia de acuerdo con los niveles actuales en los tiempos de veda.

**Cuadro 8. Estimación del costo de restauración de la parte baja de los ríos Bebedero y Tempisque afectados con la contaminación por el derrame de vinaza, en Guanacaste, Costa Rica, basado en el costo de control y protección que se esperarían realizar de acuerdo al gasto actual (millones de colones)**

<b>Año</b>	<b>Tasa de Restauración</b>	<b>Costo normal Institucional</b>	<b>Costo incremental</b>	<b>Costo Total</b>
0	14.80%	62.56	68.77	131.33
1	27.50%	68.81	75.65	144.46
2	40.20%	75.70	83.21	158.91
3	52.90%	83.26	91.54	174.80
4	65.60%	91.59	100.69	192.28
5	78.30%	100.75	110.76	211.51
6	78.30%	110.83	0	110.83
		<b>593.50</b>	<b>530.62</b>	<b>1,124.12</b>

Fuente: Elaboración propia con base en la información de ACT, INCOPECA, Servicio de Guardacostas y el Taller de trabajo.

Nota: Se ha considerado una tasa de inflación de 10% y una recuperación uniforme del ecosistema durante el período de restauración.

Es necesario recalcar que en los tiempos de la veda que está establecida para la zona afectada, en las condiciones normales (sin la afectación), el Estado a través del Instituto de Ayuda Mixta Social (IMAS) destina cerca de ¢150.3 millones al año para subvencionar a cerca de 2312 pescadores que son afectados con la veda pesquera que normalmente dura cinco meses (información proporcionada por INCOPECA; carta COCAM 011-02 DEL 24 enero 2002).

#### 6.4.2. Costo social por la afectación en la producción pesquera en el sitio afectado

Actualmente, hay un nivel de producción importante que sostiene una actividad pesquera en la parte interna del Golfo de Nicoya (Zona 1 y 2). De ella depende cerca de 2312 pescadores artesanales que representa la población que se verá afectada con la disminución en la producción de peces debido al daño ocasionado. De acuerdo con las estadísticas de INCOPECA, es posible determinar un producción promedio desde 1997 a 1999, correspondiente a las zonas 1 y 2 del Golfo (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Producción promedio de pesca y precios**

<b>Categoría Comercial</b>	<b>Promedio * 1997-1999 (Kg/año)</b>	<b>Precio ** Col./Kg (Dic-2001)</b>
Primera Gde	207,418	772.95
Primera Peq	819,307	671.09
Clasificado	153,390	338.89
Chatarra	376,161	208.97
Agria-Cola	204,761	251.17
<b>TOTAL pescado</b>	<b>1,761,037</b>	
Camarón blanco	194,987	5714.51
<b>TOTAL camarón</b>	<b>194,987</b>	
Filet	606	763.53
Buche	11	920
<b>TOTAL Otros</b>	<b>617</b>	
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>1,956,641</b>	

Nota:

\* Fuente Estadísticas de INCOPECA, considerando el promedio de pesca en la zona 1 y 2 de la parte interna del golfo de Nicoya para los años 1997-1999.

\*\* Fuente Estadísticas básicas del sector pesquero y acuícola, INCOPECA 2001

Con base en las estadísticas de INCOPECA y la información disponible en la literatura, más la generada a través del taller de expertos se determinó que el costo social estaría dado por la pérdida de producción pesquera. En el Cuadro 10 se estimó una pérdida que gradualmente se repondría de acuerdo a la restauración del ecosistema. La restauración de la actividad pesquera, de modo que no atente con la recuperación de la zona de reserva, se estableció como aparece en el Cuadro 10. Se hizo así debido a que con la información disponible sobre cada especie no es suficiente para establecer dicha estrategia, y porque la definición de esta estrategia podría ser parte de las políticas que dicten las instituciones respectivas para garantizar la restauración del sitio afectado.

**Cuadro 10. Disminución de la producción con base al promedio de producción anual**

<b>Categoría Comercial</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>
Primera Gde	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Primera Peq	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Clasificado	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Chatarra	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Agria-Cola	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Camarón blanco	100%	100%	70%	40%	10%	1%	0%
Filet	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%
Buche	100%	100%	100%	80%	60%	20%	0%

Aunque el aporte de peces a las zonas de pesca 1 y 2 proviene de una zona mayor que la afectada, se procedió a estimar de manera indirecta el aporte que tendría la zona de reserva afectada a las zonas 1 y 2. Esto se hizo con base en la proporción de manglar en toda la zona afectada (incluye la zona de reserva y la zona 1 y 2) más la zona de reserva no afectada (parte superior de reserva en la zona baja del río Tempisque), así como a la eficiencia y garantía que existe en cada espacio para mantener la reproducción y desarrollo de las especies. La superficie total de manglar es de 15963

ha., de las cuales 2256 ha. son consideradas zona de reserva (Figura 3). De esta superficie total de manglar, el 9.33% está distribuido en la zona de reserva afectada y el 4.80% restante en la zona de reserva que no fue afectada.

En cuanto a la vulnerabilidad es esperable que esta sea mayor en la zona 1 y 2 dada la presión poblacional de comunidades pesqueras existente, la actividad pesquera y los menores esfuerzos en control y protección en relación con la zona de reserva. Por otro lado, la eficiencia en la zona de reserva es mayor por cuanto la riqueza biológica en este sitio es mayor que la disponible en la zona 1 y 2. Dada estas características, se ha estimado el aporte en producción de la zona de reserva afectada al las zonas de pesca 1 y 2 en un 25%, considerando en este porcentaje la proporción de manglar en la zona de reserva afectada estimada en 9.33%.

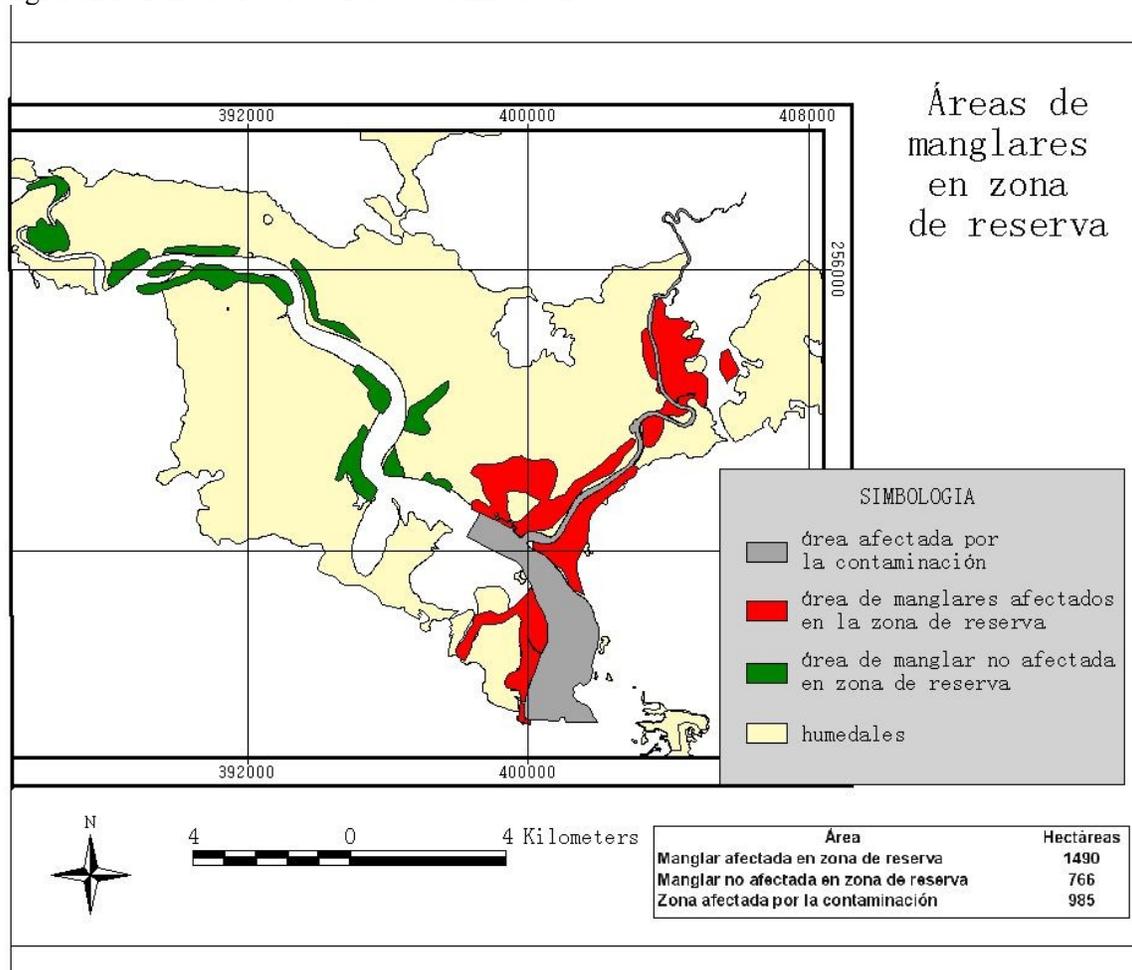


Figura 3. Áreas de manglares en la zona de reserva.

Para la estimación de la compensación social por la pérdida de beneficios en la actividad pesquera se ha considerado lo siguiente:

- El esquema de producción pesquera que eventualmente se establecería (Cuadro 8)
- Los volúmenes de pesca esperados de acuerdo con el promedio de producción
- Los precios promedios a diciembre del año 2001
- El aporte de producción de la zona de reserva afectada a la zona 1 y 2 equivalente al 25%
- Un volumen promedio de producción afectado equivalente al 22.5% (25% del 90% de la biomasa afectada que se identificó en el taller de expertos)

- Un tiempo de recuperación de 5 años
- Una tasa de descuento de 12% (de acuerdo con las tasas usadas por el Banco Mundial para Costa Rica en proyectos de inversión)

De acuerdo a los elementos anteriores, el costo total esperado por la pérdida de beneficios a la población de pescadores es de ¢1457.22 millones aproximadamente a valor presente (Cuadro 11). Se espera que se mantenga un nivel de pesca equivalente al 77.5% del promedio de pesca que se calculó para el período 1997-1999. Es decir, que siempre existirá un nivel de actividad pesquera dentro del golfo, donde se procurarán capturas de acuerdo a los aportes en producción que realizan las zonas de pesca 1 y 2, así como lo que aporta la zona de reserva no afectada.

**Cuadro 11. Estimación de la pérdida de beneficios por la disminución en la producción pesquera debido a la contaminación por vinaza en Setiembre del 2001 (Millones de colones/año)**

Categoría Comercial	0	1	2	3	4	5	Total
Primera Gde	36.07	32.21	28.76	20.54	13.75	4.09	135.43
Primera Peq	123.71	110.46	98.62	70.44	47.17	14.04	464.45
Clasificado	11.70	10.44	9.32	6.66	4.46	1.33	43.91
Chatarra	17.69	15.79	14.10	10.07	6.74	2.01	66.40
Agria-Cola	11.57	10.33	9.22	6.59	4.41	1.31	43.44
<b>TOTAL pescado</b>	<b>200.74</b>	<b>179.23</b>	<b>160.03</b>	<b>114.31</b>	<b>76.54</b>	<b>22.78</b>	<b>753.63</b>
Camarón blanco	250.71	223.85	139.90	71.38	15.93	1.42	703.19
<b>TOTAL camarón</b>	<b>250.71</b>	<b>223.85</b>	<b>139.90</b>	<b>71.38</b>	<b>15.93</b>	<b>1.42</b>	<b>703.19</b>
Filet	0.10	0.09	0.08	0.06	0.04	0.01	0.39
Buche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
<b>TOTAL Otros</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>	<b>0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.40</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>451.55</b>	<b>403.17</b>	<b>300.02</b>	<b>185.75</b>	<b>92.52</b>	<b>24.22</b>	<b>1,457.22</b>

#### 6.4.3. Costo total del ecosistema por el daño ambiental

De acuerdo con los resultados del estudio, el costo total del daño ocasionado corresponde a la suma del costo de recuperación más el costo social correspondiente. De acuerdo a los datos del Cuadro 12, el costo total es de ¢1987.84 millones de los cuales ¢530.62 millones corresponden al costo de restauración y ¢1457.22 millones a la compensación social por pérdida de beneficios en la actividad pesquera.

**Cuadro 12. Evaluación económica del daño ocasionado**

Costos	Monto (Millones de colones)
Costo de recuperación	530.62
Costo social	1,457.22
<b>Total</b>	<b>1,987.84</b>

Fuente: Elaboración propia

## **7. Conclusiones**

De acuerdo a los resultados del estudio, el potencial ecológico del sitio afectado es alto, lo que concuerda con los resultados de diversos estudios que se han hecho sobre la productividad del Golfo de Nicoya, en particular de la zona donde se afectó con el derrame de vinaza. Sin embargo, el sitio ha sido afectado en el tiempo por lo que fue necesario establecer un indicador del estado de conservación. De acuerdo a los resultados obtenidos el estado de conservación previo al derrame de vinaza se estimó en un 78.3% lo que indica que existía un deterioro equivalente al 21.7% que no es asociado al causante del derrame de vinaza.

Para conocer el estado de conservación final (después del derrame de vinaza) se estableció un índice del nivel de afectación, que según los resultados fue de 81.1%, lo que indica que no desapareció toda la capacidad productiva del ecosistema afectado. Esta afectación provoca que el estado de conservación se disminuya con la alteración en un 63.5%, lo que permite establecer un estado de conservación final en un nivel de 14.8%. Es decir, que el sistema natural fue drásticamente afectado con el derrame de vinaza. El tiempo estimado para recuperar el estado de conservación inicial fue de 5 años aproximadamente.

Dada la afectación provocada, se hizo la estimación de los costos económicos asociados durante el tiempo de restauración de 5 años, que incluyen costos de restauración del ecosistema afectado y los costos sociales por la compensación a pescadores debido a la disminución en la producción pesquera. De acuerdo con los resultados, se estimó un costo de restauración, basado en los gastos incrementales de control y protección, de ¢530.62 millones de colones. El costo social, basado en la pérdida de beneficios por producción pesquera, de ¢1457.22 millones. El gran total estimado es de ¢1987.84 millones para los cinco años en que se espera se restaure el recurso afectado.

## **8. Recomendación**

Dada la magnitud del daño ambiental identificado como un cambio en el estado de conservación del sitio afectado, se recomienda realizar las actividades pertinentes de control y protección para restaura el recurso hasta el nivel inicial del estado de conservación, esto es al nivel de un 78.3% en que se evaluó el estado de conservación previo al derrame de vinaza.

Para cumplir con el propósito anterior, será necesario utilizar los recursos estimados como costos de restauración en las actividades de control y protección, durante el período estimado de restauración. Para tal fin sería conveniente definir una figura de administración financiera donde se especifiquen los destinos de los recursos, por ejemplo el fideicomiso.

En relación con los costos de compensación social que se estimaron, será necesario definir una estrategia de distribución de los recursos financieros para que los perjudicados realmente sean compensados. Lo anterior es pertinente dado que la población de pescadores afectados es relativamente numerosa y las posibilidades de sustituir sus actividades, por la coyuntura actual del país, resulta fuertemente limitada

## **Bibliografía**

- Araya, H, A. R. Vásquez y F. Aguilar. 2001. Evaluación de los recursos pesqueros de la zona interna del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPESCA).
- Barrantes, Gerardo y Henry Chaves. 2000. Valoración Económica del Daño Ambiental en Bosques Naturales y Costo de Restauración. Ministerio del ambiente de El Ecuador. Heredia, Costa Rica.
- Barrantes, Gerardo y María Isabel Di Mare. 2001. Metodología para la Evaluación Económica de Daños ambientales en Costa Rica. Documento preparado para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio del Ambiente y Energía. Costa Rica. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad. 54p
- D'Croz, L. & B. Kwiecinski. 1980. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. RBT 28:13-30.
- Gilca Ltda. 2001. Times and Height of High and Low Waters. Puntarenas, Costa Rica,
- Global Water Partnership. 2001. Foro para el Manejo Integrado del Recurso Hídrico de la Región Chorotega. ASOTEM – FFDEAGUA – ASOTEMPISQUE - FUNDACA. Chorotega, Costa Rica.
- Gómez-Orea, D. 1994. Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española S. A., 2ª ed. Madrid. 260p.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 2001. Control y Calidad Ambiental (COCAM). Estadísticas de las Capturas, por Pesca Artesanal en el Golfo de Nicoya, 1997-2001. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. 2001. Estadísticas básicas del sector pesquera y acuícola; Costa Rica: 1999 – 2000. INCOPESCA, Departamento de Estadística Pesquera. Agosto.
- INRECOSMAR. s.f. Caracterización de la pesquería del Golfo de Nicoya.
- Lizano, O. G. 1998. Dinámica de las aguas en la parte interna del Golfo de Nicoya ante altas descargas del río Tempisque. Rev. Biol. Trop. 46 (supl6):11-20.
- Mateo-Vega, J. 2001. Características generales de la Cuenca del Río Tempisque. Pp 32-72 en J. A. Jiménez y E. González, eds. La Cuenca del Río Tempisque; perspectivas para un manejo integrado. Organización de Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. 17p.
- Nordlie, F.G. 1979. Niche specificities of eleotrid fishes in a tropical estuary Rev. Biol. Trop. 27:35-50
- Phillips, P.C. 1981. Diversity and fish community structure in a Central American mangrove embayment. RBT 29: 227-236.
- Rojas M., J. R., J. F. Pizarro & M. Castro. 1994a. Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. RBT 42:663-.
- Ulken, A., R. Viquez, C. Valiente & M. Campos. 1990. Marine Fungi (Chytridiomycetes and Thraustochytriales) from a mangrove area at Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. RBT 38: 243-250.
- Vásquez, A. R y B. Marín. 2001. Lista de Especies de Peces y Crustáceos Comerciales del Interior del Golfo de Nicoya Según los Muestreos Biológicos de los Desembarques. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Departamento de Investigación. San José Costa Rica.
- Wolf, M., V. Koch, J. Echeverría y J. Vargas. 1996. A pilot trophic model for Golfo Dulce, a fjord-like tropical embayment, Costa Rica. Revista Biología Tropical 44, Suppl. 3:215-231.
- Wolf, M., V. Koch, J. Echeverría y J. Vargas. 1998. A trophic flow model of the Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 46, Supl.6:63-79. San José Costa Rica.

## **Comunicaciones personales**

- Berny Marín. 2002. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.
- Oscar Pacheco. 2001. Escuela de Biología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Gerardo Umaña. 2001. CIMAR, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

## **Anexos**

## **Anexo 1. Miembros de la Comisión para la Valoración del Daño Ambiental de los ríos Tempisque Y Bebedero**

<b>Organización</b>	<b>Nombre</b>	<b>Teléfono/fax</b>	<b>E-mail</b>
Tribunal Amb.	Hugo Quesada Rivas	253-7828 , 253 9942	-
MINAE- ACT	Oscar Castillo Rodríguez	669-0533, 669 2200	<a href="mailto:oscarcr@ns.minae.go.cr">oscarcr@ns.minae.go.cr</a>
MINAE- ACT	José Solano Porras	669-0533, 669 2200	<a href="mailto:Jrsolano@ns.minae.go.cr">Jrsolano@ns.minae.go.cr</a>
MINAE- ACT	Miguel Jiménez Salas	671-1290	<a href="mailto:Alechas@ns.minae.go.cr">Alechas@ns.minae.go.cr</a>
INCOPECA	Berny Marín Alpízar	661-4953 , 661-0748	<a href="mailto:bernymarin@costarricense.com">bernymarin@costarricense.com</a>
IPS	Gerardo Barrantes Moreno	261-0086 , 261-0186	<a href="mailto:gerardo@ips.or.cr">gerardo@ips.or.cr</a>
IPS	María Isabel Di Mare	261-0086 , 261-0186	<a href="mailto:mariaisabel@ips.or.cr">mariaisabel@ips.or.cr</a>
IPS	Mauricio Vega Araya	261-0086 , 261-0186	<a href="mailto:mauricio@ips.or.cr">mauricio@ips.or.cr</a>
Esc. Biología CIMAR-UCR	Gerardo Umaña	207-3201 , 207 3280	<a href="mailto:gumana@biología.ucr.ac.cr">gumana@biología.ucr.ac.cr</a>
Esc.Biología UNA	Oscar Pacheco Urpi	6613022 , 394 6899	<a href="mailto:Fapapri@racsa.co.cr">Fapapri@racsa.co.cr</a>
OET	Eugenio González		<a href="mailto:egonza@jabiru.ots.ac.cr">egonza@jabiru.ots.ac.cr</a>
UICN	Rocio Córdoba	241 0101	<a href="mailto:rocio.cordoba@orma.iucn.org">rocio.cordoba@orma.iucn.org</a>
UICN	Manrique Rojas, IUCN	241 0101	<a href="mailto:manrique.rojas@orma.iucn.org">manrique.rojas@orma.iucn.org</a>

## **Anexo 2. Decreto del Refugio de Vida Silvestre “Cipanci**

No 29398-MINAE  
EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA  
Y LA MINISTRA DE AMBIENTE Y ENERGIA

Con fundamento en el artículo 140, incisos 3) y 18) de la Constitución Política, 41 de la Ley Orgánica del Ambiente del 4 de octubre de 1995 y el transitorio I de la Ley Forestal número 7575, modificado por la Ley N° 7761, publicada en La *Gaceta* N° 95 del 19 de mayo de 1998, y la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No 7317, del 30 de octubre de 1992.

***Publicado en la Gaceta # 62 del 28 de marzo del 2001***

*Considerando;*

1° Que la Ley de Aguas número 276, del 27 de agosto de 1942, se declara que los manglares y esteros así como una franja de 50 metros a lo largo de los ríos navegables bienes de dominio público los cuales son inalienables y no susceptibles de apropiación de parte de particulares.

2°- la Ley Orgánica del Ambiente, en su artículo 32 le otorga a los humedales la categoría de área silvestre protegida.

3°- Que el país suscribió y ratificó la Convención Relativa a los Humedales de Importancia internacional, dado que se ha comprobado que es el hábitat de las aves acuáticas. que en la Convención RAMSAR aprobada mediante Ley N° 7224 del 2 de abril de 1991 se declara que los humedales son áreas silvestres de uso múltiple, pero que para su uso debe contarse con planes de manejo, que garanticen el desarrollo humano garantizando su permanencia en el tiempo respetando sus características ecológicas.

4°- Que los humedales representan ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóxicos, dulces, salobre o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia hasta seis metros de profundidad en marea baja.

5° Que la Ley Forestal No 7175, en su artículo 1° prohíbe la corta de mangle, sin embargo en su transitorio 1 establece la posibilidad de mantener vía contrato aquellas áreas de manglar en las cuales se establecieron en el pasado salineras o proyectos de acuicultura. siempre y cuando el permisionario demuestre que el área se han establecido obras de infraestructura.

Decretan:

Artículo 1° -Declárese Refugio Nacional de Vida Silvestre de propiedad estatal el cual se denominará "Refugio de Vida Silvestre “Cipanci” en el área que se describe a continuación.

El Refugio tiene el siguiente derrotero con coordenadas planimétricas de las hojas topográficas "Abangares, Talolinga y Tempisque" del Mapa Básico de Costa Rica, a escala 1/50.000 en proyección Cónica Conforme de Lambert:

Se inicia en el sitio exacto de la confluencia del río Lajas con el río Bebedero, en el Punto 1 con las siguientes coordenadas: Punto 1 255,525N403,925E

Continúa en dirección sureste aguas arriba del río Lajas sobre su ribera izquierda. hasta una distancia de 50 metros en el Punto 2 con coordenadas: Punto 2 255,500 N 403,975 E

Sigue en dirección suroeste en una línea paralela a la ribera izquierda del río Bebedero aguas abajo, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a la Zona Pública de dicho río. hasta el Punto 3 localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera del río en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 3 253,600 N 403.550 E

Continua con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Roberto y río Bebedero. determinado por los Puntos: Punto 4 253,200 N 403,750 E, Puntos 252,625 N 404,000 E, Punto 6252,700 N 404,275 E, Punto 7252,250 N 404,350 E

Este Punto 7 Se encuentra localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera izquierda del río Bebedero en línea perpendicular Continúa en dirección sureste en una línea paralela a esa ribera del río aguas abajo, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a la Zona Pública de dicho río, hasta el Puntó 8, localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera del río en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 8 251,650 N 403,925 E

Sigue con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, esteros Camarones, Porozal, Coyolar y río Bebedero, determinado por los Puntos:, Punto 9 250,400 N 402,825 E, Punto 10 250,000 N 402,725 E, Punto 11 250,000 N 402,75 E, Punto 12 249,725 N 402,200 E, Punto 13 249,850 N 402.150 E, Punto 14 249,600 N 401,850 E, Punto 15 249,350 N 401,500 E, Punto 16 249,200 N 401,500 E, Punto 17 248,825 N 401,500 E, Punto 18 248,750 N 401,700 E, Punto 19 248,500 N 401,425 E, Punto 20 247,900 N 401,825 E.

Continúa con un derrotero en línea recta en dirección suroeste sobre la división establecida entre las áreas de acuicultura concesionadas por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y las áreas de acuicultura construidas en terrenos removidos y preparados externos al humedal costero natural, delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Guapinol y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 21 247,150 N 401,650 E, Punto 22 246,950 N 401,550 E, Punto 23 246,750 N 401,600 E, Punto 24 246,750 N 401,725 E.

Sigue con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Ceiba y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 25 246,600 N 401,850 E, Punto 26 246,550 N 402,075 E, Punto 27 246,150 N 402,075 E, Punto 28 246,125 N 401,975 E, Punto 29 246,200 N 401,825 E, Punto 30 245,800 N 401,900 E, Punto 31 245,900 N 402,125 E, Punto 32 245,625 N 402,200 E

Este Punto 32 se encuentra localizado al pie de los cerros Pozón, en el borde natural del humedal con dicha unidad fisiográfica. Continúa en dirección noroeste sobre el mismo borde natural con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar. marismas, salinas naturales, esteros y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 33 245,650 N 402,025 E, Punto 34 245,500 N 402,100 E, Punto 35 245,350 N 401,900 E, Punto 36 245,150 N 401,800 E, Punto 37 245,250 N 401,700 E.

Este Punto 37 se encuentra localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera izquierda del río Tempisque en línea perpendicular. Continúa en dirección suroeste en una línea paralela a esa ribera del río aguas abajo, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a

la Zona Pública de dicho río, basta el Punto 38 localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera del do en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 38244,675 N 401,625 E

Sigue con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Pozón y río Tempisque. determinado por los Puntos: Punto 39 244,700 N 401,850 E, Punto 40 244,875 N 401,800 E, Punto 41 245,000 N 401,900 E, Punto 42 244,825 N 402,250 E, Punto 43 244,650 N 402,100 E, Punto 44 244,500 N 402,175 E.

Este Punto 44 se encuentra localizado en el borde del derecho de vía de la ruta nacional que comunica el poblado de Monte Potrero con Puerto Alegre. Continúa en dirección suroeste en línea recta sobre el borde del derecho de vía de esa ruta hasta el Punto 41, localizado a una distancia aproximada de 300 metros en esa dirección, con coordenadas: Punto 45 244,300 N 402,000 E

Sigue delimitando la Zona Pública del ecosistema de manglar y estero Pozón hasta el Punto 46, localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera izquierda del río Tempisque en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 46244,200 N 401,200 E.

Continúa en dirección suroeste en una línea paralela a esa ribera del río aguas abajo, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a la Zona Pública de dicho río hasta el Punto 47 localizado en Puerto Alegre (Nispero) a una distancia de 50 metros desde la ribera del río en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 47243,950 N 401,100 E

Continúa en dirección suroeste hasta el Punto 48 localizado en el sector Sur de la isla Toro, que queda incluida en su totalidad dentro del Refugio, con coordenadas: Punto 48242,825 N 400,900 E

Sigue en dirección noroeste hasta el Punto 49, localizado en Puerto Moreno a una distancia de 50 metros desde la ribera derecha del río Tempisque en línea perpendicular, con coordenadas Punto 49 243,075 N 399,775 E

Dentro del Refugio queda incorporada toda el área de cobertura hídrica de la Zona Pública correspondiente a las rias de los ríos Tempisque y Bebedero, hasta el sitio respectivo aguas arriba de ambos ríos donde llegan las mareas, afectando con los movimientos de flujo y reflujo de las corrientes. Para fines de este Decreto, se considera como limite extremo la línea perpendicular a ambas riberas de cada río que tiene como coordenadas de su punto central las siguientes: Ría del río Tempisque: 260.950 N 381.850 E, Ría del río Bebedero: 255,600 N 403,900 E

El Refugio continúa desde el Punto 49 en dirección noroeste en una línea paralela a la ribera derecha del río Tempisque aguas arriba, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a la Zona Pública de dicho río, hasta el Punto 50 localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera del río en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 50243,200 N 399,700 E

Sigue con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Cipanci y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 51 243,150 N 399,600 E, Punto 52 243,150 N 399,425 E, Punto 53 243,450 N 399,150 E, Punto 54 243,550 N 398,800 E, Punto 55 244,050 N 398,350 E, Punto 56 244,700 N 398,425 E, Punto 57 245,075 N 397,650 E, Punto 58 245,075 N 397,375 E

Este Punto 58 se encuentra localizado en el borde del derecho de vía de la ruta nacional que comunica el poblado de Loma Bonita con el puente del río Tempisque (en construcción) Continúa en dirección noreste en línea recta sobre el borde del derecho de vía de esa ruta hasta el Punto 59,

localizado a una distancia aproximada de 550 metros en esa dirección, con coordenadas: punto 59245,600 N 397,525 E

Sigue en dirección noreste en el borde derecho del antiguo camino, con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Sonzapote y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 60245,850 N 397,650 E, Punto 61 246,150N397,WOE

Este Punto 61 se encuentra localizado en el borde del derecho de vía de la ruta nacional que comunica el poblado de Luma Bonita con el puente del río Tempisque (en construcción). Continúa en dirección noreste sobre el borde del derecho de vía de esa ruta hasta el Punto 62, localizado a una distancia aproximada de 350 metros en esa dirección, con coordenadas: Punto 62 246,375 N 397,850 E.

Sigue con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, estero Sonzapote y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 63 246,275 N, Punto 64 246,250 N, Punto 65 246,350 N, Punto 66 246,300 N, Punto 67 246,575 N, Punto 68 246,650 N, Punto 69 246,775 N, Punto 70 246,875 N, Punto 71 246,750 N, Punto 72 246,950 N, Punto 73 247,100 N, Punto 74 247,125 N, Punto 75 247,225 N, Punto 76 247,225 N, Punto 77 247,350 N, Punto 78 247,500 N

Este Punto 78 se encuentra localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera derecha del río Tempisque en línea perpendicular. Sigue en dirección norte hasta el Punto 79, localizado en el borde del derecho de vía de la ruta nacional que comunica el puente del río Tempisque (en construcción) con el poblado de Loma Bonita, a una distancia de 50 metros desde la ribera derecha del río Tempisque en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 79 247,625 N 399,450 E

Continúa en dirección suroeste sobre el borde del derecho de vía de esa ruta hasta el Punto 80, localizado a una distancia aproximada de 250 metros en esa dirección, con coordenadas: Punto 80 247,525 N 399,275 E

Este Punto 80 Se encuentra localizado al pie de los cerros Coyolar, en el borde natural del humedal con dicha unidad fisiográfica Continua en dirección noroeste sobre el mismo borde natural, con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, esteros y río Tempisque, determinado por los Puntos Punto 81 247,700W 399,300 E, Punto 82 247,925W 398,975 E, Punto 83 247,800W 398,725 E, Punto 84 247,925 W 398,550 E, Punto 85 248,025 N 398,650 E, Punto 86 248,100W 398,600 E, Punto 87 248,050W 398,475 E, Punto 88 247,925 N 398,425 E, Punto 89 248,000W 398,150 E, Punto 90 248,175W 398,000 E, Punto 91 248,350W 397,550 E, Punto 92 248A50 N 397,675 E, Punto 93 248,550 N 397,575 E, Punto 94 248,575 N 397,350 E

Este Punto 94 se encuentra localizado en el borde derecho del camino de finca que comunica la ribera derecha del río Tempisque con el sector norte de la laguna Sonzapote. Continúa en dirección suroeste en una línea recta de una longitud aproximada de 300 metros sobre el borde de ase camino hasta el Punto 95, localizado en el mismo lado derecho del camino, con coordenadas: Punto 95 248,400 N 397,200 E.

Continúa sobre el borde natural que define el humedal con las tierras más secas hacia los cerros Coyolar y hacia la laguna Sonzapote, con el siguiente derrotero delimitando la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, esteros y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 96 248,250W 397200E, Punto 97 248,150 N 397050E, Punto 98 248,100 396900E,

Punto 99 248,000N 397,050 E, Punto 100 247,875N 397,000 E, Punto 101 247,925 N 396,700 E, Punto 102 247,875W 396,400E, Punto 103 248,100W396.400 E, Punto 104 248,450W 396,250 E, Punto 105 248,550 N 396.150 E, Punto 106 248,400 N 396,000 E, Punto 107 248,550W 395,800 E

Este Punto 107 se encuentra localizado al pie del Cerro La Cueva, en el borde natural del humedal con dicha unidad fisiográfica. Continúa en dirección noreste sobre el mismo borde natural, con el siguiente derrotero delimitado la Zona Pública de los ecosistemas de manglar, marismas, salinas naturales, esteros y río Tempisque, determinado por los Puntos: Punto 108 248,900N 395,950 E, Punto 109 249,225N395,925 E, Punto 110 249,450N 395,775 E, Punto 111 249,800W395,700 E

Este Punto 111 se encuentra localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera derecha del río Tempisque en línea perpendicular Continúa en dirección suroeste en una línea paralela a esa ribera del río aguas arriba, delimitando una franja de terreno con un ancho de 50 metros correspondiente a la Zona Pública de dicho río, hasta el Punto 112 localizado a una distancia de 50 metros desde la ribera del río en línea perpendicular, con coordenadas: Punto 112 249,750W 395,550 E

Este Punto 112 se encuentra localizado sobre el límite imaginario que delimita el Humedal Palustrino Corral de Piedra en el sector sureste, establecido mediante Decreto Ejecutivo N° 2289-MIREN publicado en el Diario Oficial La *Gaceta* N° 38 del 23 de febrero de 1994 Continúa sobre ese límite imaginario en dirección norte hasta el Punto 113, localizado en la ribera derecha del río, con coordenadas Punto 13 249,800W 395,550 E

Artículo 2°-la administración del Refugio aquí declarado le corresponde al Ministerio del Ambiente y Energía, y en él regirán las disposiciones establecidas para esta categoría de área silvestre protegida en la legislación Nacional.

Artículo 3° Rige a partir de publicación.

Dado en la presidencia de la República.-San José, a los veintidós días del mes de enero del dos mil uno. MIGUEL ÁNGEL RODRIGUEZ ECHEVERRÍA.-la Ministra de Justicia y Gracia, Elizabeth Odio Benito.-l vez. – ( Solicitud N° 44143). – C-77460.- (21460).

### **Anexo 3. Planificación del Taller de Expertos para la evaluación del daño ambiental de los ríos Tempisque y Bebedero. Efectuado en el Auditorio de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. San José, 28 de enero del 2002.**

3.1. Lista de expertos identificados para solicitarles su apoyo en la valoración del daño. En esta selección se incluyó únicamente a personas con conocimiento técnico y con experiencia específica en la zona. Ellos fueron invitados formalmente mediante carta de Rogelio Jiménez Rodríguez (copia adjunta).

<b>Nombre</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Institución</b>
Alberto Villareal	Biólogo	UNA
Alejandro Sotela	Vigilancia	Minist. Seguridad
Alvaro Morales	Biólogo	CIMAR
Berny Marín	Biología marina (miembro de la Comisión)	INCOPECA
Eugenio González	Biología (miembro de la Comisión)	OET
Fernando Vives	Biólogo (miembro de la Comisión)	Independiente
Genaro Acuña	Master en Química	CIMAR
Gerardo Umaña	Biólogo - (miembro de la Comisión)	CIMAR-UCR
Gerardo Barrantes Morales	Comisión - Economía Ecológica	IPS
Hugo Quesada Rivas	Comisión - Juez	Tribunal Ambiental
Jorge Jiménez	Biología de manglares	OET
Jorge Rodríguez	Biólogo	UNA
Jorge Barboza	Biólogo	UNA
Jorge Cortés	Biólogo marino	CIMAR-UCR
Jose Solano Porras	Comisión	MINAE
José Palacios	Biólogo	UNA
Luis Mena	Biólogo	ACT - Director
Luis Villalobos	Dir. Esc. Biología	UNA
Manrique Rojas	(miembro de la Comisión)	UICN
María Isabel Di Mare	Bióloga (miembro de la Comisión)	IPS
Mario Leiva		Tribunal Ambiental
Mauricio Vega Araya	SIG (miembro de la Comisión)	IPS
Miguel Jiménez Salas	(miembro de la Comisión)	ACT-MINAE
Moises Mug	Biólogo	Coleg. Biólogos
Oscar Castillo Rodríguez	(miembro de la Comisión)	MINAE
Oscar Pacheco Urpí	Biología marina (miembro de la Comisión)	UNA
Pablo Navarro	Medico	Medic. Legal UCR
Ramón Angulo		O.I.J
Ricardo Soto	Biólogo de manglares y rec. marino-costeros	AVINA
Roberto Zúñiga		ACT
Rosa Soto	Bióloga	UNA

### 3.2. Carta de invitación que se hizo llegar a cada experto identificado



**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGÍA  
SISTEMA NACIONAL DE AREAS DE CONSERVACIÓN  
DIRECCION GENERAL**

21 de enero de 2002  
SINAC- DG -133

Señor  
Pablo Navarro  
Médico Legal UCR

Estimado señor:

En este momento estamos en una situación urgente, en setiembre del 2001, ocurrió un daño ambiental grave en el río Bebedero y Tempisque. Inicialmente, se observó una alta mortalidad de camarones y peces, pero debe determinarse los diferentes recursos que fueron afectados. El daño aparentemente fue ocasionado por el vertido de vinaza (subproducto de la producción de alcohol, producido durante el cultivo de la caña de azúcar) al río Bebedero, el cual afectó también al río Tempisque y, por consiguiente, al Golfo de Nicoya es uno de los ecosistemas más ricos del mundo.

A solicitud de la Fiscalía adjunta de Cañas, el Ministerio del Ambiente y Energía ha convocado una Comisión interdisciplinaria formada por representantes de la Responsabilidad Nacional, responsabilidad de Costa Rica, Tribunal Ambiental, Inopesca, OET, UICN, IPS y coordinada por MINAE, la cual se ha dedicado a desarrollar el proceso para poder llegar a una evaluación económica del daño ambiental ocasionado de los diferentes recursos que fueron afectados.

Este es el primer caso de tal irresponsabilidad que históricamente se da en el país con una irresponsabilidad ambiental tan significativa, en el que se realizará una evaluación del daño ambiental, y se procederá a determinar cómo lograr la responsabilidad para sentar las responsabilidades del caso.

.../

SINAC-DG-133

Página- 2

Todo este esfuerzo conlleva a la valoración económica del daño ambiental, la cual utilizará dentro de sus metodologías la del criterio de experto.

Para esto es fundamental realizar urgentemente un taller con las personas que tienen conocimiento sobre el área afectada, para lo cual se requiere su valioso aporte en la ponderación del estado de conservación de la zona afectada y cuál fue el grado de afectación que sufrió el recurso. Debido a la experiencia que tiene usted de la zona, consideramos de enorme valor su participación en este taller, ya que será a través de esta gestión que se determinará el grado de daño ambiental ocasionado y las actividades que deberán realizarse para lograr su restauración.

La información desarrollada en el taller será posteriormente utilizada por las autoridades judiciales que tienen a cargo el caso.

**FECHA:** *Lunes 28 de enero del 2002*  
**HORA:** *8 a.m. a 5 p.m.*  
**LUGAR:** *Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, Auditorio.*

Solicitamos respetuosamente que confirme su asistencia a más tardar el viernes 25 de enero al Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS) mediante cualquiera de los siguientes medios: Teléfono: 261 0086 - Tel/fax: 261 0186  
Correo electrónico: [ips@ips.or.cr](mailto:ips@ips.or.cr)

Atentamente,

**Original Firmada**  
Rogelio Jiménez Rodríguez  
**DIRECTOR GENERAL a.i.**

### 3. 3. Lista de los expertos que asistieron al taller

No.	Nombre	Disciplina	Institución
1	Alberto Villareal	Biólogo	UNA
2	Alejandro Sotela	Vigilancia	Minist. Seguridad
3	Alvaro Morales	Biólogo	CIMAR
4	Berny Marín	Biología marina (miembro de la Comisión)	INCOPESCA
5	Eugenio González	Biología (miembro de la Comisión)	OET
6	Fernando Vives	Biólogo (miembro de la Comisión)	Independiente
7	Genaro Acuña	Master en Química	CIMAR
9	Gerardo Barrantes Morales	Comisión - Economía Ecológica	IPS
8	Gerardo Umaña	Biólogo - (miembro de la Comisión)	CIMAR-UCR
10	Hugo Quesada Rivas	Comisión - Juez	Tribunal Ambiental
12	Jorge Barboza	Biólogo	UNA
11	Jorge Rodríguez	Biólogo	UNA
13	Jose Solano Porras	Comisión	MINAE
14	José Palacios	Biólogo	UNA
15	Luis Mena	Biólogo	ACT - Director
16	Luis Villalobos	Dir. Esc. Biología	UNA
17	Manrique Rojas	(miembro de la Comisión)	UICN
18	María Isabel Di Mare	Bióloga (miembro de la Comisión)	IPS
19	Mario Leiva		Tribunal Ambiental
20	Mauricio Vega Araya	SIG (miembro de la Comisión)	IPS
21	Miguel Jiménez Salas	(miembro de la Comisión)	ACT-MINAE
22	Moises Mug	Biólogo	Coleg. Biólogos
23	Oscar Castillo Rodríguez	(miembro de la Comisión)	MINAE
24	Oscar Pacheco Urpí	Biología marina (miembro de la Comisión)	UNA
25	Pablo Navarro	Medico	Medic. Legal UCR
26	Ramón Angulo		O.I.J
27	Roberto Zúñiga		ACT
28	Rosa Soto	Bióloga	UNA

### 3.4 Selección de criterios ambientales para la evaluación del daño de los ríos Tempisque y Bebedero

Criterios ambientales analizados		1	2	3	4
1	Abundancia de especies	x		x	
2	Consumo local de alimentos	x			x
3	Esparcimiento	x			
4	Belleza escénica	x			x
5	Diversidad biológica	x		x	x
6	Efecto en la cadena trófica	x			
7	Reclutamiento en las pesquerías	x		x	
8	Material genético	x			x
9	Variabilidad de especies (camarones/peces)		x		
10	Biomasa elevada comercial		x		x
11	Cadena trófica establecida		x		x
12	Niveles de oxígeno aceptables		x		
13	Disponibilidad de productos para pesca		x		
14	Calidad de aguas			x	
15	Funciones ecológicas			x	
16	Cobertura boscosa de manglar			x	
17	Calidad de sedimentos			x	
18	Recurso hídrico			x	
19	Ciclos biogeoquímicos				x
20	Ventas por capturas				x
21	Turismo				

Criterios ambientales seleccionados		Forma de agrupamiento de los criterios
1	Belleza escénica	3, 4, 21
2	Biomasa y abundancia	1, 9, 10
3	Diversidad biológica de especies	5, 8
4	Redes tróficas	6, 11
5	Reserva ecológicas y pesquera - Disponibilidad para pesca	2, 7, 13, 20
6	Calidad del agua	12, 14, 17, 18, 19
7	Estado del manglar	16
8	Calidad de sedimentos	

En la discusión, el término *reclutamiento* se utilizó según el concepto en pesquerías, que se refiere al número de individuos que al alcanzar un cierto tamaño ingresan al grupo de individuos que pueden ser utilizados.

Debe aclararse si los cambios en DBO (*demanda biológica de oxígeno*) pueden estar dentro de líneas naturales, pues el DBO no tiene un valor constante. Sin embargo, se aclara que si hay parámetros de oxígeno entonces no hace falta acudir al DBO.

La vinaza es un material viscoso que también puede haber afectado directamente a los organismos. Por ejemplo, pueden haberse impregnado en las branquias de los peces, dificultando, y entorpeciendo la respiración.

Se discute que el tratamiento de la vinaza aparentemente es un proceso bastante costoso, que se realiza, por ejemplo, en Brasil y México. Se informa que la EARTH (Escuela Agronómica Regional del Trópico Húmedo) está haciendo una estimación del costo de este tratamiento.

La anorexia es un proceso que probablemente duró de 6 a 24 horas. Sin embargo, con unas pocas horas de falta de oxígeno es suficiente para causar la muerte de los organismos.

En cuanto a la vegetación del manglar, en el suelo, a pocos centímetros hay sustancias anóxicas, así que los que viven en esos sitios ya están acostumbrados a vivir con poco oxígeno. Lo que se afecta es más lo que vive en el agua que en el suelo.

Se aclara que si hay un ecosistema que ya de por sí está dañado, esto no puede tomarse como una situación en que un daño más no hace mucha diferencia. Al contrario, cuanto más dañado esté, más impacto tiene cada uno de los daños que se agreguen y se va acercando cada vez más rápidamente al umbral en que el sistema ya pierde su capacidad de recuperación e ingresa a una condición irreversible, o sea, se pierde la capacidad de reversibilidad, adaptación.

**Anexo 4.1**  
**Ponderación propuesta para los indicadores a utilizar en la EPE (%)**

Experto	Elasticidad	Componente clave	Complejidad	Escala	Representatividad	Total
<i>1</i>	20	20	15	15	15	85
<i>2</i>	30	20	10	30	10	100
<i>3</i>	25	30	10	5	30	100
<i>4</i>	26	23	10	20	21	100
<i>5</i>	30	15	20	17	18	100
<i>6</i>	26.3	21.21	20.29	17.22	14.27	99.29
<i>7</i>	40	10	20	20	10	100
<i>8</i>						0
<i>9</i>	30	15	30	10	15	100
<i>10</i>	25	20	25	10	20	100
<i>11</i>	26.3	21.21	20.29	17.22	14.27	99.29
<i>12</i>	25	25	25	25	0	25
<i>13</i>	10	30	20	20	20	100
<i>14</i>						0
<b>Promedio</b>	26.1	20.9	18.8	17.2	15.6	85.3

**Calificación de los indicadores a utilizar en la EPE (de 1 a 10)**

Experto	Elasticidad	Componente clave	Complejidad	Escala	Representatividad
<i>1</i>	5	10	8	8	10
<i>2</i>	7	10	8	8	9
<i>3</i>	5	10	8	5	10
<i>4</i>	7	8	8	5	5
<i>5</i>	9	6	8	6	7
<i>6</i>	8	7	8	6	9
<i>7</i>	10	5	8	8	5
<i>8</i>	7	9	10	7	8
<i>9</i>					
<i>10</i>	7	5	8	6	8
<i>11</i>	6	8	10	8	8
<i>12</i>	10	10	10	0	10
<i>13</i>	8	5	7	10	10
<i>14</i>					
<b>Promedio</b>	7.4	7.8	8.4	6.4	8.3

Cualidades	Ponderación	Calificación	
		Nominal	Real
Elasticidad	26.1	7.4	1.94
Componente clave	20.9	7.8	1.62
Complejidad	18.8	8.4	1.58
Escala	17.2	6.4	1.10
Representatividad	15.6	8.3	1.29
<b>EPE</b>			<b>7.53</b>

**Anexo 4.2**  
**Valoración del estado de conservación del Sitio afectado**

Experto	Servicios Ambientales							
	1 Belleza escénica	2 Biomasa y abundancia	3 Diversidad de especies	4 redes tróficas	5 Reservas ecológ. y pesqueras	6 Calidad del agua	7 Estado del manglar	8 Calidad de sedimentos
<b>1</b>	8	10	10	10	10	10	8	6
<b>2</b>	7	9	9	9	10	8	7	8
<b>3</b>	10	8	10	10	8	8	10	8
<b>4</b>	8	7	7	7	7	5	7	6
<b>5</b>	6	8	7	8	7	5	9	7
<b>6</b>	10	5	8	9	8	6	8	5
<b>7</b>	5	7	7	7	7	5	7	5
<b>8</b>								
<b>9</b>	9.5	9	9	9	9	8.5	9.5	8.5
<b>10</b>	8	8	9	9	8	8	9	8
<b>11</b>	8	7	7	8	7	7	9	8
<b>12</b>	8	5	5	5	4	7	8	4
<b>13</b>	8	10	10	10	10	10	10	8
<b>14</b>								
<b>Promedio</b>	8.0	7.8	8.2	8.4	7.9	7.3	8.5	6.8

<i>Críterio</i>	<i>Valoración</i>	<i>Valoración ponderada (%)</i>
1 Belleza escénica	8.0	0.35
2 Biomasa y abundancia	7.8	1.35
3 Diversidad de especies	8.2	1.09
4 Redes tróficas	8.4	1.11
5 Reservas ecológicas y pesqueras	7.9	1.42
6 Calidad del agua	7.3	1.27
7 Estado del manglar	8.5	0.68
8 Calidad de sedimentos	6.8	0.56
<b>Estado de conservación</b>		<b>7.83</b>

**Anexo 4.3**  
**Valoración del índice de afectación del sitio afectado**

Experto	Servicios Ambientales							
	1 Belleza escénica	2 Biomasa y abundancia	3 Diversidad de especies	4 redes tróficas	5 Reserv. ecológ. y pesq.	6 Calidad del agua	7 Estado del manglar	8 Calidad de sedimentos
<i>1</i>	5	10	10	10	10	10	5	8
<i>2</i>	8	10	10	10	10	10	8	10
<i>3</i>	8	10	10	10	10	10	5	5
<i>4</i>	6	9	8	8	9	10	2	8
<i>5</i>	5	6	7	8	8	10	0	1
<i>6</i>	1	6	4	8	6	8	2	8
<i>7</i>	5	10	7	8	10	10	3	3
<i>8</i>								
<i>9</i>	2	9.5	9.5	9.5	9.5	2	2	3
<i>10</i>	7	10	8	10	10	10	8	8
<i>11</i>	7	8	8	8	8	10	5	8
<i>12</i>	0	10	10	10	10	10	0	5
<i>13</i>	2	10	10	9	8	10	2	8
<i>14</i>								
<b>Promedio</b>	4.7	9.0	8.5	9.0	9.0	9.2	3.5	6.3

<i>Criterio</i>	<i>Afectación</i>	<i>Valoración ponderada</i>
1 Belleza escénica	4.7	0.20
2 Biomasa y abundancia	9.0	1.57
3 Diversidad de especies	8.5	1.13
4 redes tróficas	9.0	1.19
5 Reservas ecológicas y pesqueras	9.0	1.62
6 Calidad del agua	9.2	1.60
7 Estado del manglar	3.5	0.28
8 Calidad de sedimentos	6.3	0.52
<b>Índice de afectación</b>		<b>8.11</b>