

Centro Interamericano de
Documentación e Información
Agrícola

20 AGO 1987

CIDIA
Turrialba, Costa Rica

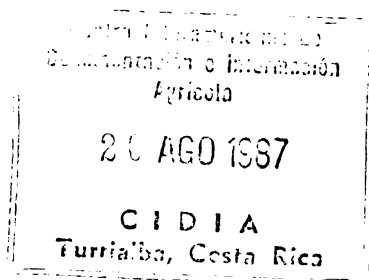
INTEGRACION DE LA CONSERVACION
CON EL DESARROLLO
EN EL PROYECTO DE RIEGO:
ARENAL - TEMPISQUE

Volumen II

Documentos de los Consultores Sectoriales



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE)
UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA (UICN)



INTEGRACION DE LA CONSERVACION CON EL DESARROLLO
EN EL PROYECTO DE RIEGO ARENAL - TEMPISQUE

VOLUMEN II

DOCUMENTOS DE LOS CONSULTORES SECTORIALES

Edición: Tirso Maldonado

Turrialba, Costa Rica
Diciembre, 1986

CNTIC.
69841
V 5



INDICE GENERAL

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| Indice..... | i |
| ✓ A. ASPECTOS DE SUELOS EN EL AREA DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE..... | 1 |
| 1. Características generales de los suelos..... | 2 |
| 2. Características generales del clima..... | 4 |
| 3. Efectos del riego..... | 4 |
| 3.1. Efecto del riego en la fertilidad y las propiedades químicas..... | 5 |
| 3.2. Efecto del riego sobre las propiedades físicas del suelo..... | 6 |
| 4. Drenaje del suelo y peligros de salinización..... | 7 |
| 5. Efectos del agua de retorno de riego..... | 8 |
| 6. Manejo de los suelos bajo riego..... | 10 |
| ✓ B. PRACTICAS AGRONOMICAS PARA EL AREA DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE..... | 12 |
| 1. Antecedentes..... | 13 |
| 2. Efectos del monocultivo intensivo sobre los suelos y el medio ambiente..... | 14 |
| 2.1. La caña de azúcar..... | 14 |
| 2.2. El arroz inundado..... | 15 |
| 3. Rotación de cultivos..... | 16 |
| 4. Consideraciones sobre los cultivos perennes recomendables..... | 17 |
| 5. Consideraciones sobre el manejo de pastizales..... | 18 |
| 6. Barreras rompevientos..... | 19 |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| C. INTERPRETACION HIDROGEOMORFOLOGICA DEL IMPACTO DEL PROYECTO ARENAL-TEMPISQUE..... | 21 |
| 1. Caracterización de las formas de relieve del área de influencia del proyecto..... | 22 |
| 2. Unidades estructurales y formaciones superficiales asociadas..... | 22 |
| 3. Recomendaciones..... | 26 |
| 3.1. Jerarquización de los objetivos del ordenamiento de los ríos y del sistema de canales..... | 26 |
| 3.2. Análisis morfodinámico de los lechos y fondos de valle..... | 27 |
| 3.3. Tipología geomorfológica y la ocupación previsible del suelo..... | 29 |
| 3.4. Aplicación de la metodología expuesta..... | 29 |
| 4. Bibliografía..... | 33 |
| D. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS, CAUSAS Y EFECTOS QUE TENDRA SOBRE LOS BOSQUES EL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE, (CONSIDERACIONES GENERALES)..... | 34 |
| 1. Introducción..... | 35 |
| 2. Metodología..... | 35 |
| 3. Aspectos relevantes del proyecto de riego Arenal-Tempisque desde el punto de vista de manejo de bosques.. | 35 |
| 4. Estado actual de los bosques de la región del proyecto de riego..... | 37 |

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 5. Capacidad de uso mayor de la tierra..... | 40 |
| 6. Descripción de los posibles efectos del proyecto, sobre la cobertura boscosa actual y potencial de la región..... | 40 |
| 6.1. Efectos directos del proyecto sobre la actual y potencial cobertura foresta..... | 40 |
| 6.2. Impactos indirectos del proyecto sobre los bosques de la región..... | 42 |
| 6.3. Efectos del manejo del bosque sobre el proyecto de riego..... | 43 |
| 7. Recomendaciones y estrategias de solución..... | 45 |
| 7.1. Efectos directos del proyecto sobre la cobertura forestal..... | 45 |
| 7.2. Efectos indirectos del proyecto sobre los bosques de la región..... | 47 |
| 7.3. Efectos del manejo del bosque sobre el proyecto de riego..... | 49 |
| 8. Bibliografía..... | 52 |
| Anexo. Decretos de creación de áreas protegidas localizadas en la zona del proyecto de riego..... | 53 |
| E. SECTOR AREAS SILVESTRES Y VIDA SILVESTRE..... | 54 |
| 1. Introducción..... | 55 |
| 2. Areas Silvestres..... | 55 |
| 2.1. Recomendaciones referentes a las Areas Silvestres.. | 57 |
| 3. Vida silvestre..... | 58 |
| 3.1. Recomendaciones referentes a la Vida Silvestre..... | 63 |

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 4. Bibliografía citada..... | 66 |
| ✓ F. CONTAMINACION POR AGROQUIMICOS. ESTIMACION DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL AREA DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE | 67 |
| 1. Introducción..... | 68 |
| 2. Efectos del uso intensivo de agroquímicos sobre el agua, el suelo, la vida silvestre y la salud pública.. | 68 |
| 3. Tipos de plaguicidas empleados en los principales cultivos actuales..... | 74 |
| 4. Conclusiones..... | 81 |
| 5. Análisis de la legislación existente..... | 81 |
| 5.1. Ley General de Salud..... | 81 |
| 5.2. Ley de Sanidad Vegetal..... | 83 |
| 5.3. Reglamentos..... | 84 |
| 6. Bibliografía citada..... | 84 |
| G. IMPACTO DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE SOBRE EL ECOSISTEMA DEL GOLFO DE NICOYA..... | 86 |
| 1. Introducción..... | 87 |
| 2. Consideraciones teóricas basadas en la información existente..... | 100 |
| 2.1. El efecto producido por incremento en la concentración de agroquímicos..... | 100 |
| 2.2. Efectos sobre la estructura físico-química de la masa de agua del golfo..... | 104 |
| 3. Acciones concretas para reducir el problema..... | 106 |
| 4. Estudios específicos recomendados..... | 108 |
| 5. Bibliografía citada..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| H. CONSIDERACIONES SOBRE LA EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE ALGUNAS DE LAS ENFERMEDADES TRANSMISIBLES EN RELACION CON EL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE..... | 111 |
| 1. Antecedentes..... | 112 |
| 2. Introducción..... | 112 |
| 3. Extensión y cobertura de los servicios de salud..... | 114 |
| 4. Aguas para el consumo..... | 115 |
| 5. Control de plagas de interés agropecuario..... | 115 |
| 6. Contaminación de las aguas por agroquímicos..... | 116 |
| 7. Alteración del equilibrio ecológico..... | 117 |
| 8. Protozoarios y Protozoosis..... | 118 |
| 8.1. <u>Entamoeba histolytica</u> y amibiasis..... | 118 |
| 8.2. <u>Giardia</u> o <u>Lamblia intestinalis</u> y giardiasis..... | 118 |
| 8.3. <u>Cryptosporidium</u> sp. y criptosporidiosis..... | 119 |
| 8.4. <u>Toxoplasma gondii</u> y toxoplasmosis..... | 120 |
| 9. Helminfos y Helmintiasis..... | 120 |
| 9.1. <u>Schistosoma mansoni</u> y esquistosomiasis..... | 121 |
| 9.2. <u>Fasciola hepatica</u> y fascioliasis..... | 122 |
| 9.3. <u>Paragonimus mexicanus</u> y paragonimiasis..... | 123 |
| 9.4. <u>Angyostrongylus costaricensis</u> y angiostrongiliasis abdominal..... | 124 |
| 9.5. Helmintiasis intestinalis..... | 124 |
| 10. Enteropatógenos..... | 125 |
| 11. Artrópodos como vectores y causas de molestia..... | 126 |
| 12. Resumen..... | 130 |
| 13. Recomendaciones..... | 130 |
| 14. Bibliografía..... | 134 |

**A. ASPECTOS DE SUELOS EN EL AREA DEL PROYECTO
DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE**

Alexis Vásquez*

* Especialista en suelos, Dirección de Investigaciones Agrícolas
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

1. Características generales de los suelos

En la zona de estudio se presentan muy variados tipos de suelos, los cuales pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Suelos aluviales mal drenados:

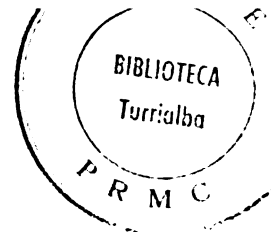
Estos son suelos que se distribuyen preferentemente cerca de la desembocadura del Río Tempisque y en su confluencia con el Río Bebedero, aunque también se incluyen algunas áreas de manglares. Son planos, oscuros a pardo grisáceos, de drenaje impedido a muy pobre, poco permeables, inundables en la mayoría de los casos, con problemas leves a fuertes de salinidad, y sus texturas son moderadamente pesadas a pesadas. Taxonómicamente se clasifican como Aquepts y Aquepts. No son aptos para desarrollo agropecuario, debiendo destinárseles a reservas biológicas. Se distribuyen sobre un 12% del área total del proyecto.

- Suelos aluviales bien drenados:

Se distribuyen a lo largo de los principales ríos del área, como el Tempisque, el Bebedero, el Piedras, el Tenorio, el Cañas, el Lajas y el Abangares. Son planos, profundos, bien drenados, oscuros a pardo oscuros, de texturas medias a moderadamente pesadas, permeables y muy fértiles. Se clasifican taxonómicamente como Tropepts, Ustolls y Udolls. Son suelos de un gran potencial agropecuario, aptos para todos los cultivos climatológicamente adaptados a la región. Cubren un 23% del área total del proyecto.

- Vertisoles:

Son suelos planos, profundos, oscuros, muy pesados, fértiles, muy duros y agrietables en seco, muy pegajosos en mojado, moderadamente drenados y lentamente permeables. Son especialmente aptos para gramíneas con riego (arroz, caña de azúcar, pastos, maíz, sorgo, etc.). Se distribuyen en amplias llanuras de



relieve depresionario en toda el área del proyecto. Se clasifican como Usterts y Uderts. Ocupan una superficie de un 14% sobre el total.

- Suelos de relieve ligeramente ondulado a ondulado:

Esta categoría está conformada principalmente por áreas de piedemontes y lomeríos bajos. Los suelos son profundos, ligeramente pedregosos, pardo oscuros a pardo rojizos, de texturas medias a moderadamente pesadas, permeables, moderadamente fértiles y bien drenados. Se distribuyen principalmente cerca de las estribaciones montañosas que circundan el área del proyecto.

Son aptos para frutales, hortalizas, leguminosas, maíz, cucurbitáceas, etc. aunque las características de su relieve los tornan susceptibles a la erosión hídrica. Se clasifican principalmente como Tropets y Ustalts. Ocupan una área de un 11% del total del proyecto.

- Meseta volcánica de Santa Rosa:

En esta área, que conforma un altiplano hacia la parte norte del proyecto, los suelos son poco a moderadamente profundos, de relieve plano a ligeramente ondulado, aunque muy irregular; de texturas medias a moderadamente pesadas, de color parduzco claro a grisáceo, poco fértiles, bien drenados y permeables. Su uso agropecuario debe restringirse al pastoreo, aunque en áreas donde la profundidad lo permita se pueden desarrollar frutales como mango, cítricos y marañón. Se clasifican taxonómicamente como Tropepts y Orthents. Cubren una superficie de un 18% sobre el área total del proyecto. Estas tierras están excluidas de este proyecto, porque no tienen cota de riego.

- Colinas y lomeríos:

Como remanentes de la topografía anterior del Valle del Tempisque, aparecen una serie de colinas y lomeríos, que presentan un relieve ondulado a muy quebrado y excesivo drenaje externo. Los suelos son moderadamente profundos a superficiales, de colores rojizos y claros, de texturas moderadamente pesadas, permeables, normalmente pedregosos y moderadamente fértiles. Estos suelos se



clasifican como Tropepts, Ustalfs y Orthents. Salvo en algunos sectores que podrían aprovecharse con frutales o pastos, se puede afirmar que tienen poca importancia agropecuaria, debiendo destinárseles preferentemente a reforestación y vida silvestre. Cubren una área de un 22% del total del proyecto.

2. Características generales del clima

El clima en esta zona se caracteriza por presentar dos épocas bien definidas: una lluviosa, que se extiende de mediados de mayo a mediados de noviembre y una estación seca, que se extiende de diciembre a abril. La temperatura media anual varía poco de una estación a otra, manteniéndose en alrededor de los -27° C a lo largo del año. La precipitación total anual oscila de 1.700 a 1.800 mm., distribuidos en seis meses al año, siendo los meses más lluviosos setiembre y octubre, en los que se registra aproximadamente el 40% de la precipitación anual.

3. Efectos del riego

La agricultura de regadío se practica principalmente en las regiones áridas del mundo, en donde la civilización ha existido y existe en la actualidad gracias exclusivamente al arte y la ciencia del riego. Sin embargo, la superficie regada en el mundo no está limitada solo a esas regiones, sino que también se desarrolla en muchos climas húmedos, como el de Guanacaste, donde las precipitaciones parecen ser suficientes por su volumen total anual, pero su distribución en aproximadamente seis meses, deja un largo período prácticamente sin lluvias.

Dentro de la zona del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, por sus características climatológicas, la época de riego se circunscribe básicamente desde el mes de diciembre hasta mediados de mayo, pudiendo también darse algún riego complementario en la segunda quincena de junio (canícula). En el resto del año, la precipitación pluvial es suficiente, y en algunos meses excesiva, para el crecimiento de las plantas cultivadas.

En estas regiones húmedas, el riego tiene, entre otros, los siguientes propósitos:

- a) Complementar las necesidades de agua de los cultivos
- b) Facilitar las actividades químicas y bacterianas en el suelo
- c) Aumentar la humedad del suelo cuando otros elementos del clima son más propicios para el crecimiento (mayor fotosíntesis)
- d) Disminuir la temperatura del suelo y de la atmósfera adyacente para de esta forma mejorar las condiciones ambientales al desarrollo vegetal
- e) Humedecer y ablandar los terrones u otros conglomerados del suelo y disolver así los nutrimentos contenidos en ellos
- f) Obtener dos o más cosechas
- g) Incrementar el beneficio neto y aumentar los rendimientos.

El desarrollo de de la mayoría de los cultivos se estimula con una humedad moderada del terreno y se retarda cuando ésta es excesiva o deficiente. Por lo tanto, el riego no consiste en agregar agua a los campos de cultivo, sino que ésta debe agregarse de acuerdo a las necesidades del cultivo y a la capacidad de retención de humedad del suelo, es decir, el riego debe agregarse en forma tal que no produzca excesos y/o deficiencias, ya que ambas condiciones suelen ser más dañinas que si no se aplicara riego del todo.

3.1. Efecto del riego en la fertilidad y las propiedades químicas

Cuando el agua de riego es aplicada en las cantidades apropiadas al suelo y bajo métodos que eviten su erosión, su efecto en la fertilidad y las características químicas del suelo es significativa, siempre y cuando el agua de riego sea de buena calidad.

En los suelos, las sales solubles (mezcla de cationes como sodio, potasio, calcio y magnesio; y aniones como cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos)

se derivan del proceso de meteorización química de los minerales primarios y las rocas expuestas en la corteza terrestre.

En regiones áridas y semiáridas, estas sales solubles tienden a concentrarse en la superficie del suelo, por la excesiva evaporación que allí predomina, originándose los suelos salinos y de álcali. En zonas tropicales, como el Valle del Tempisque, estas sales generalmente son llevadas a las aguas subterráneas y son transportadas por los ríos al océano, siendo muy importante en todo este proceso la precipitación pluvial. Esta es la principal razón que explica en la zona de Guanacaste la no existencia de problemas de salinidad en las áreas agrícolas.

Evidentemente, este proceso de lixiviación de sales solubles se verá beneficiado con el riego. Por supuesto, si éste se aplica en forma excesiva, esa lixiviación será excesiva, con la consecuente pérdida de fertilidad de los suelos. Es indispensable entonces que la aplicación del agua de riego sea ejecutada en forma tecnificada, de acuerdo a las láminas de riego calculadas para cada tipo de suelo y cultivo.

La calidad de las aguas para riego de este proyecto han sido reportadas como buenas, con excepción de las aguas del Río Blanco, cuyo caudal es muy reducido, por lo que no se prevén problemas causados por este factor.

Sin embargo, algunas prácticas de riego, como la nivelación u otros tipos de movimientos de tierras, pueden producir desbalances nutricionales, por lo que es conveniente, a nivel de finca, que una vez terminadas este tipo de prácticas, se incorpore algún tipo de abono verde (como la rabiza) antes de desarrollar los cultivos, para restablecer en parte la fertilidad natural y corregir deficiencias nutricionales mediante la apropiada aplicación de fertilizantes.

3.2. Efecto del riego sobre las propiedades físicas del suelo

Algunas prácticas inadecuadas de manejo de suelos bajo riego pueden

alterar las características físicas de los mismos. Por ejemplo, en el caso del arroz inundado, que se practica sobre suelos muy arcillosos (vertisoles) con una explotación intensiva a lo largo de todo el año, si el suelo se mantiene permanentemente húmedo o inundado, provocará serios problemas de hidromorfismo (gleización) ascendente en esos suelos, con degradación de la estructura del mismo, la cual se tornará masiva. Esta situación, mantenida ininterrumpidamente por varios años, inducirá a una degradación de dichos suelos y a su consecuente inutilización para fines agropecuarios. Por ello, es indispensable en este tipo de suelos el desarrollo máximo anual de dos siembras de arroz, para permitir que el suelo se agriete y así se oxigene, ya que esta es la vía más importante de oxigenación de los mismos.

Asimismo, también deben evitarse prácticas de preparación de tierras con sobrelaboreo agrícola, ya que las mismas pulverizan el suelo, destruyendo su estructura, la cual es fundamental para lograr una buena permeabilidad, infiltración y oxigenación del suelo.

La agricultura intensiva que genera el riego, con el uso de distintos tipos de maquinaria agrícola, provoca problemas de compactación de los mismos, lo cual puede resolverse practicando subsoladas profundas cada 3 a 5 años, dependiendo de las características locales de los suelos.

4. Drenaje del suelo y peligros de salinización

En la zona del Proyecto de Riego, como ya se mencionó, un 23% de los suelos son de origen aluvial, con un elevado potencial agronómico. Por su parte, los suelos arcillosos muy pesados (vertisoles) cubren un 14% del área total, y un 12% de los suelos planos, de origen aluvial, están mal drenados o inundados. Los demás tipos de suelos, por las características de su relieve, no presentan problemas potenciales de drenaje.

Los suelos aluviales mal drenados (12%) no son de vocación agropecuaria, por lo que ya el Estado los ha transformado en reservas biológicas o forestales.

En su mayor parte, estos suelos han estado históricamente afectados por desbordamientos de aguas salobres, cuando la marea sube a lo largo de los Ríos Tempisque y Bebedero, por lo que de hecho presentan altos contenidos de sales.

Los vertisoles son suelos muy arcillosos, lentamente permeables, que presentan problemas de drenaje externo, lo cual provoca en ellos encharcamientos, si no han sido nivelados. Estos suelos normalmente no tienen problemas de drenaje interno.

Los suelos aluviales de elevado potencial agronómico (23% del total), presentan en algunas localidades problemas de drenaje interno, principalmente en la época lluviosa, donde el nivel freático puede subir a pocos decímetros de la superficie. Esta condición, aunque perjudicial para muchos cultivos, es transitoria, ya que puede durar de dos a ocho semanas al año, dependiendo de características locales del relieve y del suelo.

Las áreas que presentan estos problemas no disponen generalmente de un adecuado sistema de drenaje natural o artificial. Pero las tierras que se van incorporando al regadío contemplan necesaria y complementariamente obras de infraestructura tanto en riego como en drenaje, por lo que es de presumir que este tipo de limitaciones serán corregidas conforme avance el proyecto.

Si no se corrigen, y por el contrario, con excesos de riego se mantienen niveles freáticos elevados la mayor parte del año, estos mismos niveles freáticos impedirán el lavado natural de las sales del suelo, con lo que se podrían provocar problemas de salinidad. Además, en esas condiciones de niveles freáticos poco profundos, el movimiento ascendente del agua salobre subterránea daría como resultado una continua acumulación de sales en la superficie del terreno. Sin embargo, si se construyen las obras de drenaje y se abaten dichos niveles freáticos, las fuertes precipitaciones de la época lluviosa producirían un importante lavado de esas posibles acumulaciones de sales.

5. Efectos del agua de retorno de riego

El agua de retorno de riego, o agua en exceso, procede de las pérdidas

por filtración de canales o embalses y de la percolación profunda de las tierras regadas. La aplicación eficiente del agua en las tierras altas de riego reduce las necesidades de drenaje en las tierras bajas. Asimismo, en canales en tierra, a menudo casi la mitad del agua que corre a través de los mismos se pierde en el transporte y estas pérdidas se incorporan anualmente a la capa freática y producen la elevación de su nivel. Por lo tanto, el revestimiento de canales de conducción para evitar pérdidas y problemas de drenaje es una práctica muy importante en los proyectos de riego.

En la zona del Proyecto de Riego, la mayoría de los canales primarios y secundarios de riego son revestidos, por lo que de hecho se evitan en gran medida los problemas antes señalados. Sin embargo, la aplicación del agua al nivel de las fincas no se está realizando apropiadamente, ya que no se aplican adecuadamente métodos de aforo que permitan controlar las láminas de agua requeridas en cada predio. Esta situación parece obedecer al hecho de que las reducidas áreas de riego que SENARA viene administrando en la actualidad, lo son principalmente para el cultivo de arroz inundado, en donde se busca mantener una lámina constante de agua sobre la superficie del suelo, para lo que se han venido utilizando métodos de observación directa sobre la presencia de agua en las terrazas, que ayudan empíricamente a determinar las necesidades de riego.

No obstante, es indispensable implementar distintos métodos de aforo para los diferentes métodos de riego que se emplean, a fin de evitar excesos o deficiencias en su aplicación.

Los excesos de riego no controlados pueden arrastrar distintas sustancias químicas aplicadas al suelo, en especial fertilizantes, que contaminan los cursos de agua que sirven de drenaje. En la actualidad, en virtud de la reducida área que se encuentra bajo riego y de los elevados caudales que derivan permanentemente de la represa Magdalena, que en su mayor parte vierte directamente al Golfo de Nicoya, producen una suficiente disolución de posibles excesos de agroquímicos usados en áreas de bajo riego, que tornan muy poco significativo el problema de contaminación. Pero conforme avancen las áreas habilitadas al riego, y si no se manejan adecuadamente los volúmenes de agua de riego requeridos

a nivel de finca, como ya se indicó, estos excesos de residuos posiblemente se tornarán muy problemáticos en la ecología del Golfo.

Por otro lado, en todo distrito de riego es muy recomendable la reutilización del agua de retorno. No obstante, en la actualidad no pareciera necesario este procedimiento en el área del proyecto, por los elevados excedentes de agua de riego disponibles.

6. Manejo de los suelos bajo riego

Para lograr una adecuada distribución del agua de riego ya sea mediante equipo o por gravedad a nivel predial, es indispensable desarrollar una serie de obras mecánicas de movimiento de suelos, como nivelaciones, emparejamientos, surcos en contorno, etc., ya que casi siempre la superficie natural del terreno no es lo suficientemente uniforme como se requiere. Estos tipos de movimientos de suelos dependen del relieve, textura, profundidad del suelo y del cultivo o cultivos a desarrollar, por lo que son las relaciones de estos elementos las que definen el tipo de movimiento de suelos a ejecutar.

Una vez adecuada la parcela para el riego, hay una serie de principios generales que se deben observar para aplicar las láminas de riego requeridas.

- a) Determinar la capacidad del suelo para retener humedad
- b) Determinar el índice de infiltración del suelo (no se debe aplicar agua más a prisa de lo que el suelo es capaz de absorber)
- c) Definir la profundidad a la que ha de llegar el riego, lo que depende de las características del cultivo
- d) Determinar las características del cultivo para absorber el agua (uso consuntivo).

En la preparación de la tierra, juega un papel muy importante la pendiente de los surcos y el largo de los mismos, lo cual está condicionado principalmente por la textura del terreno en cada sitio particular. Asimismo el agua de riego

debe entregarse en un caudal tal que no cause erosión, lo que también depende de las características del suelo (caudal máximo no erosivo).

Los métodos de riego para cada caso en particular se definen por el abastecimiento del agua, características del relieve y el suelo y los cultivos que se van a regar.

Otras prácticas de manejo de suelos bajo riego, como el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, deberán estudiarse para cada tipo de cultivo en particular, ya que usualmente varían de secano a regadío. Asimismo, los requisitos de fertilizantes también varían, lo cual debe ser investigado para cada cultivo de riego. Por ejemplo, se conoce que el arroz inundado tiene una menor demanda de nitrógeno que el arroz de secano. Como estas relaciones nutricionales con riego son poco conocidas en el área del proyecto, es indispensable la adopción de un plan de investigación específica para dar debida respuesta a esta problemática.

**B. PRACTICAS AGRONOMICAS PARA EL AREA DEL PROYECTO
DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE**

Alexis Vásquez*

* Especialista en suelos, Dirección de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

1. Antecedentes

En la zona del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque se produce una importante gama de cultivos, entre los que sobresalen los siguientes:

Cuadro 1. Tipo y superficie total de los principales cultivos en la zona del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque

| Cultivo | Superficie (ha) |
|---------------------------|-----------------|
| Arroz de secano | 14.710 |
| Arroz bajo riego | 3.656 |
| Caña de azúcar de secano | 3.950 |
| Caña de azúcar bajo riego | 10.421 |
| Algodón de secano | 2.100 |
| Maíz de secano | 1.780 |
| Sorgo de secano | 5.400 |
| Sorgo bajo riego | 858 |
| Pastos de secano | 31.332 |
| Pastos bajo riego | 120 |

Fuente: SENARA, 1985

Como se puede observar, la caña de azúcar y el arroz eran a la fecha los cultivos más importantes en cuanto a su distribución. La caña de azúcar se siembra y se cosecha, y luego se obtienen 3 ó 4 cosechas anuales de soca, al cabo de las cuales se siembra de nuevo caña. Por su parte, el arroz de riego se siembra dos veces al año en el mismo terreno, por lo que prácticamente todo el año estas tierras se encuentran cultivadas con arroz.

Por las características antes señaladas, son estos dos cultivos (arroz y caña de azúcar) los únicos que se comportan como monocultivo en esta zona.

2. Efectos del monocultivo intensivo sobre los suelos y el medio ambiente:

2.1. La caña de azúcar:

En general, para el desarrollo de este cultivo en la zona de Guanacaste es indispensable el riego; las áreas que no disponen de él obtienen rendimientos muy bajos, prácticamente antieconómicos.

Para el desarrollo exitoso de este cultivo con riego, es necesario realizar labores de nivelación o emparejamiento de suelos, para lograr una adecuada distribución del agua del riego. Estos movimientos de tierras pueden producir desequilibrios nutricionales en los suelos, que deben corregirse a través de fertilización. Asimismo, parte de la preparación del suelo incluye las surqueadas donde se colocan las simientes. Es muy importante que esta labor no se realice con el suelo completamente seco, por los peligros potenciales de erosión principalmente de tipo eólica. Esto es particularmente cierto para el cultivo en suelos de origen aluvial (mollisoles e inceptisoles).

El cultivo de la caña de azúcar es un fuerte extractor de nutrimentos del suelo, como N-P-K, y especialmente este último. Por lo anterior, el uso a través de los años de este monocultivo produce una disminución general de la fertilidad de los suelos, que necesariamente debe ser restituido sistemáticamente, a través de fertilizantes u otras técnicas agronómicas, para mantener la productividad del mismo.

Otras prácticas inadecuadas de manejo asociadas a este cultivo producen deterioro del ambiente:

- Fumigaciones aéreas:

Las fumigaciones aéreas para el control de plagas y enfermedades, por las características climatológicas del área, son muy dañinas, ya que además de la contaminación en ríos, quebradas y otros cultivos, alteran fuertemente el equilibrio ecológico de la zona.

Por tanto, este tipo de prácticas deben ser erradicadas del área del

proyecto, se debe reforzar aquellas que se realizan directamente en tierra. Además, las aplicaciones de herbicidas deberían realizarse localizadas, esto es, en aquellos sitios donde se presenten malas hierbas, y no indiscriminadamente. También, su aplicación debe ser programada en forma tal que no coincida con épocas de fuertes precipitaciones, para evitar al máximo el arrastre de residuos por las aguas de escorrentía y la consecuente contaminación de los ríos y las quebradas.

Este monocultivo también altera el equilibrio ecológico de las áreas donde se desarrolla, ya que su introducción implica la eliminación de otras plantas que pueden ser hospederos, por ejemplo, de insectos benéficos. No obstante, después del primer año de introducido el cultivo, este genera la restitución de su propio equilibrio ecológico.

Finalmente, es muy beneficioso fomentar el control biológico de plagas y enfermedades, como se está empezando a hacer actualmente con la Diatreze sp.

2.2. El arroz inundado

Este cultivo bajo riego sólo puede desarrollarse en terrenos de texturas muy pesadas y de lenta permeabilidad, como los vertisoles, de los cuales existen en la zona del proyecto cerca de 25.000 ha, de tal manera que para este tipo de uso de la tierra es determinante la zonificación del cultivo, de acuerdo a las condiciones señaladas.

Para el desarrollo de esta actividad, es necesario la nivelación del suelo en terrazas, ya que esta es la única forma técnica de producir las condiciones de inundación que demanda el cultivo. Esta nivelación, produce usualmente desbalances nutricionales, en especial con elementos menores, lo cual debe regularse ya sea por medios agronómicos o por el uso de agroquímicos.

Este sistema de cultivo produce una mejor utilización de fertilizantes, especialmente nitrogenados, lo que reduce significativamente las aplicaciones de este elemento. Se deben tomar precauciones con este sistema de cultivo para permitir, en alguna época del año, el desecamiento y agrietamiento del suelo, para evitar los problemas de hidromorfismos indicados en el capítulo de suelos.

Con este sistema de arroz inundado se obtiene un efecto muy positivo en el control de la mayor parte de las malas hierbas que afectan al cultivo, ya que el agua por sí sola actúa como herbicida, al "ahogar" dichas malezas. Complementariamente, las principales plagas y enfermedades que atacan a este cultivo reducen significativamente su efecto bajo las condiciones de inundación, ya que las mismas son más virulentas en condiciones de secano, donde la planta puede tener un desarrollo vegetativo más pobre. Esta situación es muy beneficiosa, ya que reduce las necesidades de plaguicidas.

Es posible que a través de las investigaciones en mejoramiento genético que sobre este cultivo realiza el MAG se pueda obtener, en el corto plazo, resistencia o tolerancia a las principales plagas y enfermedades, por lo que se deben aunar esfuerzos en este sentido.

También, sería de gran conveniencia eliminar las prácticas de fumigación, aérea en este cultivo, y realizarlas directamente en tierra, lo cual es factible mediante adaptaciones especiales que se le introduzcan a la maquinaria agrícola usual en este cultivo.

3. Rotación de cultivos

Hasta la fecha, dentro del Proyecto de Riego no se ha fomentado ningún tipo de rotación de cultivos, ya que los esfuerzos en las primeras etapas en el área atendida por SENARA se han concentrado en el fomento del arroz inundado, caña de azúcar y pastos, principalmente.

Sin embargo, el MAG y SENARA han venido estudiando conjuntamente varios esquemas de rotación de cultivos en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (Cañas, Guanacaste), que incluyen los cultivos de gramíneas, cucurbitáceas, oleaginosas y hortalizas intercaladas con leguminosas de grano y abonos verdes.

La rotación de cultivos es una práctica que utilizada apropiadamente contribuye de modo eficaz a controlar la erosión y a mantener la productividad de la tierra. Consiste en la sucesión recurrente y más o menos regular de diferentes cultivos en el mismo terreno. El efecto de la rotación depende de la selec-

ción que se haga de las plantas que van a rotarse y de la secuencia que se siga en su siembra. En lo posible, los cultivos que se sucedan en la rotación deben tener exigencias nutricionales diferentes, no ser susceptibles a las mismas plagas y enfermedades y permitir grados diferentes de protección al suelo.

Además de la rotación de cultivos, otra práctica agronómica muy importante para la zona del proyecto es el uso de plantas de cobertura y abonos verdes. Las plantas de cobertura se cultivan para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y para mejorar sus características físicas y químicas para el posterior crecimiento del cultivo. Cuando esas plantas se encuentran en pleno desarrollo vegetativo y se entierran, se denominan abonos verdes. Los abonos verdes enriquecen el contenido de la materia orgánica de los suelos, lo que a través de la acción de las bacterias amonificadoras, nitrosomas y nitrobacter, incorporan importantes cantidades de nitrógeno al suelo, además de otros elementos constitutivos de ellos. Los abonos verdes también mejoran la estructura y aireación del suelo, así como la capacidad del mismo para retener agua y nutrimentos. Entre las plantas de cobertura más usuales se citan las leguminosas, que como la rabiza, frijol de vaca, crotalarias, Kudzú, etc., se adaptan muy bien a las condiciones del área del proyecto.

En general, los abonos verdes deben plantarse dentro de un esquema de rotación de cultivos empleados de tal forma que crezcan dentro de la recolección de una cosecha y la siembra de otra, en que normalmente no se utiliza el terreno.

4. Consideraciones sobre los cultivos perennes recomendables

Entre los cultivos perennes recomendables en el área del proyecto se contemplan los frutales (cítricos, mango, papaya, etc), aunque actualmente se realizan algunas investigaciones con coco, cacao y algunos otros.

Aunque la zona presenta condiciones muy favorables para el desarrollo de frutales tanto autóctonos como exóticos, las posibilidades de mercado para estos productos son un tanto inciertas en la actualidad, en especial los mercados externos, lo que ha obligado a que el fomento de estos cultivos se haga con especial consideración de estos aspectos económicos.

Sin embargo, dentro del área de influencia del Proyecto, pero en terrenos que no tienen cota de riego, y que a la vez tienen bajo potencial agrícola, se pueden desarrollar varios tipos de frutales como marañón y guayaba, que no requieren riego. Estos frutales podrían servir para "reforestar" extensas áreas, como las de la Meseta Volcánica de Santa Rosa, entre Bagaces y Liberia, que además de mejorar el ambiente y proteger los suelos contra la erosión, podrían producir productos para procesarlos en la misma zona (jaleas, mermeladas, vinos, etc.), y seguramente ayudaría a mejorar los ingresos familiares. Para ello, por supuesto, sería indispensable el establecimiento de agroindustrias locales.

En las áreas establecidas, las labores agrícolas deberían realizarse preferiblemente desde tierra, evitando las prácticas aéreas tan dañinas para el medio, como ya se ha comentado.

5. Consideraciones sobre el manejo de pastizales

En esta zona predominan amplias áreas de pastoreo dedicadas principalmente a la ganadería extensiva de carne. Muchas de estas áreas se encuentran cubiertas por sabanas y charrales, aunque la mayoría está cubierta en la actualidad por pastos cultivados. Sin embargo, salvo en algunas fincas con riego, en general los rendimientos económicos de esta actividad son poco satisfactorios, debido a las sequías y a las malas prácticas de manejo.

Sin duda alguna, el riego en pastizales será un elemento de gran importancia para desarrollar una explotación ganadera racional y más económica. Paralelamente será necesario introducir pastos como estrella africana o brachiaria así como adoptar técnicas más apropiadas para el control de malezas.

La actividad ganadera deberá desarrollarse en terrenos que no compitan con las actividades agrícolas.

En muchas áreas de fuerte tradición ganadera, será conveniente subsolar el terreno antes de la introducción de pastos mejorados.

Con el uso de riego, es muy recomendable desarrollar programas sistemáticos de fertilización, para aumentar los rendimientos de los pastizales.

Con el uso de riego, es muy recomendable desarrollar programas sistemáticos de fertilización, para aumentar los rendimientos de los pastizales.

Como las semillas de los pastos son en general muy pequeñas, al introducir pastos mejorados es muy importante lograr una buena preparación del suelo.

La ganadería debe desarrollarse en tierras de cultivo, siempre y cuando esta sea intensiva y utilice pasto de corta, el cual deberá ser tratado en este caso como un cultivo más.

Finalmente, es importante regular apropiadamente el riego en pastizales sea por manto, por inundación o cualquier otro método, para evitar problemas erosivos que podrían causar volúmenes excesivos de agua.

6. Barreras rompevientos

En la zona del proyecto, el efecto del viento es muy perjudicial en especial en los meses de diciembre, enero y febrero que son justamente los meses más secos del año. Esta situación plantea no sólo la conveniencia sino la absoluta necesidad de establecer barreras rompevientos, para evitar el daño físico que ocasiona el viento a los cultivos, disminuir la fuerte evaporación que causa y reducir al máximo los problemas ocasionados por la erosión eólica.

Por barrera rompeviento se entiende toda barrera vegetal o artificial colocada en la trayectoria del viento que reduce la velocidad de este, en la zona cercana al suelo, por ofrecer una resistencia a su avance y desviar las corrientes de aire.

La efectividad de la barrera depende de su forma, anchura y permeabilidad. A su vez, la distancia entre las cortinas arbóreas está determinada por la velocidad máxima de los vientos, por el grado de resistencia del suelo y por la altura de las especies vegetales que se utilicen. En cuanto a su densidad, conviene

que no sean muy tupidas en la zona cercana al suelo, a fin de evitar turbulencias del aire.

Para un adecuado desarrollo de cortinas rompevientos, se podrán usar especies locales que han demostrado buenos efectos en este sentido, como mango, eucalipto, etc. Sin embargo, es conveniente paralelamente implementar un programa de investigación con variadas especies forestales, a efecto de que el establecimiento de las mismas tenga un adecuado apoyo técnico.

Las cortinas rompevientos no sólo suplen los efectos benéficos antes indicados, sino que una vez establecidos, pueden ser fuente de leña, postes, para cerca y madera, contribuyendo por tanto, a aumentar los ingresos de los agricultores.

**C. INTERPRETACION HIDROGEOMORFOLOGICA DEL IMPACTO DEL PROYECTO
DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE**

Luis Guillermo Brenes*

* Especialista en Geomorfología, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica.

Las notas que a continuación se escriben sobre el impacto hidrogeomorfológico del proyecto de riego Arenal-Tempisque, se refieren al área descrita al inicio de este informe pluridisciplinario. Sin embargo, para comprender los procesos hidrogeomorfológicos que se detallan es necesario retrotraer algunas características morfoestructurales que contribuyen a la explicación de los fenómenos geomórficos que aquí se detallan.

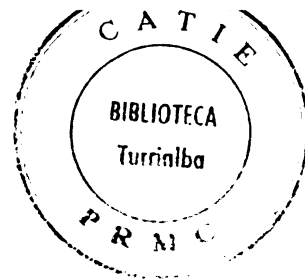
1. Caracterización de las formas de relieve del área de influencia del proyecto

Seguidamente se describen, desde un punto de vista geomorfológico, las distintas unidades reconocidas en el área del proyecto:

- a. Colinas y relieves montañosos terminales de piedemonte de la cordillera de Guanacaste y las formaciones volcánicas del Terciario.
- b. Meseta de tobas e ignimbritas del Cuaternario, ubicada entre el límite sur de las colinas del piedemonte y la base de los conos de deyección de los ríos tributarios del Tempisque y el Bebedero.
- c. Conos de deyección y llanuras de inundación de ambos ríos y sus sistemas fluviales.
- d. Llanuras fluviomarinas de la transgresión Flandriana y depósitos holocenos, semiestabilizados en los últimos cinco mil años.
- e. Cerros aislados al sur de la zona y no afectados por el proyecto.

2. Unidades estructurales y formaciones superficiales asociadas

- a. Lavas y materiales piroclásticos de composición intermedia a ácidas, con alteración ferralítica y acumulación de materiales limo-arcillosos en las vertientes.



- b. Tobas e ignimbritas ácidas en acumulaciones tabulares por cursos subsecuentes encajonados. Formaciones superficiales areno-limosas, muy delgadas, con presencia de paleosuelos y acumulaciones fluvio-lacustres.
- c. Aluviones gruesos en la base de los conos de deyección y disminución progresiva de la granulometría, areno-limosa y arcillas en las áreas intermedias, y depósitos limo-areno-arcillosos en el terminal fluvial. Suelos que varían de buena textura y estructura, en ocasiones arenosos y en algunos casos arcillo-arenosos (vertisoles) con problemas de manejo.
- d. Depósitos litorales actuales, acumulaciones fluvio-marinas del borde continental de la depresión del Tempisque, que resultan de las acumulaciones mixtas del arrastre fluvial en las tierras bajas sometidas al hidromorfismo, como consecuencia de la estabilización del Área de transgresión marina.
- e. Cerros aislados al sur del área: incluye a todos aquellos cerros, antiguas islas del Golfo, agregadas al continente por el relleno de la depresión del Tempisque, constituidos por rocas cretácicas y basálticas del Complejo de Nicoya, y rocas sedimentarias del Terciario incluidas en las formaciones Barra Honda, Brito y Las Palmas.

La geomorfología regional queda descrita por las interrelaciones entre las unidades anteriores: formas de relieve y unidades estructurales. Desde el punto de vista de la morfoclimatología pueden anotarse los siguientes rasgos:

- El área desde el inicio de la acumulación de las tobas e ignimbritas ha pasado por lo menos por dos ciclos de erosión perceptibles en los paleosuelos que subyacen la Formación Bagaces y la Formación Liberia, que presentan una serie de cerros testigos de esa dinámica entre Bagaces y Liberia y que denotan una erosión generalizada de más de 5 metros de profundidad, posiblemente relacionada a una crisis pluvial del Cuaternario. En la actualidad el poco desarrollo de los suelos sobre las tobas y la escasa cubierta vegetal favorece la deflación (erosión eólica). Igualmente existen cerros testigos de esa dinámica erosiva



en la llanura fluvio lacustre del Tempisque a la altura de la localidad de Guardia.

- La meseta terminal de ignimbritas presenta un escarpe notable en el cual ocurren saltos y cataratas. Allí el flujo hídrico se acelera y luego en la línea de ruptura de pendiente los cauces se abren en conos y glaciares de acumulación perdiéndose el carácter calibrado de los lechos fluviales y reduciéndose de este modo las condiciones de buen drenaje de las tierras.
- El curso inferior de los ríos Bebedero y Tempisque lo constituyen las tierras bajas inundables en las cuales los lechos se instalan precariamente favoreciéndose así la erosión lateral, el desbordamiento y el estancamiento del excedente de los caudales, ante la imposibilidad de una inversión lineal, vista la cercanía del litoral.
- Las tierras litorales y sublitorales se encuentran sometidas a la intrusión salina por migración a través de los aluviones o por la intrusión salina en los ríos Tempisque y Bebedero. Esa intrusión favorece la floculación de los sedimentos en suspensión, y provoca el desplazamiento de un tapón de lodo durante la penetración y retiro de la onda de marea.

En las circunstancias geomorfológicas anteriores, la puesta en marcha del proyecto de riego, se considera en primer término, como una adaptación de la infraestructura al medio natural ya definido, y que hereda mucho de su comportamiento del área total de las cuencas incluídas, y en segunda instancia, constituye una modificación del comportamiento funcional del sistema natural en tanto que:

1. Utiliza el recurso hídrico extravertiente, es decir una entrada de energía y materia que afecta en primer término al régimen de humedad del área de riego.
2. Modifica el ciclo hidrológico al volver permanentes los flujos y minimizar las consecuencias temporales del estiaje.

3. Somete los depósitos fluviales de los lechos de los cursos fluviales a esfuerzos y desplazamientos diferenciales estacionalmente, pero constantes a lo largo del ciclo hidrológico.
4. Las nuevas condiciones del flujo hídrico ejercen acción hidráulica sobre riberas, conos de deyección inactivos y niveles consolidados de terraza y obras de infraestructura preexistentes.
5. Por otra parte, aumenta la migración de partículas en las zonas de flujo constante o esporádico de riego.
6. Los aportes suplementarios de agroquímicos pueden modificar el comportamiento de los sedimentos.
7. El uso insustituible de abonos e hierbicidas modifica la calidad bioquímica de las aguas, lo que puede afectar las poblaciones vegetales litorales y sublitorales, pudiendo liberar de este modo los depósitos de sedimentos estabilizados por comunidades de mangle (por ejemplo), con lo cual se aumentarían los problemas de sedimentación en el Golfo de Nicoya.
8. Las obras de canalización modifican el flujo superficial e hipodérmico en el suelo y las formaciones superficiales, por lo que pueden modificar eventualmente y localmente la dirección del flujo hídrico superficial.
9. Las actividades agropecuarias de tipo intensivo, sin prácticas de conservación, aumentan la viscosidad del agua, y consecuentemente su energía potencial al ponerse más sedimentos en circulación dentro del sistema fluvial.
10. Las rectificaciones de los cauces, corrección de meandros y desvío de corrientes pueden provocar la erosión regresiva y lateral (socavamiento de bancos), sino se controla la rugosidad del cauce modificado y la amplitud del lecho. Unica opción para regularizar el flujo en las tierras bajas, conjuntamente con las obras de consolidación de las riberas y áreas inundables aledañas, mediante la construcción de diques con materiales que resistan la competencia de carga en las áreas corregidas.

A pesar de que todo lo anterior es predecible, el balance socioeconómico y político de la aplicación del sistema de riego, se considera positivo, por lo que es necesario prever una metodología para corregir resultados negativos o bien para tomar las previsiones del caso antes de poner en ejecución las otras obras en las etapas subsiguientes del proyecto.

3. Recomendaciones

3.1. Una jerarquización de los objetivos del ordenamiento de los ríos y del sistema de canales.

Dicha jerarquización debe representarse cartográficamente y contendrá la siguiente información:

1. **Objetivos hidráulicos e hidrológicos:**
 - Esguerramiento de crecidas (lucha contra inundaciones y protección de lugares habitables
 - Drenaje de terrenos
 - Estabilización de lechos y recalibramiento
 - Mantenimiento de lechos y riberas
 - Construcción de reservas de agua y control de estiajes
 - Lucha contra la contaminación

2. **Objetivos de la utilización del agua:**
 - Riego
 - Pesca
 - Turismo
 - Hidroelectricidad

3. **Desarrollo turístico :**
 - Edificios o sitios interesantes
 - Polos turísticos a desarrollar
 - Sitios para acampar
 - Senderos terrestres a acondicionar

4. Acondicionamientos hidráulicos:
 - Represas
 - Umbrales en buen estado con producción hidroeléctrica
 - Estaciones de depuración
 - Estaciones de tratamiento de sedimentos

5. Otros:
 - Estaciones limnigráficas
 - Comunidades
 - Límites (cuencas político-administrativas, etc.)

Una vez jerarquizados y ubicados espacialmente esos objetivos, los estudios hidrogeomorfológicos se adaptarán a cada caso en particular. Pero de todas maneras es necesario el levantamiento cartográfico y las respectivas notas explicativas sobre:

El análisis morfodinámico de los lechos y fondo de valle.

La tipología geomorfológica y la ocupación previsible del suelo

3.2. Análisis morfodinámico de los lechos y fondos del valle

El estudio anterior nos enfrenta al medio natural global, ahora a este nivel se precisan los procesos que podrían afectar cualesquiera de los objetivos del ordenamiento de la cuenca a una escala mayor, 1:50 000 ó 10 000. El levantamiento incluye la siguiente información, a título de ejemplo:

1. Riberas y lecho menor:
 - Ribera estable, con vegetación
 - Degradación de la parte alta de la ribera
 - Ribera degradada
 - Ribera socavada
 - Ribera arcillosa
 - Degradación de la superficie aledaña a las riberas
 - Bancos de arenas y guijarros

- Umbral natural, aceleración de la corriente
- Arboles obstaculizando el escurrimiento
- Obstáculos

2. Lecho mayor, campo de inundación, valle:

- Canales de crecida
- Antiguas terrazas
- Zona de sobresaturación
- Banquetas estrechas
- Zona inundable
- Base de vertiente rocosa
- Valles de fondo plano, en "U", en forma de cuna
- Terraza antigua
- Cono antiguo
- Terraza antigua modelada en glacia
- Borde de terraza
- Abruptos del lecho mayor

3. Acondicionamientos existentes:

- Puente con relleno
- Vados en el lecho mayor
- Alcantarillas
- Diques
- Enrocamientos
- Drenes

4. Utilización agrícola:

- Cultivos
- Pastos
- Bosques

5. Otros

- Rutas
- Comunidades
- Límites

3.3. La tipología geomorfológica y la ocupación previsible del suelo

Explicación:

Este estudio incluye información geomorfológicamente útil de dos tipos de unidades: a. valle y b. interfluvios

En los valles se incluirá la siguiente información:

TIPOS DE VALLES

| Litología | Vertientes | Fondo | Lechos fluviales | Tipos de acondicionamientos hidráulicos deseados |
|------------------------------------|--|---|---|--|
| Tipo 1: <u>Valles altos</u> | | | | |
| Cristalina | Pendientes medias y reguladores con formaciones superficiales diversas | Lecho poco encajonado y fondo mal drenado | Lecho rocoso en formaciones superficiales de poco espesor | Consolidación ligera de vertientes, etc. |

Interfluvios: aquí se incluye la siguiente información:

| TIPOS DE INTERFLUVIOS | | OCUPACION DEL SUELO | | |
|-------------------------------|--|--|----------|--------|
| Modelado | Hidrografía | Campos agrícolas | Matorral | Bosque |
| Meseta de tobas e ignimbritas | Valles encajonados siguiendo líneas estructurales con flujo permanente y estiaje | Pastos de cobertura regular y cultivos anuales sin riego, etc. | | |

3.4. Aplicación de la metodología expuesta

Por ejemplo, en la jerarquización de los objetivos de ordenamiento ten-

dríamos que el río Las Palmas debe canalizarse y ampliarse su lecho mayor como una medida para controlar las inundaciones en Filadelfia.

El análisis morfodinámico del cauce y del fondo de valle permitiría la aplicación de medidas correctivas locales sobre aquellos depósitos y sitios que por una razón u otra favorezcan la inundación o bien disminuyan ese riesgo.

La tipología geomorfológica, nos mostraría un valle de fondo plano con vertientes de poco desarrollo con formaciones superficiales de gravas en el curso superior, arenas y limos. El fondo de valle presenta áreas periódicamente inundables y bancos laterales bajos, algunos con vegetación.

Los tipos de acondicionamientos aconsejables son: ampliación del curso, dragado de los depósitos de fondo y bancos, eliminación de la vegetación del fondo valle.

Analizando otra situación: el acortamiento de los meandros del río Tempisque en su curso inferior. Con fundamento en la metodología anterior, se hizo para corregir los desbordamientos del río Tempisque colmatado por sedimentos. Es decir, desbordamientos producidos por el levantamiento del lecho. Lo que trajo consigo, una vez establecido el nuevo cauce, un mejor aprovechamiento de las tierras de cultivo, afectadas por las inundaciones en el curso meándrico anterior.

La corrección se hizo con los mismos materiales limo-arenosos-arcillosos de la llanura de inundación y se construyó un canal sustituto con taludes verticales, andenes y diques de protección, cuyas dimensiones fueron calculadas teniendo en cuenta las máximas avenidas posibles aunque en la práctica no se pudo adecuar esas dimensiones al cálculo del diseño original, por la falta de recursos económicos.

La obra ejecutada muestra algunos problemas: socavamiento en los bancos laterales y desbordamientos entre el borde del banco y el dique construido con los mismos materiales del fondo valle. El problema del socavamiento lo ocasiona

na la presencia de una barra rocosa a inicios aguas arriba del canal que cambia la dirección y carácter del flujo, de laminar a turbulento, constituyendo así la génesis de un sistema meándrico muy incipiente; provoca una aceleración, por la turbulencia generada en el fondo del cauce, que podría generar una pequeña erosión de tipo regresiva aunque muy localizada. Como acondicionamiento aconsejable se recomienda la destrucción de la barra rocosa.

Los problemas ligados al desbordamiento del agua, aguas abajo del canal son producidos por el flujo acelerado en canal con mínima rugosidad que afecta a los bancos semiestabilizados. Desgraciadamente en esas áreas, los trabajos hidráulicos son sumamente costosos, y las soluciones incluyen más medidas de ajuste y adaptación que de control, lo cual puede realizarse sólo con un examen detallado de esa área de influencia, trabajo que hasta ahora no se ha hecho.

Como conclusión a estas reflexiones diremos que la única manera de controlar el impacto generado por el riego, y las necesidades eventuales del drenaje es mediante un estudio integrado de todo el área puesta bajo manejo. Las propiedades del aguase modifican en los campos de labor, allí es donde el conservacionista de los suelos juega su rol principal. El profesional forestal por su parte tendrá que adaptar sus recomendaciones al rol diferencial que juega el agua en áreas deficitarias de dicho elemento, sobresaturadas, o bien en aquellas definidas ecológicamente como de protección. Sin embargo, las tareas de los especialistas deben, en mi criterio, converger, en medidas para:

1. Controlar los efectos del desplazamiento del agua como flujo difuso o concentrado en condiciones que afecten el régimen normal del escurrimiento.
2. Retener las partículas movilizadas del suelo, en trampas y lagunas de decantación.
3. Controlar el superávit del caudal inmediato mediante obras de alivio, retención temporal y retención del flujo como medida para disminuir el riesgo de desbordamiento e inundación, para lo cual se requiere el estudio de la producción de agua en las cuencas, como dato básico para regular el flujo hídrico.

4. Prever la construcción de obras hidráulicas para el control del flujo, cuando las medidas anteriores sean insuficientes para controlar el caudal instantáneo de las avenidas, se recomienda el acondicionamiento de embalses pequeños de retardo de flujo hídrico y preparación de las lagunas de inundación periódica, para recibir y retener parte del superávit del caudal por tiempos cortos a fin de facilitar el drenaje normal de las aguas.
5. Garantizar la calidad bioquímica de las aguas para el mantenimiento de los ecosistemas tanto fluviales como litorales.

4. Bibliografía

- Bandes, T. y Duke, R. Recurso agua. CIDIAT, Mérida, 1984. 57 p.
- Bergoeing, J.; Brenes, L.G.; Malavassi, E. Geomorfología del Pacífico Norte, Costa Rica. Publicaciones U.C.R. 1983.
- Botero, L. La methodologie des études integrées pour l'aménagement des bassins. Université de Strasbourg, Centre de Géographie Appliquée, Strassbourg, 1970. 274 p.
- Cloots-hirsch, A.; Maire, G. Recherches methodologiques sur la Reseau Hydrographique de la Gartempe. Université Louis Pasteur, Strassbourg, 1980. 75 p.
- Coplanarh, Una metodología para estudios de conservación y ordenamiento de cuencas. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Caracas, 1972. 74 p.
- FAO. Guidelines for watershed management. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1977. 293 p.
- Linsley, R.; Franzinik, J. Ingeniería de los recursos hidráulicos. CECSA, México, 1972. 791 p.
- Goujon, B.; de Vergnette Benoit de Coimag. Conservación de suelos en regiones tropicales. CIDIAT, Mérida, 1981. 120 p.
- Trautmann, J. et al. Recherches géomorphologiques en América latine. En: Recherches géographiques, N° 10, Association Géographique D'Alsace, Strassbourg, 1979. 105 p.
- Tricart, J. Le modelé des régions chaudes forest et savvanes. Traite de Géomorphologie, Tome V., SEDES, París, 1974. 345 p.
- _____. Principles et Méthodes de la Geomorphologie. 1965. 496 p.
- _____. Géomorphologie applicable. Ed. Masson, París, 1978. 204 p.

D. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS, CAUSAS Y EFECTOS QUE TENDRA SOBRE LOS BOSQUES EL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE, (CONSIDERACIONES GENERALES)

Gamaliel Alvarado*

* Especialista Manejo de Bosques



1. Introducción

En el presente trabajo se describen los principales problemas que podría generar el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque sobre la cobertura forestal actual y potencial de la región; también se hacen algunas reflexiones sobre las posibles causas - efectos y se generan ciertas recomendaciones y estrategias que podrían eventualmente prevenir, controlar o reducir estos problemas. Lo anterior con el propósito de que sean considerados en los procesos de desarrollo del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, cuya responsabilidad básica recae sobre el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA).

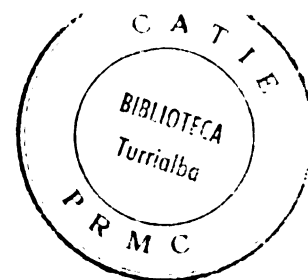
2. Metodología

Para determinar los principales efectos que sobre el bosque pueda provocar el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, se estudió la información básica del proyecto así como otras publicaciones relativas al tema. Posteriormente se realizó una gira de dos días a la región del Proyecto acompañado de funcionarios del CATIE, SENARA y los consultores de Morfología Fluvial y Vida Silvestre. Una vez conocido el Proyecto de Riego en forma general, se identificaron los aspectos más relevantes de la obra desde el punto de vista del manejo de los bosques, se evaluó el estado actual de los bosques de la región y se obtuvo la capacidad de uso mayor de la tierra. Finalmente haciendo uso de esta información básica se identificaron cada uno de los posibles efectos que eventualmente podría ocasionar el Proyecto de Riego sobre el bosque y se analizaron sus causas, efectos y alternativas de solución.

3. Aspectos relevantes del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque desde el punto de vista de manejo de bosques

Los efectos adversos del Proyecto de riego sobre los bosques actuales y potenciales de la región, pueden subdividirse en dos grandes grupos, según sea su acción directa o indirecta sobre la cobertura vegetal.

Dentro de las actividades directas del proyecto que pueden alterar la cobertura forestal tenemos las siguientes:



- La construcción de embalses, canales principales, redes de distribución y de drenaje, caminos sobre los bordes de los canales, drenajes de servicio y otras estructuras de derivación
- Promoción y desarrollo de la actividad agrícola y ganadera en la región sin una adecuada planificación de uso de la tierra a nivel de finca
- Modificación de los cauces de los ríos

La alteración de los bosques como consecuencia de las actividades indirectas del proyecto pueden deberse a:

- Incremento en la densidad de población local y de la actividad humana en la región
- Aumento de los niveles de sedimentos y contaminación con plaguicidas en los ríos
- Reducción de las poblaciones endémicas de bosques debido a la ampliación de la frontera agrícola y ganadera
- Establecimiento de modelos de explotación agrícola no apropiados para el desarrollo integral.

Desde el punto de vista del manejo de los bosques, existen también factores asociados que podrían afectar el desarrollo normal del proyecto, dentro de los cuales tenemos los siguientes:

- Existencia de fuertes vientos, durante los meses de noviembre a abril, que afectan a los cultivos agrícolas
- Incremento en los niveles de escorrentía acelerada, causando alta erosión en las áreas de captación y alta sedimentación, disminuyendo así la capacidad de almacenaje de agua para el funcionamiento del proyecto de riego
- Presencia de desbalances hidrológicos que reducen la disponibilidad de agua en épocas de mayor demanda
- Reducción del volumen total de agua para riego en las áreas de captación debido a la pérdida por evapotranspiración, interceptación y consumo por los bosques
- Pérdida de agua por el calor latente de vaporización
- Incremento en las poblaciones de plagas y enfermedades debido a la remoción de la vegetación natural.

4. Estado actual de los bosques de la región del Proyecto de Riego

Extensión total

De acuerdo con estudios realizados por el Instituto Geográfico Nacional a través de fotografías aéreas, se ha obtenido un mapa de cobertura vegetal actualizada a 1984, para la región del proyecto.

En el mapa se puede observar la existencia de varios rodales de bosque cuya extensión total es de aproximadamente una cuarta parte del proyecto (45.600 ha de un total de 187.000 ha).

Tipos de cobertura

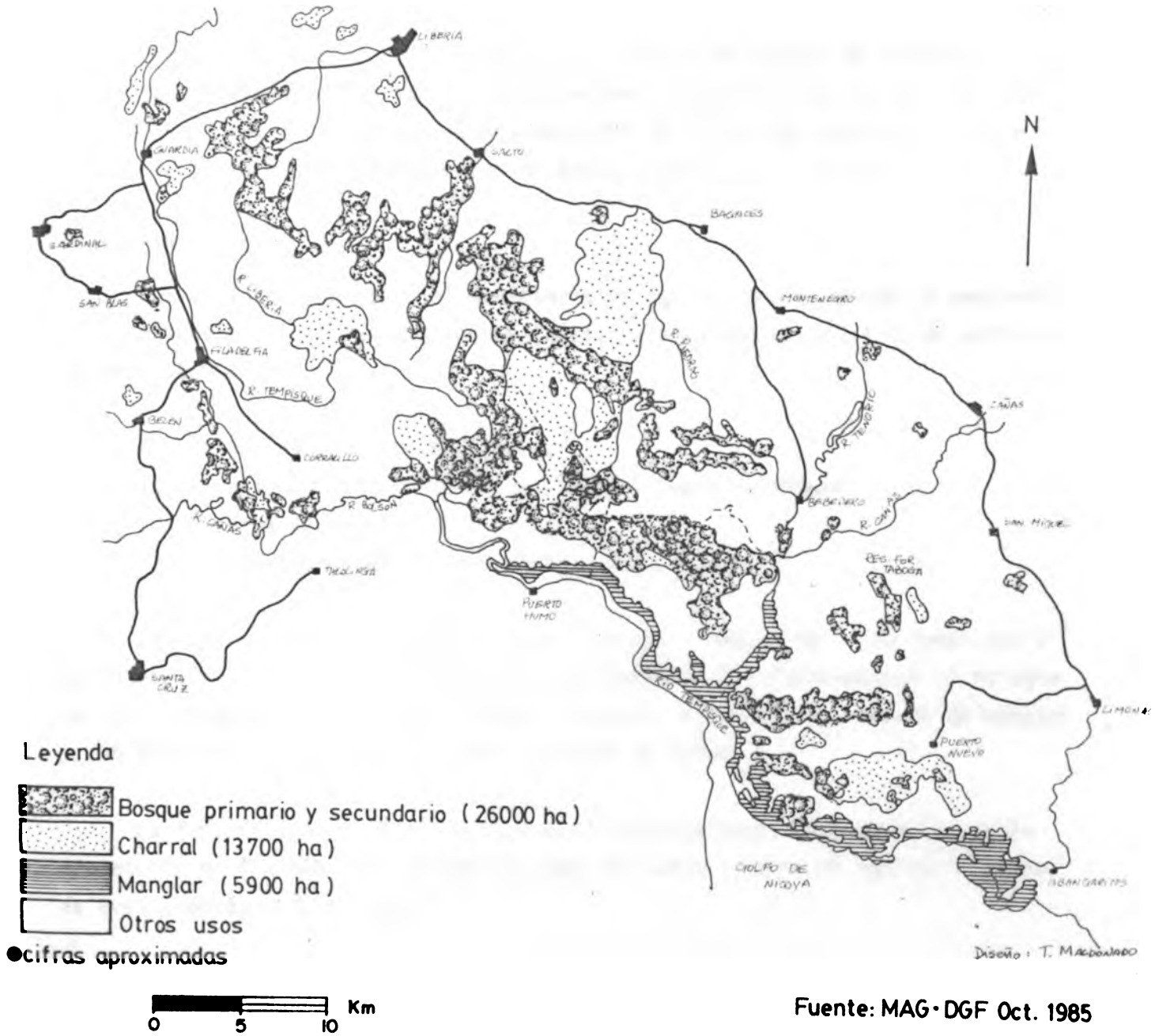
De acuerdo a su estado de sucesión natural, los bosques del área del proyecto han sido clasificados en dos categorías. La primera de ellas está constituida por bosques primarios y/o de segundo crecimiento que constituye aproximadamente un 57% de la cobertura forestal de la zona (26.000 ha). La segunda categoría corresponde al charral (vegetación que corresponde a las primeras etapas de crecimiento de bosque secundario) con una extensión aproximada de 13.700 ha. Finalmente tenemos otro tipo de bosque de características especiales por su efecto en la ecología marina que son los manglares, estos se encuentran bordeando al río Tempisque en las áreas costeras bajo la influencia de las mareas, cuya extensión total es de aproximadamente 5.900 ha.

Régimen de tenencia

De acuerdo con el mapa de fincas estatales, publicado por SENARA en el documento "Resumen proyecto de riego Arrenal-Tempisque", pertenecen al estado un 16.9 por ciento de los terrenos localizados dentro del proyecto, estando el resto de la propiedad bajo el régimen de tenencia de propiedad privada (155.385 ha). Del área neta regable pertenece al estado un 30 por ciento de los terrenos estatales aproximadamente 6.000 ha están cubiertas de bosque, charral o manglar.

Manejo de bosques

Los bosques existentes en la región, no están sometidos a ningún tipo de



Mapa 1 Uso actual de la tierra
 Area del Proyecto de Riego Arenal Tempisque

manejo científico, a pesar que la mayor parte de ellos constituyen la principal fuente de abastecimiento de madera, leña y postes de las haciendas de la localidad.

Para el aprovechamiento de la madera y otros derivados del bosque, los propietarios deben contar con la autorización correspondiente de la Dirección General Forestal, quien exige la presentación de planes de manejo del bosque, cuando se trata de aprovechamientos de áreas mayores a las 50 ha.

Protección legal

Por medio de decretos, el Ministerio de Agricultura y Ganadería mantiene bajo protección legal las siguientes áreas, cuya extensión total es de aproximadamente 19.254 ha.

- A. Parque Nacional de Palo Verde
- B. Refugio de Vida Silvestre Dr. Rafael Lucas Rodríguez
- C. Reserva de Manglares
- D. Reserva Forestal Enrique Jiménez Nuñez (Taboga)

Las dos primeras unidades se localizan en la región del río Tempisque y su extensión total es de 13.058 has de las cuales 7.354 corresponden al refugio de Vida Silvestre y 5.704 ha al Parque Nacional, 5.900 ha son reserva de manglar y 296 has corresponden a la Reserva Forestal de Taboga.

La función actual del refugio y del Parque Nacional está orientada a la protección de los hábitats necesarios para el mantenimiento de las poblaciones de aves y demás vida silvestre.

Las reservas de manglares cuya administración está a cargo de la Dirección General Forestal incluye todas las áreas de manglar del país, estando localizadas aproximadamente 5.900 ha dentro del área del proyecto Arenal-Tempisque.

El propósito fundamental de la creación de esta Reserva es la de proteger este importante ecosistema y su fauna asociada.

5. Capacidad de uso mayor de la tierra

De acuerdo con el mapa 2 de capacidad de uso mayor de la tierra elaborado por la Dirección General Forestal, aproximadamente 33.200 ha del área del proyecto debe ser destinada al establecimiento de cultivos permanentes y producción forestal; 1.400 ha a la protección de recursos naturales y cuencas hidrográficas incluyendo los manlares, 23.000 ha son consideradas como zonas bajas de protección con problemas de control de agua.

Las restantes 129.400 ha han sido clasificadas en tres tipos de uso: cultivos anuales, cultivos perennes y cultivos en limpio y pastoreo.

6. Descripción de los posibles efectos del proyecto, sobre la cobertura boscosa actual y potencial de la región

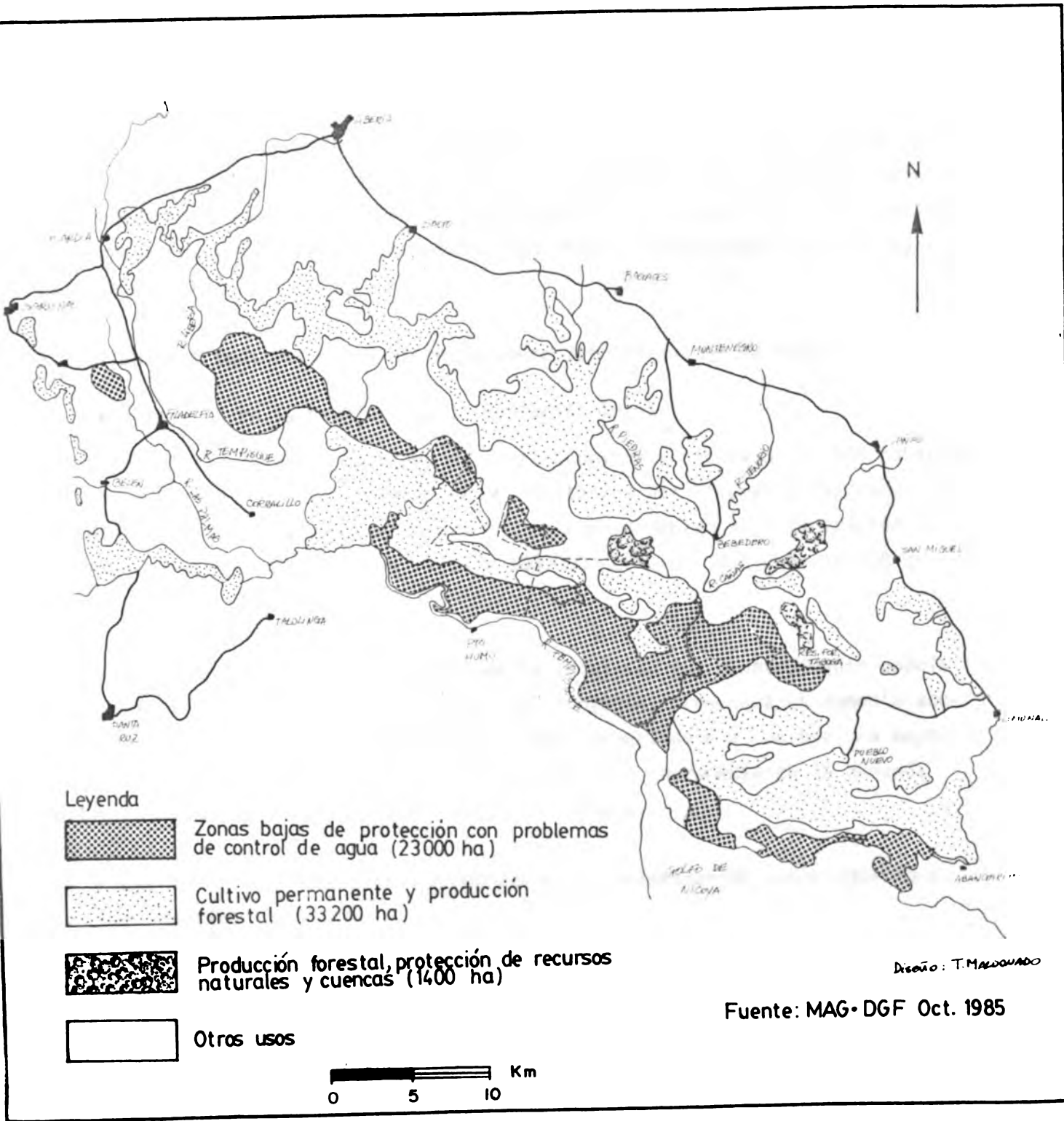
6.1. Efectos directos del proyecto sobre la actual y potencial cobertura forestal

•Efectos debidos a la Infraestructura:

Como consecuencia directa del establecimiento del embalse del Río Piedras, la construcción de 108 km de canales principales (42 km del Canal del Sur y 66 km del Oeste), 1.200 km de redes de distribución y drenaje, 1.040 km de caminos sobre los bordes de los canales, se estará afectando la cobertura forestal de la región, mediante la tala de aproximadamente 600 ha de bosque primario y/o secundario y de 120 ha de charral. Este impacto de carácter primario sobre el bosque coayudará a reducir la cobertura vegetal de la región.

. Impacto causado por el desarrollo agrícola y ganadero de la región

La expansión de la actividad agrícola y en mayor proporción la ganadera en la zona, ha surgido como consecuencia de una promoción histórica y existencia de ciertas ventajas comparativas en este tipo de actividad con respecto a otros usos alternativos de la tierra. Bajo este principio se han reducido aceleradamente nuestros bosques para dar paso a la actividad agrícola y ganadera, sin que medie una adecuada planificación del uso de la tierra.



Mapa 2 Capacidad de uso mayor de la tierra
 Area del Proyecto de Riego Arenal Tempisque



En la actualidad, el proyecto de riego Arenal-Tempisque abre nuevamente la alternativa de una expansión agrícola y pecuaria, la cual de no estar debidamente planificada a nivel de finca, atentará contra los limitados recursos forestales que aún persisten en la región, en especial sobre aquellos que no cuentan con ningún tipo de protección legal. Asimismo, esta promoción agrícola y ganadera hará que los actuales terrenos marginales que deberían ser sometidos a programas de reforestación sean sobre-explotados, acelerándose aún más su estado de marginalidad.

6.2. Impactos indirectos del proyecto sobre los bosques de la región

- Incremento en la densidad de la población local

La actual población asentada en el área del proyecto es de 56.805 habitantes, lo que representa un promedio de 30 habitantes por kilómetro cuadrado. Con el desarrollo del proyecto, se espera un incremento debido a la generación de nuevos empleos de 9.000 obreros fijos y 100.000 jornales, más unos 18.000 en servicios.

Este incremento en la población de la localidad que eventualmente podría ser superior debido al efecto locomotor del proyecto, provocará un aumento acelerado en la actividad humana de la localidad, generándose a su vez una mayor presión sobre los bosques de la región, debido a un incremento en la demanda de tierras y de productos y subproductos del bosque.

- Aumento en los niveles de sedimentación y contaminación con plaguicidas en los ríos

Las actividades propias del riego e incremento de la explotación agrícola y ganadera de la región, traerán como consecuencia aumentos potenciales en los niveles de sedimentación y contaminación con plaguicidas en los ríos, cuyo principal efecto desde el punto de vista forestal recaerá sobre las reservas forestales de manglar, las cuales están localizadas en el margen y desembocadura del Río Tempisque.

El efecto de la sedimentación y contaminación sobre los manglares dependerá

de los niveles potenciales de concentración de sedimentos y contaminantes, pudiendo en casos extremos llevar a una desaparición completa de este importante y frágil ecosistema y de sus recursos asociados.

- Reducción de las poblaciones endémicas de bosques

Dentro de los bosques naturales de la región, existen especies forestales con poca tolerancia a la alteración de su habitat natural y a otro tipo de contaminación. Con el proyecto de riego se modificará gran parte del ecosistema localizado dentro de las áreas de riego, de manera que las escasas poblaciones endémicas serán restringidas a ciertas áreas específicas, poniendo en peligro de extinción algunas especies de flora de la región, y en su lugar aparecerán otras especies menos deseables.

- Modelos de explotación agrícola a establecer en la región

La política de distribución de la tierra en el área del proyecto en unidades de producción de tamaño pequeño (10 has) y mediano (60-100 has), hace inaplicable los modelos de desarrollo integral a nivel de finca. Bajo esta política los beneficiarios del proyecto se ven en la obligación de desarrollar sistemas de producción basados en la actividad agrícola y ganadera para poder obtener los beneficios necesarios e inmediatos para subsistir. Bajo este principio es de suponer que los bosques residuales de la región serán eliminados con el propósito de ampliar la frontera agrícola y ganadera y los programas de repoblación estarán prácticamente ausentes, afectándose de esta forma el equilibrio ecológico de la región.

6.3. Efectos del manejo del bosque sobre el proyecto de riego

Existencia de fuertes vientos

Si la política de "manejo" de los bosques continúa siendo la eliminación de la cobertura forestal en el área de influencia del proyecto de riego, el problema de los vientos fuertes que azotan la región durante los meses de noviembre a abril se incrementarán, así como sus efectos negativos sobre los cultivos agrícolas.

- Incremento en los niveles de escorrentía y disminución de la capacidad de almacenamiento de agua del proyecto de riego

La posible desaparición de los bosques de la región debido a los efectos del proyecto, dará como resultado una acelerada escorrentía que causará alta erosión en las áreas de captación y alta sedimentación en las lagunas de almacenamiento, reduciéndose así la capacidad de retención del agua necesaria para el normal funcionamiento del proyecto de riego.

- Ocurrencia de desbalances hidrológicos

Asociado a la situación descrita en el punto anterior, la capacidad de intercepción y de almacenaje del agua de lluvias en las masas boscosas y subsuelo forestal, se reducirán significativamente, dando como resultado los desbalances hidrológicos cuyos efectos son de una alta erosión y sedimentación durante la época de lluvia y bajo volumen de agua disponible en la estación seca.

- Pérdida de agua por evapotranspiración, intercepción y vaporización

Del manejo adecuado de la cobertura forestal y de las condiciones climáticas prevalencientes en la región, dependen los niveles de pérdida de agua y consecuentemente su disponibilidad para los proyectos de riego.

La tala de los bosques disminuye el consumo de agua al eliminar los procesos de evapotranspiración e intercepción, creando de esta forma un mayor suministro total de agua en las áreas captadoras. El efecto contrario ocurre debido al proceso de vaporización, en donde el calor latente de vaporización causa la pérdida de agua del sistema, esta vez después de la eliminación de la vegetación.

- Incremento en las poblaciones de plagas y enfermedades

La completa remoción de la vegetación natural dentro del área del proyecto y sus alrededores, elimina el habitat de los predadores naturales, provocándose así un desequilibrio ecológico que pone en peligro los cultivos del proyecto o al menos puede encarecer sustancialmente la labor de protección contra plagas y enfermedades.

7. Recomendaciones y estrategias de solución

7.1. De los efectos directos del proyecto sobre la cobertura forestal

- Efectos debido a la infraestructura

Debido a que la disponibilidad de agua del proyecto de riego sobrepasa la demanda actual y que la pérdida por evapotranspiración, interceptación y consumo de la vegetación no son tan críticos, se debe estudiar la posibilidad de revestir con cobertura forestal los alrededores de los canales y redes de distribución preferiblemente con vegetación natural, de manera que ésta no afecte el desarrollo del proyecto y su mantenimiento. Sería además conveniente, durante la etapa de construcción, reducir al máximo la tala de la vegetación que rodea los canales.

En aquellos casos en donde el área útil para la explotación agrícola o ganadera se vea afectada por el establecimiento o mantenimiento del bosque, se puede pensar en desarrollar sistemas de reforestación de carácter productivo.

Es necesario estudiar con mayor detalle los posibles efectos sobre el mantenimiento de los canales que tendrá la cobertura forestal, así como la posible pérdida de agua. Otro factor a tener en consideración es el impacto que eventualmente podría tener la cobertura forestal sobre el revestimiento de los canales. Por ser la Dirección General Forestal el ente rector de la política forestal del país, es en esta institución donde recae la responsabilidad básica de dirigir y asesorar estas actividades de carácter forestal.

- Impacto del desarrollo agrícola y ganadero

Debe prestarse mayor atención a los programas de expansión agrícola y ganaderos y en general a los sistemas de planificación de uso de la tierra, de manera que se reserven las áreas cuya capacidad productiva sea la forestal.

El área del proyecto cuenta aún con suficiente cobertura forestal y existen muchos terrenos cuya capacidad de uso potencial es el de producción o protección forestal, por lo consiguiente deben unificarse los criterios y establecer mecanismos formales que garanticen la conservación de estos recursos (Mapa 3).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) y el SENARA deben participar activamente en la planificación integral del uso de la tierra de la región tanto a nivel global como a nivel de finca y establecer mecanismos que aseguren su ejecución. Estas acciones deben de ponerse en práctica antes de hacer efectiva la distribución de la tierra.

7.2. Efectos indirectos del proyecto sobre los bosques de la región

- Incremento en la densidad de población

Mediante la adecuada planificación del uso de la tierra y estudios detallados de la flora y fauna de la región, se podrán definir con mayor precisión los ecosistemas naturales que deberá protegerse y su categoría de manejo correspondiente. De la misma manera se podrá establecer y desarrollar unidades productoras de recursos forestales, los cuales no sólo satisfagan las demandas de madera, leña, recreación y otros, sino que además contribuyan a mantener el equilibrio ecológico en la región.

Estas acciones deben llevarse a cabo a la mayor brevedad posible, con el propósito de hacer coincidir los programas de riego con el uso óptimo de los recursos. La participación activa del IDA y de las diferentes direcciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería son básicas en la realización de estas acciones.

- Aumento en los niveles de sedimentación y contaminación con plaguicidas en los ríos

La sedimentación de los ríos se puede controlar mediante la puesta en práctica de sistemas apropiados de conservación de suelos que deben ser establecidos por los especialistas en este campo. También el restablecimiento de la cobertura forestal natural en aquellas áreas marginales para la agricultura y ganadería podrán disminuir sustancialmente los niveles de sedimentación.

La contaminación con plaguicidas podrá ser reducida mediante una adecuada reglamentación de uso de este tipo de productos y poniendo en práctica, a la mayor brevedad posible, un programa permanente y eficiente de asesoramiento y



y control a nivel de campo.

El estudio constante del comportamiento del ecosistema de manglar nos permitirá conocer mejor los efectos de los contaminantes y de los problemas de sedimentación, a la vez que nos permitirá establecer medidas correctivas, siempre que el impacto no alcance niveles críticos que puedan llevar a una desaparición completa de este importante ecosistema.

Nuevamente las Direcciones especializadas del Ministerio de Agricultura y Ganadería serán las llamadas a participar en la solución de este tipo de problemas, así como las Universidades a través de sus diferentes programas de investigación.

- Reducción de las poblaciones endémicas de bosques

Para reducir la posible desaparición de parte del patrimonio forestal del país, se debe profundizar el estudio de las poblaciones forestales que aún prevalecen en la región y establecer posteriormente los mecanismos de protección formal de estas especies.

La aplicación eficiente de la legislación forestal del país podrá contribuir activamente a solucionar este problema en especial los artículos 73 y 84 que dicen: Artículo 73: "todo dueño de tierras destinadas a fines agropecuarios y que no sean inferiores a cinco hectáreas, tiene la obligación de destinar por lo menos un 5% de su terreno, a la reforestación y lo hará de común acuerdo con la Dirección General Forestal, a fin de destinar para ese fin los terrenos más quebrados e inconvenientes para otras siembras; cuando el Ministerio de Agricultura aplique esta disposición, deberá proporcionar el almácigo de las plantas que la experiencia determine como mejores para la zona, en cuanto a calidad y rápido crecimiento".

Artículo 84: "se declaran zonas protectoras:

1. Las áreas que se encuentran bordeando los manantiales que nacen en los cerros, en un radio de sesenta metros, o de cincuenta metros, si los manantiales nacen en terrenos planos; y

2. Una zona mínima de cinco metros en la ribera de los ríos, arroyos, lagos, lagunas o embalses naturales".

De manera que la solución a este problema cuenta con fundamento legal, solo resta su aplicación por parte de los organismos correspondientes.

- Modelos de explotación agrícola a establecer en la región

El Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), debe analizar a profundidad los modelos de desarrollo agropecuarios que promueve y no olvidarse de la existencia de otras alternativas de producción de carácter integral y comunal que podría en un futuro traer mejores resultados para la ciudadanía costarricense.

Los modelos de parcelación de pequeño tamaño atentan contra los recursos forestales de la región y el desarrollo futuro de este importante sector, además de contribuir al desequilibrio ecológico de la región de no atenderse debidamente las ventajas y debilidades del sistema.

7.3. Efectos del manejo del bosque sobre el proyecto de riego

- Existencia de fuertes vientos

La solución a este problema está íntimamente relacionado con lo referente a la aplicación eficiente de la Ley Forestal. De manera que el Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene los fundamentos legales y en su mayor parte los técnicos para emprender un programa que de solución a este problema, solo resta la decisión política y el otorgamiento del financiamiento adecuado a la Dirección correspondiente.

- Incremento en los niveles de escorrentía, disminución de la capacidad de almacenamiento del agua del proyecto de riego y ocurrencias de desbalances hídricos.

La solución a este problema está en mantener una adecuada cobertura forestal natural que regule el régimen hídrico de la región. Para ello será necesario hacer los estudios técnicos correspondientes para determinar las áreas que

deberán mantenerse bajo cubierta forestal y las que deberán ser reforestadas (Mapa 4).

El SENARA debe pedir formalmente a la Dirección General Forestal, con los fundamentos del caso, que se congelen los permisos de corta de los bosques localizados en el área del proyecto, hasta tanto no se cuente con los estudios correspondientes que definan claramente la mejor alternativa de manejo del recurso bosque para bien del proyecto.

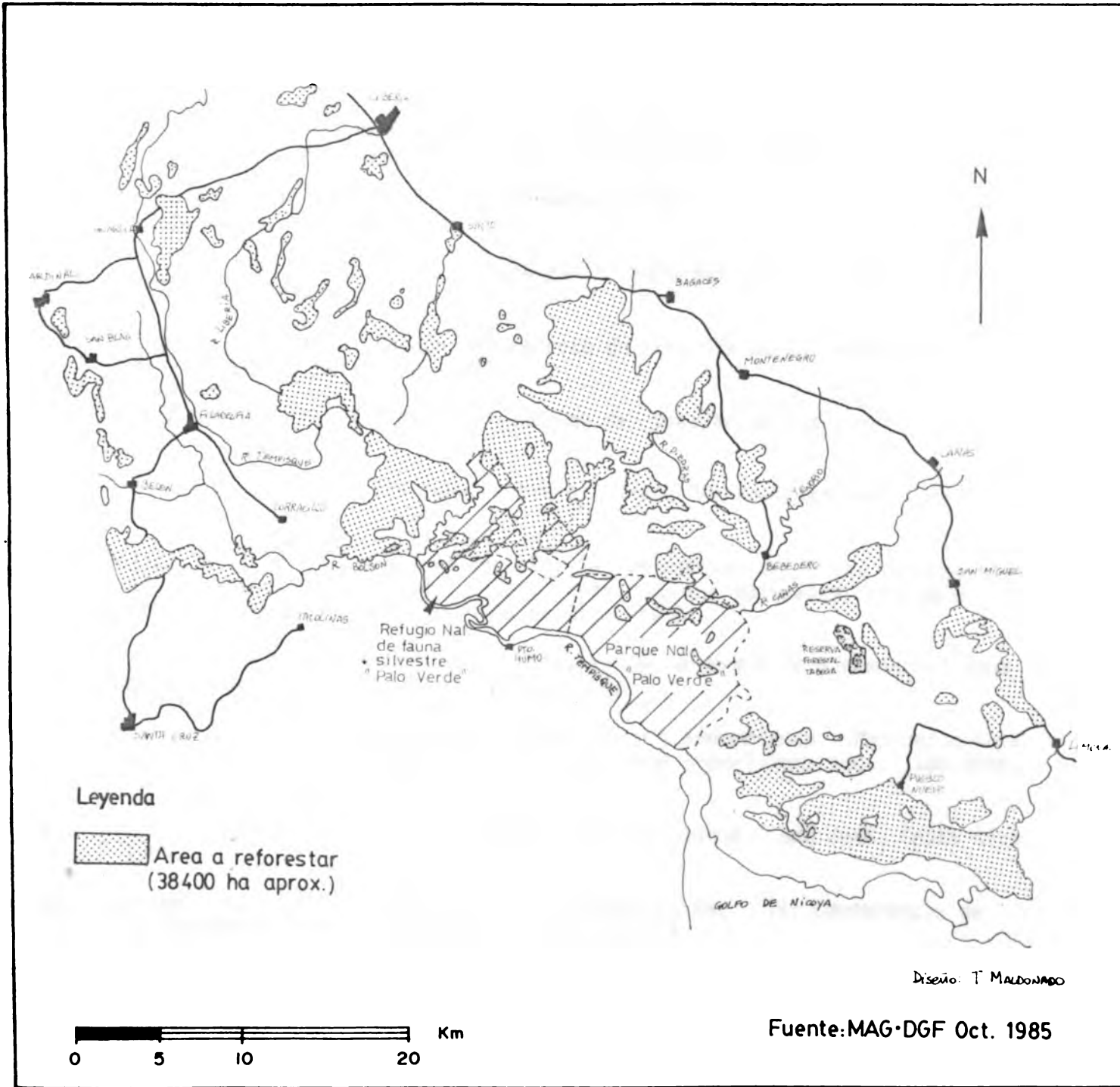
- Pérdida de agua por evapotranspiración, interceptación y vaporización

Muchos son los efectos ventajosos así como las desventajas que el bosque tiene sobre la disponibilidad de agua para riego. El establecer un equilibrio apropiado entre estos efectos negativos y positivos es la solución más factible al problema de pérdida de agua. Sin embargo, a mediano plazo la pérdida de agua del sistema no parece ser un problema serio, debido a que la oferta de este líquido supera la demanda. Esto es ventajoso debido a que los organismos correspondientes tendrán el tiempo suficiente para establecer soluciones probables a estos problemas futuros.

- Incremento en las poblaciones de plagas y aumento de las enfermedades

Nuevamente el mantener una cobertura forestal apropiada para el normal funcionamiento del habitat natural de la región, reducirá la aparición potencial de nuevos brotes de plagas y enfermedades en la localidad.

Los estudios técnicos recomendados para su realización nos ayudarán a definir la cantidad y las características del bosque que sea necesario proteger.



Mapa 4 Areas a reforestar
Area del Proyecto de Riego Arenal Tempisque

8. Bibliografía

1. Cáceres Moreno, Gerardo. Algunos aspectos del problema hidrológico de la cuenca del Canal de Panamá. CATIE. Costa Rica, 1979.
2. Centro Científico Tropical. Areas potenciales para la conservación de recursos naturales en Costa Rica. San José, Costa Rica, 1982.
3. Dirección General Forestal. Ley Forestal N° 4465 del 25 de noviembre de 1985, San José, Costa Rica.
4. _____. Reglamento a la Ley Forestal N° 4465 del 25 de noviembre de 1985. San José, Costa Rica.
5. Gaceta N° 179. Modificación del decreto de creación de la Reserva Biológica de Palo Verde, Setiembre, 1975.
6. Gaceta N° 101. Modificación del decreto de creación de las Reservas de Manglar, Mayo, 1985.
7. Hagnaver A. Wener. Reflexiones sobre el futuro del Pacífico Seco, Julio, 1978.
8. Mojica, H. Ivan. El problema social y la administración de las cuencas hidrológicas ante la crisis del agua y otros recursos naturales renovables. CONICIT-INTERCIENCIA-SCTIEC. Costa Rica, 1979.
9. _____. La tala y manejo de los bosques con un medio de aumentar el agua de las cuencas. CATIE, Costa Rica, 1975.
10. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento. Propuesta para el desarrollo acelerado del proyecto de riego Arenal-Tempisque. San José, Costa Rica. Junio 1984.
11. _____. Resumen proyecto de riego Arenal-Tempisque. San José, Costa Rica, 1985.
12. Pannier, Federico. Los manglares de nuestras costas. III Conferencia de las Naciones Unidas sobre derecho del mar, s.f.
13. Tillman, E. Robert. Environmental Guideliner for Irrigation, Millbrook, New York, 1981.
14. Zarate, H., Eladio. Comportamiento del viento en Costa Rica. Instituto Metereológico Nacional, 1978.

ANEXO. Decretos de creación de áreas protegidas localizadas en la zona del Proyecto de Riego.

Para más información sobre las áreas protegidas localizadas en la zona del proyecto de riego, véase los siguientes decretos de ley, publicados en La Gaceta:

- . Decreto Ley no. 8474 - A, creación Reserva Forestal Taboga.
La Gaceta no. 98, 23 mayo 1978.
- . Decreto Ley no. 10535 - A, modificación de la denominación de la Reserva Biológica de Palo Verde. La Gaceta no. 179, 25 septiembre 1979.
- . Decreto Ley no. 12586 - A, ampliación del Refugio de Fauna Silvestre Dr. Rafael Lucas Rodríguez. La Gaceta no. 95, 20 mayo 1981.
- . Decreto Ley no. 15402 - A, texto anexo a Ley Forestal.
La Gaceta no. 101, 28 mayo 1984.

E. SECTOR AREAS SILVESTRES Y VIDA SILVESTRE

Guillermo Canessa*

* M. Sc., Especialista en Manejo de Recursos Naturales

1. Introducción

Dentro de los Términos de Referencia establecidos para el presente Caso de Estudio, me corresponde analizar los aspectos referentes a las áreas silvestres y la vida silvestre en la región de estudio. Además de revisar los estudios efectuados por el Centro Científico Tropical, se consultó una serie de documentos relevantes a las áreas silvestres y la fauna silvestre presentes en la región y se efectuó una gira de dos días en compañía de otros consultores sectoriales y coordinadores del proyecto.

Se analizan las áreas silvestres y la vida silvestre y se establecen las respectivas recomendaciones para el área.

Dado el limitado tiempo, las recomendaciones, en algunos casos, serán generales, por lo que se requerirá profundizar más en las etapas subsiguientes de manera que se logre una verdadera integración de los aspectos de conservación al desarrollo del proyecto propuesto.

2. Areas silvestres

Dentro del área de estudio existen en la actualidad dos unidades de conservación, estas son: el Refugio Nacional de Fauna Silvestre Dr. Rafael Lucas Rodríguez Caballero, establecido por el Decreto Ejecutivo N° 6942-A del 18 de abril de 1977 y ampliado posteriormente por el Decreto Ejecutivo N° 12586-A del 24 de abril de 1981, comprendiendo un área total de 7.524 hectáreas; y el Parque Nacional Palo Verde, establecido por el Decreto Ejecutivo N° 1141-A del 30 de mayo de 1980, con un área inicial de 9.400 hectáreas, segregándosele posteriormente 2.000 hectáreas mediante la Norma Presupuestaria N° 65 aprobada dentro del Presupuesto Ordinario de 1984. Las unidades de conservación antes citadas se encuentran administradas por la Subdirección General de Vida Silvestre y la Dirección General de Parques Nacionales respectivamente, y están localizadas dentro de lo que se ha denominado Zona Ecológica en el estudio realizado por Bel Ingeniería.

Existe actualmente una propuesta realizada por el Programa de Patrimonio

Natural de Costa Rica, de la Fundación de Parques Nacionales, para establecer una nueva unidad de conservación en el sitio conocido como Lomas Barbudal, sobre la que no se ha tomado aún ninguna decisión.

El sitio propuesto se encuentra coprendido dentro del área de estudio, pero no está incluido dentro de la Zona Ecológica del proyecto. Un sector del área recomendada por el Programa de Patrimonio Natural de Costa Rica, ha sido objetado por SENARA (lo que corresponde a un corredor que une esta unidad con el refugio de fauna silvestre), y otro sector ha sido objetado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (IDA), específicamente al norte de la Lomas Barbudal, por donde escurre el río Cabuyo, por ser esta una área previamente adjudicada por la institución a varios parceleros.

En respuesta a los términos de referencia me permito señalar lo siguiente:

Las condiciones ambientales en el Parque Nacional Palo Verde y en el Refugio Nacional de Fauna Silvestre, dependen en gran medida de su régimen hidrológico. Las inundaciones periódicas e intrusión de sal junto con fuertes precipitaciones pluviales y con altos niveles de agua en el mar y ríos, generan un patrón característicos de diversos hábitats, tales como pantanos, ciénagas, estanques y lagunas, siendo estas áreas bien conocidas por su abundante variedad de aves (4). Cualquier actividad que afecte su régimen hídrico, su salinidad o su temperatura, lo mismo que la presencia de biocidas afectará la composición y distribución de especies, al igual que sus hábitos alimenticios y reproductivos.

La construcción del nuevo poblado de Bagatzí, en las cercanías del refugio, constituirá una presión directa sobre el mismo, aumentando potencialmente la cacería furtiva y el comercio ilegal de fauna, lo mismo que el peligro de que se generen incendios forestales no controlados que pongan en peligro tanto el habitat, como la seguridad de los funcionarios estatales y visitantes que se encuentren en el refugio.

Existe la necesidad de crear nuevas unidades de conservación, lo mismo que aumentar las existentes y lo que proceda se señala en las recomendaciones.

2.1. Recomendaciones referentes a las Areas Silvestres

- a) Ampliar el área del Refugio Nacional de Fauna Silvestre de acuerdo a lo señalado en el Plan de Manejo y Desarrollo del Refugio Nacional de Fauna Silvestre Dr. Rafael L. Rodríguez (Palo Verde).
- b) Reintegrar la sección segregada al Parque Nacional Palo Verde, específicamente lo comprendido al sur de los cerros de la Fila Catalina y la Laguna Nicaragua y lagunas adyacentes al río Bebedero para asegurar la integridad del área propuesta como parque nacional.
- c) Legislar para que se proteja el resto del área comprendida dentro de llamada Zona Ecológica del proyecto que aún no está incluida bajo ninguna categoría de manejo.
- d) Declarar como Refugio Nacional de Fauna Silvestre: Reserva Biológica el sitio Lomas Bardudal, redefiniendo sus límites, aceptando las objeciones dadas por el SENARA, pero manteniendo incluida el área objetada por el IDA, puesto que implica la protección del río Cabuyo y áreas de sabanas de comprobada importancia biológica para un grupo de especies, especialmente insectos propios de esta zona y algunos endémicos de este sector.
- e) Establecer áreas de conservación en el área occidental del río Tempisque, de acuerdo a la propuesta del Centro Científico Tropical, específicamente las lagunas de Matarredonda, Corral de Piedra, Sonzapote y las lagunas del río Cañas.
- f) Restaurar, utilizando métodos artificiales, las condiciones hídricas del sector noreste del refugio (Laguna de Poza Verde), importante sitio de alimentación de muchas especies acuáticas, especialmente patos y del Galán sin Ventura, cuyo habitat ha sido alterado por la modificación del cauce del río Tempisque en el sector noreste del refugio.
- g) Diseñar el curso de las aguas utilizadas en el proyecto de riego, de manera que estas no incidan directamente sobre las áreas de conservación establecidas.



- h) Diseñar un programa de educación ambiental para ser aplicado en el poblado de Bagatzí para evitar acciones contraproducentes para la conservación de las áreas silvestres establecidas, especialmente el Refugio, y en cambio organizar a sus habitantes de manera que obtengan beneficios producto del turismo científico que se desarrolla en la zona.

3. Vida silvestre

La fauna silvestre, al igual que la flora silvestre, han sufrido en la región de Guanacaste una severa disminución, principalmente a causa de la pérdida de hábitats (deforestación y drenaje de zonas húmedas) como por la presión de cacería, ya fuese esta con fines de alimentación o por deporte.

El cambio de uso de la tierra, para dedicarlo a una ganadería extensiva y el monocultivo de arroz, la caña, el sorgo y el algodón, por otro lado, sustituyeron los bosques, con la consiguiente disminución del habitat reproductivo y alimenticio de muchas especies, destacándose entre ellos los felinos, las dantas, algunos primates y aves características de la zona de vida del Bosque Seco Tropical, predominante en la región.

El uso indiscriminado de plaguicidas ha afectado ya muchas especies, principalmente aquellas que dependen de los ecosistemas acuáticos o las que han sido consideradas dañinas (plagas) para los cultivos tradicionales en la región, por lo tanto su uso debe ser estrictamente controlado.

La zona de estudio, alberga un importante número de especies, consideradas tanto a nivel nacional como internacional, en peligro de extinción o con poblaciones reducidas y que cualquier alteración del habitat pondría seriamente en peligro su existencia. De allí que un proyecto de riego como el propuesto para la región debe ser cuidadosamente diseñado y ejecutado, de manera que se tomen en consideración todas las alternativas tendientes a disminuir y evitar un efecto negativo irreversible. Es bien sabido que en este tipo de proyectos se pueden generar impactos sobre las especies de plantas y animales más allá de los límites del proyecto mismo, como es el caso del Golfo de Nicoya.

El Cuadro 1 muestra las principales especies que se consideran en estado crítico en la actualidad, situación que se verá reforzada tanto por las actividades provenientes del proyecto de riego, como por el establecimiento de asentamientos campesinos en las cercanías de las áreas de conservación.

| Especies | Efectos | Pérdida de habitat boscoso | Pérdida de habitat acuático | Cacería | Causas de plaquicidas | Captura para comercio | Eliminación por considerarse dañino |
|-------------------------|---------|----------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| VENADOS | | | | X | | | |
| SAINOS | | | | X | | | |
| CANTAS | | X | | X | | | |
| COYOTES | | | | X | | | X |
| MONOS | | X | | | | X | |
| FELINOS | | X | | X | | X | X |
| ARMADILLOS | | | | X | | | |
| TEPESCUINTLES-GUATUZAS: | | X | | X | | | |
| ANFIBIOS Y REPTILES | | | | X* | | X* | X* |
| PATOS | | | X | X | | | X* |
| GARZAS | | | X | | | | X* |
| CIGUEÑAS | | | X | | | | |
| AVES VADEADORAS | | | X | | | | |
| PAVONES | | X | | X | | | |
| LOROS Y LAPAS | | X | | | | X | |
| PERICOS | | X | | | | X | X |
| AVES RAPACES | | X | | | | | X |
| PALOMAS | | | | X | | | X* |
| AVES FRUGIVORAS | | X | | | | | |
| PECES | | | X | | | | |

Cuadro 1. Algunas especies y grupos de especies presentes en el área de estudio, y principales causas en detrimento de sus poblaciones.

* No incluye a todas las especies del grupo.

Considerando los términos de referencia:

Los efectos del proyecto de riego pueden causar serios disturbios en el régimen hídrico tanto en el refugio como en el parque nacional existente. Cerca de sesenta especies de aves acuáticas presentes en el área se encuentran totalmente adaptadas a las condiciones de estacionalidad características de la región, por lo que tanto el exceso de agua como su ausencia afectarán los hábitos alimenticios y reproductivos de esas especies.

Los cambios en el volumen de agua y en los sistemas de drenaje del río Tempisque pueden ocasionar serios problemas de erosión y transporte de sedimentos, afectando las márgenes del río, los bancos arenosos y la existencia de islotes tales como Isla Pájaros e Isla San Pablo, sitios considerados como los más importantes para la reproducción de aves acuáticas en Costa Rica, algunas en vías de extinción como la garza rosada. Hay que considerar también que en las márgenes del río Tempisque anidan cocodrilos, caimanes, iguanas y otras especies en peligro de extinción a nivel mundial.

Los ecosistemas acuáticos localizados en el área oriental del río Tempisque serán más vulnerables a inundaciones con el consiguiente detrimento de su habitat. Estas áreas, como fue citado anteriormente y en concordancia con lo planteado por el Centro Científico Tropical (2), deberán ser protegidas de los efectos adversos del potencial cambio en el régimen hídrico causado por el proyecto a través de sus diferentes etapas de desarrollo.

Los cambios en la densidad humana en un sitio determinado, generalmente tienen efectos adversos sobre las comunidades naturales y las poblaciones de fauna silvestre adyacentes. La necesidad de espacio habitacional, alimentación, agua potable y energía, lo mismo que la producción de desechos y aguas negras, si no son debidamente planificados y tratados, de seguro que constituirán futuros problemas sobre el refugio. Es predecible un aumento en la presión de cacería, especialmente de algunas especies tales como los venados, saínos, tepezcuintles, guatusas, armadillos y algunas aves de bosque. Debe también tenerse en cuenta el incremento natural de la población del sitio de Bagatzí, que con el transcurso de los años podría ejercer una presión sobre áreas incluidas dentro del refugio

para ser destinadas a otros usos no consecuentes con los fines de conservación que persigue el establecimiento del refugio.

Se han demostrado fehacientemente los efectos negativos que causan el uso de plaguicidas en la fauna silvestre y aún en el ser humano, en especial, el uso de sustancias organocloradas, organofosforadas y fungicidas, las cuales subsisten mucho tiempo en el medio ambiente y se esparcen muy fácilmente, eliminando también controladores naturales de las especies que se quieren eliminar (5).

Las prácticas de rociado aéreo, según Emmel (3), utilizado en la agricultura del maíz en gran escala, se traduce en una evaporación tan extensa que no más de un 5% del rociado del plaguicida llega efectivamente al campo de maíz. El resto es desplazado por las capas inferiores de la atmósfera a regiones adyacentes.

Las áreas de marismas, lagunas y pantanos actúan como un eficiente reservorio de plaguicidas, los cuales se acumulan tarde o temprano en la base de las cadenas alimenticias, favoreciendo fuertes concentraciones en los consumidores secundarios y terciarios.

Los efectos de cantidades subletales sobre la vida silvestre a través de contacto directo o por ingestión de alimentos contaminados, no necesita ser continua para que afecte de un modo u otro a las poblaciones. Se cree que la ingestión de plaguicidas es la fuente primaria de exposición para aves y mamíferos terrestres y marinos (5). Investigadores han demostrado que el uso de los plaguicidas afecta el éxito reproductivo de muchas especies, llevándoles incluso al borde de la extinción.

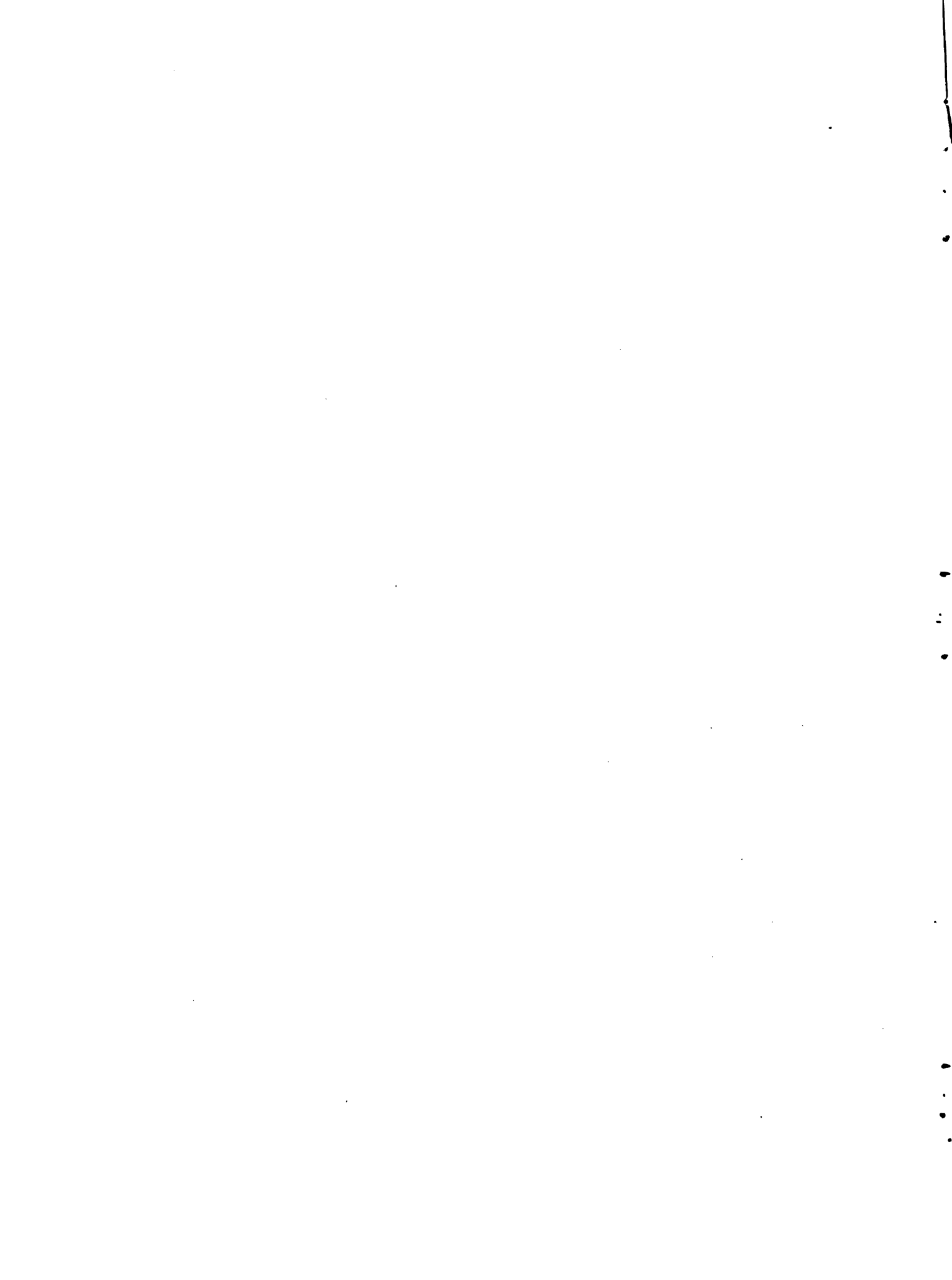
El notable incremento en el uso de biocidas y fertilizantes producto del desarrollo del proyecto de riego en la cuenca baja del río Tempisque, hace necesario considerarlo como el principal y más complejo problema de manejo a observar.

Aunque no corresponde a esta sección tratar el efecto de los agroquímicos sobre el Golfo de Nicoya y las áreas de manglares en el presentes, hay que seña-

larlo como el sitio de mayor riesgo, ya que en el se reproducen y desarrollan especies marinas de gran importancia económica para el país y la desaparición y alteración de sus hábitats tendrá repercusiones muy considerables.

3.1. Recomendaciones referentes a la vida silvestre

- a. Diseñar el sistema de canales de riego, de manera que se evite el verter directamente las aguas cargadas de sedimentos y agroquímicos sobre las áreas pantanosas del refugio de fauna silvestre y del parque nacional, tratando de que las mismas sean canalizadas hacia los ríos Tempisque y Bebedero exclusivamente.
- b. Realizar los trabajos necesarios para el "reencauzamiento" del río Tempisque en el sector noreste del refugio, de manera que no incremente la erosión ni la sedimentación de las márgenes del río aguas abajo de la isla Pájaros y la isla San Pablo y el posible incremento de inundaciones en las tierras bajas del área occidental del río Tempisque (lagunas de Corral de Piedra, Sonzapote, etc.).
- c. Llevar a cabo las medidas de manejo necesarias para restaurar el régimen hídrico de las lagunas ubicadas en el sector noreste del refugio (Laguna Poza Verde) afectada por las modificaciones en el río Tempisque, de manera que se asegure la permanencia de agua en la misma, inclusive durante la época seca, por constituir ésta un sitio importante para especies como el Jabirú, los garzones y varias especies de patos que la utilizan, al secarse completamente las lagunas ubicadas en el refugio y el parque nacional Palo Verde.
- d. Desarrollar programas de orientación para los "asentados" en Bagatzí, dirigidos hacia una mejor comprensión de su nuevo ambiente y de los cambios esperados a causa de su nuevo estilo de vida.
- e) Desarrollar programas de prevención sanitaria sobre posibles nuevas enfermedades, producto del desarrollo de proyectos de riego, informándolos adecuadamente de los peligros potenciales y la forma de prevenirlos.



- f. Dotar a la población de Bagatzí de un sistema de agua potable y de tratamiento de desechos y aguas negras, de modo que no causen efectos adversos sobre el medio ambiente.
- g. Desarrollar cursos de capacitación a los pobladores sobre técnicas de control de erosión, de manejo de aguas, de bosques, de fauna, de agricultura y de ganadería.
- h. Planificar y desarrollar el programa de educación ambiental, en colaboración con diversas instituciones conservacionistas gubernamentales y no gubernamentales, para el nuevo poblado, de manera que este asentamiento no afecte negativamente los recursos naturales protegidos por la unidad de conservación establecida.
- i. Organizar a través de la Subdirección de Vida Silvestre un sistema de control de vigilancia eficaz, que permita el estricto cumplimiento de la legislación de conservación de la vida silvestre.
- j. Establecer en el poblado un Centro de Información para visitantes nacionales y extranjeros, sobre los recursos naturales y culturales de la región.
- k. Desarrollar un programa de capacitación en artesanía, para los pobladores de Bagatzí (con énfasis en el sector femenino), con el propósito de que los turistas puedan adquirirlos, constituyendo esta actividad un ingreso adicional a la economía local.
- l. Estudiar la posibilidad de construir un hotel-albergue en el poblado administrado por una Junta Comunal, que presente las facilidades mínimas adecuadas para la permanencia de turistas que deseen visitar por varios días tanto el refugio como el parque nacional y la reserva biológica.
- m. Promover, en coordinación con la Subdirección de Vida Silvestre, el establecimiento de zocriaderos de algunas especies silvestres propias de la zona, para efectos de consumo familiar y disminuir de esa forma la presión de caza sobre las poblaciones de fauna silvestre residentes y migratorias.

- n. Estudiar la factibilidad de construir estanques para peces, con el fin de proveer proteína animal adicional en la alimentación de los pobladores de Bagatzí.
- o. Iniciar, al más corto plazo posible, un Programa de Registro de Datos Ambientales (Monitoreo Ambiental) para prevenir posibles cambios climáticos, concentraciones peligrosas de plaguicidas, procesos de salinización, sedimentación, erosión, cambios en las densidades de las poblaciones de especies silvestres, especialmente aquellas que estén en peligro de extinción o con poblaciones reducidas.
- p. Solicitar a la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería que establezca un sistema de supervisión eficiente, que permita controlar la adecuada utilización de agroquímicos, tratando de eliminar el uso de aquellos pertenecientes al grupo de organoclorados, organofosforados, fungicidas no biodegradables, sustituyéndolos en lo posible por biodegradables y recomendando a la vez la utilización de prácticas culturales que permitan un control natural de las hierbas y cuando sea posible el desarrollo de técnicas de control biológico.
- q. Evaluar adecuadamente la introducción de nuevos cultivos en el área que puedan ocasionar la presencia de nuevas especies dañinas (plagas) no existentes anteriormente.
- r. Limitar en lo posible el uso de agroquímicos persistentes durante las épocas de llena en los meses de marzo y octubre, períodos en los cuales las mareas altas penetran en las lagunas del refugio y del parque nacional, con el fin de minimizar su impacto sobre las comunidades acuáticas de esas unidades de conservación.
- s. Con la asesoría de la Subdirección de Vida Silvestre, desarrollar métodos ambientalmente aceptables, para el control de especies dañinas para los cultivos, especialmente roedores, aves y otras especies silvestres.

Bibliografía citada

1. Alfaro, Rita, Leda Malavassi, W. Murillo. Evaluación del Sitio Lomas Barbudal, Bagaces, Guanacaste. Programa de Patrimonio Natural de Costa Rica, FPN. San José, Costa Rica. 1984. 56 páginas.
2. Centro Científico Tropical. Areas Potenciales para la Conservación de Recursos Naturales en Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 1982.
3. Emmel, T.C. Ecología y Biología de Poblaciones. Editorial Interamericana. México, 1975. pp. 138-146.
4. SENARA. Drenaje e Impacto Ambiental del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque Propuesta para Misión de Identificación. Laboratorio de Hidráulica de Delft, Holanda, 1985. pp. 6-9.
5. Rodríguez, M. Los pesticidas y sus posibles efectos en las Poblaciones de Fauna Silvestre. Primer Congreso Nacional sobre Conservación de Fauna Silvestre. San José, Costa Rica, 14-19 de agosto. 1980. 14 p.
6. Tillman, R.E. Environmental Guidelines for Irrigation. U.S. MAB-AID. New York Botanical Garden Cary Arboretum. 1981. pp. 36-37.
7. Vaughn, C.G. Canessa et al. Plan de Manejo y Desarrollo del Refugio Nacional de Fauna Silvestre Dr. Rafael L. Rodríguez Caballero. (Palo Verde). Editorial Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 1982. 268 p.

F. CONTAMINACION POR AGROQUIMICOS. ESTIMACION DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL AREA DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL-TEMPISQUE

Alexis Rodríguez*

* Especialista en Química Ambiental.
Centro de Investigación en Contaminación, CICA. Escuela de Química,
Universidad de Costa Rica.

1. Introducción

La puesta en marcha de un proyecto de riego, tiene como meta el desarrollo agropecuario de regiones de escasa pluviosidad o de estaciones secas muy marcadas, que limitan el aprovechamiento agrícola de los suelos aptos. Es pues inherente a la operación de un proyecto de esta naturaleza, una intensificación significativa de las tareas agrícolas.

El proyecto Arenal-Tempisque que el SENARA está desarrollando en la Provincia de Guanacaste, pretende poner bajo riego una superficie de 66.675 ha mediante el uso de las aguas turbinadas del complejo hidroeléctrico Arenal-Corobicí, aguas subterráneas y aguas del Río Tempisque.

Las proyecciones del SENARA, indican que bajo la acción del proyecto se obtendría un aumento de la producción agrícola de casi cinco veces la actual. En este estudio se analizarán, desde el punto de vista del uso de agroquímicos, las posibles repercusiones ambientales de este importante aumento de la producción.

2. Efectos del uso intensivo de agroquímicos sobre el agua, el suelo, la vida silvestre y la salud pública

En el Cuadro 1, se da una representación matricial de la incidencia de una serie de actividades relacionadas con la agricultura bajo riego y los posibles factores ambientales impactados, siguiendo la técnica de Leopold (12).

En general, se puede establecer que las actividades señaladas inciden principalmente sobre las características físicas y químicas de las aguas y los suelos, en las condiciones biológicas de la flora y la fauna, el uso de territorio, la salud pública y las relaciones ecológicas.

La eficiencia de la agricultura moderna requiere del uso de agroquímicos y en particular, en situaciones de agricultura intensiva, como la que se derivará del proyecto de riego en estudio. Entre las diferentes familias de sustan-

Cuadro 1. Matriz de impacto ambiental simplificada

| | ACTIVIDADES | | | | | |
|-----------------------|-------------|-----------------|----------------|---------------|-------|--------------------|
| | Agricultura | Control malezas | Control Plagas | Fertilización | Riego | Ganadería y pastos |
| Suelos | x | x | x | x | x | x |
| Aguas Continentales | x | x | x | x | x | x |
| A. Subterráneas | x | x | x | x | x | x |
| A. Marítimas | x | x | x | | x | |
| Erosión | x | x | | | x | x |
| Sedimentación | x | | | | x | x |
| Cosechas | x | x | x | x | x | |
| Peces y mariscos | | x | x | | x | |
| Insectos | x | x | x | | x | |
| Especies en peligro | | x | x | | | |
| Salud y seguridad | x | x | x | | | x |
| Empleo | x | | | x | | |
| Densidad de población | x | | | | x | |
| Cadenas alimenticias | | x | x | x | | |

IMPACTADOS

AMBIENTALES

FACTORES

cias químicas usadas como soporte de la agricultura intensiva dos son las de mayor relevancia: los fertilizantes y los plaguicidas.

● Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias que aumentan la fertilidad de los suelos aunque en la actualidad se suministran también elementos nutritivos por la vía foliar. Sabemos que las plantas necesitan tomar de los suelos los elementos que les son indispensables en proporciones adecuadas para su normal desarrollo. Cuando a un suelo le falta o tiene una proporción insuficiente de uno de estos elementos, la producción disminuye.

Los fertilizantes pueden utilizarse para aportar macro y micronutrientes. Los primeros contienen N, P, K, Ca o Mg que junto con C, O y H son los elementos que se encuentran en mayor proporción en los vegetales. Los segundos contienen Fe, Zn, Mn, Cu, Bo y Mo que son esenciales para el metabolismo de las plantas aunque en muy pequeñas cantidades.

También importante como abono, son los fertilizantes orgánicos, procedentes de restos de materiales animales o vegetales en diversos grados de descomposición que se utilizan tanto por su aporte de elementos nutritivos como por su valor para mejorar la estructura del suelo.

El ión nitrato usado ampliamente en los abonos químicos, no es retenido en proporción importante en las posiciones de intercambio iónico del suelo, que están en la mayor parte, cargados negativamente. Por esta razón, este anión presenta una gran movilidad y es fácilmente trasladado por el agua, tanto vertical como horizontalmente en terrenos sometidos a la lluvia o al riego.

La causa más importante de pérdida de este anión es el lavado. El exceso de agua y de percolación, sobre todo en suelos ligeros, y la falta de plantas en desarrollo activo, sistema radicular profundo y fuerte absorción de N, dan lugar a pérdidas muy considerables de nitratos, fertilizantes añadidos o formados a partir de materia orgánica del suelo y del NH_4^+ . El anión puede así llegar a los acuíferos o a las corrientes de agua superficiales.

Chacón y Chacón (7) de CICA, en un estudio sobre la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca superior del Río Cañas, Guanacaste, encontraron una contaminación periódica por nitratos. Los autores muestran una estrecha relación entre las prácticas agrícolas y los elevados niveles de nitratos hallados en dichas aguas. Los pozos que mostraron las más altas concentraciones de nitratos, estaban rodeados de cultivos de algodón, arroz, sorgo y maíz, con predominancia de este último. Señalan asimismo que la siembra de maíz a principios del mes de julio va aparejada con la aplicación de una primera fertilización (10-30-10), seguida de una segunda aplicación de fosfato de amonio en el mes de agosto y una tercera con úrea a mediados de setiembre.

Las concentraciones de nitrato en el agua subterránea se elevan parejamente en el mes de setiembre, al empezar la recarga de los mismos en regiones de áreas geológicas fracturadas correspondientes a las rocas del complejo de Nicoya.

En los suelos de permeabilidad lenta a moderadamente lenta, la elevación de la concentración de nitratos coincide con la época de la segunda y tercera fertilización. Las concentraciones del anión fueron superiores a 16 mg/L en el 16% de los pozos en la época lluviosa y el 29.5% de los mismos mostró concentraciones entre 10 y 45 mg/L, niveles que se consideran peligrosos para aguas del consumo humano, en especial para los niños en etapa de gestación. (7). El valor máximo permisible para el agua potable es de 45 mg/L (10). Valores superiores pueden producir cianosis o metahemoglobinemia.

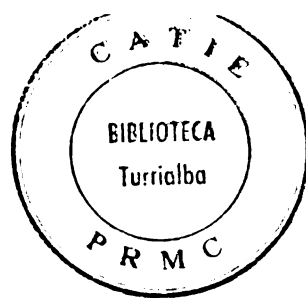
Durante el funcionamiento pleno del proyecto, si se supone que los principales cultivos del área serán arroz, caña de azúcar, algodón, maíz, soya, sorgo,

maní y pastos y suponiendo un promedio de 200 kg/ha año de fertilizantes inorgánicos tipo 10-30-10 (que es el más usado en estos cultivos), tomando en cuenta la posible obtención de dos cosechas por año en algunos cultivos, se obtiene una cifra de más de 6000 toneladas métricas de NO_3^- por año que se depositará en esos suelos. Es claro que no todo este nitrógeno irá a parar a las corrientes superficiales, buena parte de él será aprovechado por las plantas y otra parte puede, en última instancia, ser reducido a N_2 elemental por la acción de bacterias/desnitrificantes.

En lo que al fósforo se refiere, debe apuntarse que éste se encuentra, en su mayor parte, en forma inorgánica. El fósforo añadido con los fertilizantes al suelo, se fija en su mayor parte en el y es asimilado lentamente por las plantas en forma de iones HPO_4^- y H_2PO_4^- . La cantidad de fósforo en la solución de suelo es muy baja (1 ppm o menos) (14), y a medida que es consumido por las plantas se va solubilizando.

Por regla general, la cantidad de fósforo aprovechada por los cultivos, en el período de un año después del abonado con fertilizantes fosforados solubles, no excede del 25% de la cantidad total añadida (14). El fósforo no absorbido queda fijado en su mayor parte al suelo mediante diversos mecanismos que no es del caso discutir aquí, y existe poca pérdida por el lavado y sucesiva escorrentía o percolación. Es por esta razón, que la gran mayoría del fósforo proveniente de los fertilizantes que llega a las aguas superficiales, lo hace fijado a partículas de suelo arrastradas por escorrentía o erosión eólica. Este fósforo lo mismo que el nitrógeno que llegan a las aguas, se transforman en una fuente importante de nutrimentos para la proliferación de las algas. Una gran disponibilidad de fósforo, cuando el factor limitante del crecimiento de las algas es el nitrógeno, propicia la proliferación de algas verdiazules originando en aguas estacandas de lagunas y embalses, una aceleración del proceso de eutricación.

Algunos estudios han demostrado que cuando un suelo tiene acumulada una gran cantidad de fósforo total, ésta se solubiliza lentamente, lo cual permite disminuir el aporte del fósforo en el abonado (14).



Con un promedio de adición estimado de 2.100 toneladas métricas por año de fósforo como P_2O_5 , con el proyecto en pleno funcionamiento sería conveniente realizar estudios sobre la adecuada adición de fósforo a esos suelos sobre la base de las ideas anteriormente mencionadas.

Se puede estimar, para el proyecto terminado y usando las proyecciones de cultivos y áreas de los mismos (9), un aporte anual de aproximadamente 7.000 toneladas métricas de K como K_2O . El KCl es uno de los minerales más importantes usados en la elaboración de fertilizantes potásicos. La aplicación de grandes cantidades de este compuesto a los suelos puede provocar, en el largo plazo una acumulación de cloruro en los mismos. Vásquez (8), apunta la acumulación de cloruro en regiones bananeras del país, en las que por la naturaleza del cultivo se emplea una agricultura intensiva. Es importante la asistencia técnica adecuada para el correcto uso de los fertilizantes, a fin de obtener un desarrollo sostenido sin detrimento de la calidad de los suelos. La vigilancia y control de calidad de las aguas y los suelos marcará las directrices para el establecimiento de medidas de previsión y corrección para salvaguardar estos importantes recursos naturales.

● Plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias que sirven para el combate de las plagas de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos y del hombre y su ambiente. Los plaguicidas pueden clasificarse en insecticidas, acaricidas, nematocidas, rodenticidas, hierbicidas, fungicidas, etc.

El producto de uso en la agricultura, ganadería o el hogar corresponden a una formulación del ingrediente activo más o menos diluido en un soporte sólido o en un disolvente líquido y sustancias auxiliares que mejoran su acción.

El uso racional de estas formulaciones, exige el conocimiento de los problemas biológicos relacionados con el control de plagas.

Los plaguicidas alteran el balance de la naturaleza y desequilibran los

ecosistemas. Por otro lado el gran número de generaciones de insectos que se producen en un lapso muy corto de tiempo permite a éstos el desarrollo de características generacionales de resistencia a los plaguicidas, lo que obliga al empleo de dosis mayores o de productos de mayor toxicidad.

Los problemas principales que se presentan en Costa Rica con el uso de plaguicidas se derivan de tres situaciones, al igual que en muchos otros países. a saber:

- Derivados de su toxicidad y provocados por su manipulación
- Derivados de la persistencia en los productos y en los suelos
- Efectos del plaguicida sobre organismos hacia los cuales no estaba dirigido. Contaminación del medio biológico.

3. Tipos de plaguicidas empleados en los principales cultivos actuales

En el Cuadro 2 se muestran los plaguicidas de mayor uso actual en los cultivos de mayor importancia presentes en el área del proyecto y que, según proyecciones de SENARA (9) se mantendrán en ella:

Cuadro 2. Plaguicidas de mayor uso actual en los principales cultivos del área del proyecto Arenal-Tempisque.

C U L T I V O S

| Plaguicidas | Caña de azúcar | Arroz | Maíz | Sorgo | Soya | Algodón |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| Insecticidas | Counter Taron | Taron | Piretrinas Cyrolane Lorsban | Taron Lorsban | Piretrinas Volaton | Taron |
| Fungicidas | - | Hinusan | - | - | Austracol | - |
| Herbicidas | Karmex Gesaprin | Propanil 2,4-D | Atrazina | Gesaprin Prowl | Laso | Cotoran Prowl |
| Rodenticidas | Racumin | - | - | - | - | - |

- **Toxicidad y peligros de manipulación**

Prácticamente todos los plaguicidas son tóxicos para los mamíferos en mayor o menor grado, por ello su manejo acarrea riesgos serios de intoxicación que merecen tenerse en cuenta en un proyecto en el que, como en éste se consumirán enormes cantidades por año. La particularidad de que existan en el proyecto grandes áreas de tierras del Estado podría ser un factor importante en la implementación de un plan para el adecuado manejo y aplicación de los mismos.

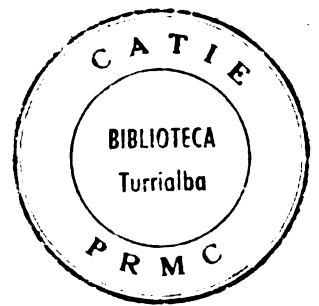
La frecuencia tan alta de accidentes que se da durante el empleo de los plaguicidas, se debe a que se aplican en formas muy diversas y por personas de muy diferente capacitación y experiencia. En un estudio realizado por Arauz y colaboradores (1) se señala la influencia del Agente de Extensión en la recomendación inicial que hizo al agricultor adoptar la práctica de combate químico de plagas, siendo el vendedor el segundo en importancia. Apuntan los autores la necesidad de dar una capacitación adecuada en el uso y manejo racional de plaguicidas a los Agentes de Extensión y a los vendedores de agroquímicos.

Es posible, también aprovechar la organización campesina, por medio de cooperativas para mejorar y aumentar la eficiencia de la capacitación de los agricultores en el campo de los plaguicidas.

Los mismos autores hallaron en su trabajo que:

- La gran mayoría de agricultores no usan ropa protectora en la labor de aplicación de plaguicidas
- 32.6% de los agricultores entrevistados manifestaron haber sentido efectos sobre su salud
- 72.9% de los agricultores pasan cinco o más horas por semana aplicando este tipo de productos
- 39.1% de las bodegas de plaguicidas presentan problemas de ventilación
- Muchos agricultores guardan los plaguicidas en la casa

No existe un registro nacional que informe de muertes ocasionadas por el



uso y manejo de plaguicidas. El Instituto Nacional de Seguros lleva las estadísticas de accidentes y muerte de trabajadores cubiertos con pólizas de Riegos Profesionales. Sin embargo, no todos los trabajadores del país, y en especial los agrícolas, están cubiertos por este tipo de póliza. Según datos del Hospital Nacional de Niños (8), el 22% de los niños que ingresaron en ese Hospital en 1979, se debió a accidentes provocados por plaguicidas.

Del Cuadro 2 se observa que en los cultivos proyectados para el área del proyecto de riego se encuentran insecticidas organofosforados altamente tóxicos como el Tamarón (R) y el Counter (R), inhibidores de la colinesterasa, que pueden ser absorbidos por inhalación, ingestión o por penetración a través de la piel (11), herbicidas del grupo de los clorofenos compuestos como el 2, 4D que aunque tienen un potencial tóxico muy bajo pueden provocar neuropatía periférica (11). Derivados de la acetanilida como el Lasso (R), el propanil y de la urea como el Karmex (R) se usan extensamente como herbicidas. Aunque se han reportado pocos efectos adversos en humanos, algunos de estos compuestos irritan la piel y las mucosas de las membranas (15). Es importante pues, establecer mecanismos de información al agricultor sobre aspectos tales como (1):

- Uso de ropa protectora
- Hábitos de higiene
- Concepto de intoxicaciones y problemas de salud en el largo plazo
- Almacenamiento adecuado de plaguicidas
- Frecuencia a intervalos de aplicación correctos

Como en muchos otros países, en Costa Rica existe muy poco control acerca de la venta y uso de plaguicidas en diferentes cultivos. No existe un laboratorio oficial para el análisis de plaguicidas en los alimentos. La población costarricense consume productos en los que existen cantidades considerables de residuos de plaguicidas. Carazo y Colaboradores han reportado residuos de organofosforados en repollo (Brassica oleracea var. capitata (4), lechuga (Lactuca sativa cv. White Boston) (17), tomate (Lycopersicum esculentum cv. Tropic) (5), en venta en los mercados locales. Los análisis de residuos se realizaron en la Facultad de Agronomía y en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental

de la Universidad de Costa Rica. Estos centros han realizado estudios de residuos de diversos cultivos y algunos plaguicidas estudiados fueron: metamidofos, endosulfán, maneb, trichlorfos, arseniato de plomo y paraquat. Los resultados obtenidos han mostrado niveles altos de residuos en algunos cultivos analizados y en los suelos. Los autores atribuyen esta situación a las altas dosis empleadas, aplicaciones excesivas intervalo inadecuado entre la última aplicación y la cosecha y aplicaciones rutinarias sin usar el criterio del umbral económico y métodos de "plagueo" (6).

La presencia de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas, además del evidente daño a la salud pública, puede ocasionar problemas con los países receptores de nuestras exportaciones agrícolas. Si se previenen opciones de cultivos que se abran al mercado exterior, y en todo caso para salvaguardar la salud pública costarricense, se debe iniciar un proyecto que contemple:

- a. Información al productor, sobre uso y manejo adecuado de plaguicidas, a través de:
 - los agentes de extensión, el Instituto de Desarrollo Agrario, los Dirigentes cooperativistas, los Colegios Agropecuarios, y la Distribución de panfletos y programas de radio.
- b. Control de residuos de plaguicidas en aguas, suelos y productos cosechados que podrían lograrse a través de un convenio entre el Ministerio de Agricultura (MAG), el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental CICA de la Universidad de Costa Rica y el Ministerio de Salud.

• Contaminación del medio biológico

La flora y la fauna de las zonas en que se realizan los tratamientos así como las zonas aledañas son también afectadas por los plaguicidas. Debido a la persistencia de algunos de los plaguicidas y su solubilidad en las grasas, se acumulan en ellas y se magnifican a través de las cadenas tróficas. Esto es especialmente cierto en lo tocante a los plaguicidas organoclorados.

Hidalgo y colaboradores (13), encontraron altas concentraciones de plagui-

cidas organoclorados en huevos de garza piscívora (Nycticorac nycticorac) que anida en las regiones pantanosas de la vega del Río Tempisque (Zona Ecológica del Proyecto). Los resultados obtenidos revelan la presencia de lindano, heptacloro, aldrín, epóxido, epóxido de heptacloro, Υ -clordano, α -clordano, endrín, p,p" - DDT, pp' -DDE, pp'-DDD y o, p'-DDT.

La presencia de estos plaguicidas en los huevos de esta especie podrían ocasionar problemas en la reproducción de la misma. Debe continuarse con estudios de esta naturaleza sobre otras especies de la reserva ecológica, sobre especies acuáticas de los niveles tróficos superiores, y sobre crustáceos del Río Tempisque.

Los plaguicidas aplicados a un cultivo en particular, no permanecen necesariamente en el área de tratamiento. El modo de aplicación, las propiedades físico químicas unidas a los mecanismos de transporte, tienen como resultante el hecho de que una parte mayor o menor del plaguicida vaya a parar a algún otro compartimiento. Precisamente éste es uno de los grandes problemas del uso de estos agentes químicos.

Un plaguicida orgánico que se aplica a un campo cultivado puede ser transportado por diversos mecanismos:

- a.- A través de la atmósfera arrastrada por los vientos lejos de los campos en que se aplica mediante el uso de aniones, por volatilización y por erosión eólica.
- b.- A través de las aguas de escorrentía y subterráneas. Las pérdidas inadvertidas durante la aplicación son muy variables y dependen de las condiciones climáticas y de los métodos de aplicación, así como de las formulaciones mismas. En todo caso, resulta cierto que una fracción considerable del plaguicida entra en la atmósfera y es transportada por este modo que afecta a los organismos a los cuales no está destinado. Son frecuentes las quejas de los agricultores cuyas colmenas son diezgadas, bien por el contacto directo de las abejas con el plaguicida, o bien por

la contaminación de flores a las cuales no fue dirigido éste, pero que se impregnaron del plaguicida transportado por la atmósfera.

El rocío aéreo es probablemente el mayor agente de contaminación de aguas de ríos y lagos, bosques y hasta de pueblos aledaños a los cultivos.

En Canadá, por ejemplo, se determinó que cerca del 50% del methoxicloro aplicado como rocío aéreo caía fuera de la zona de tratamiento (3).

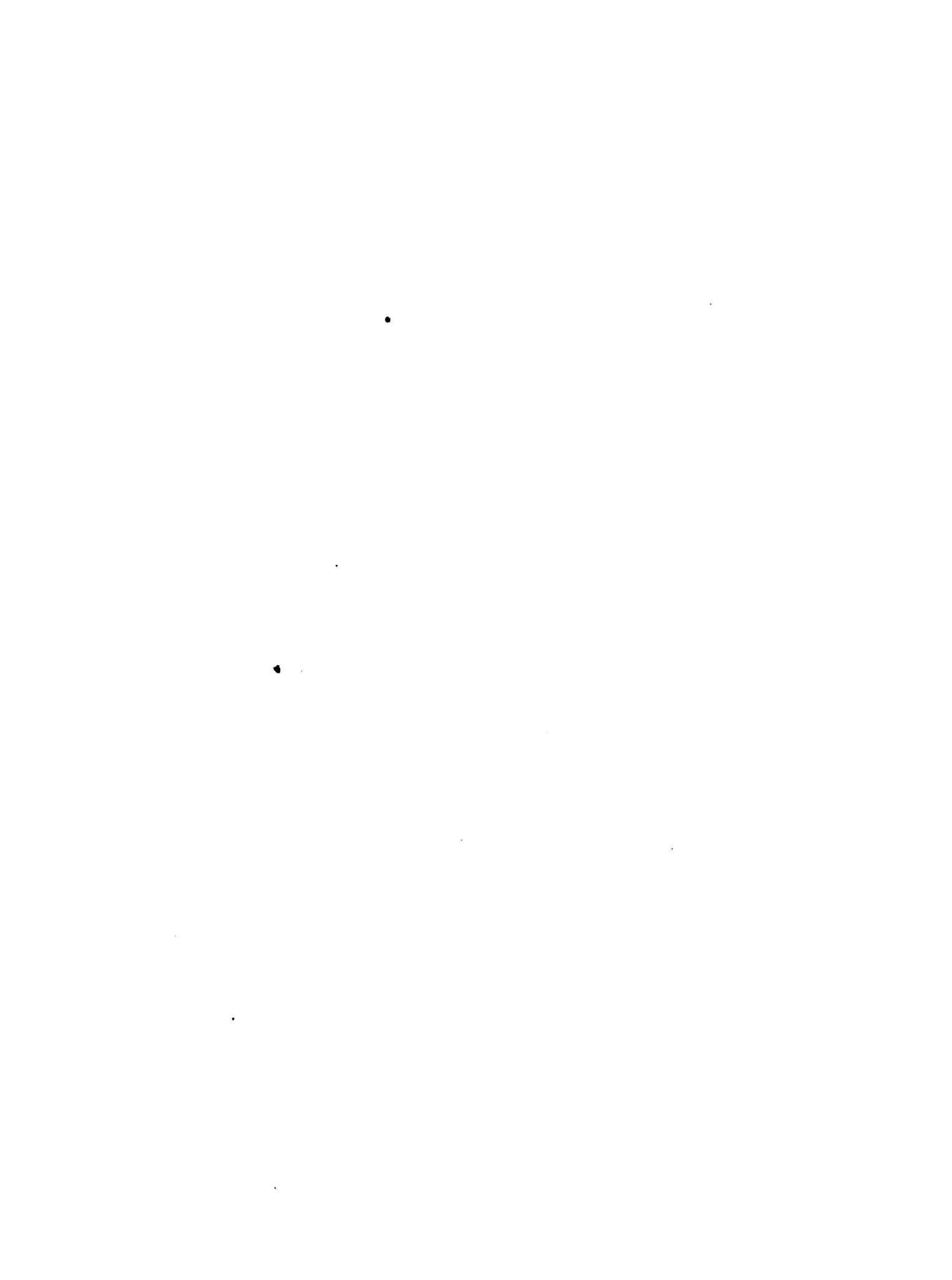
Por otra parte se ha reportado que las aguas de escorrentía de los terrenos de cultivo, constituyen uno de los mecanismos de mayor importancia para la contaminación de los ecosistemas acuáticos por insecticidas organoclorados y organofosforados así como de herbicidas (16).

Por este mecanismo es de esperar que a través de la red fluvial del proyecto se lleven al Golfo de Nicoya, y en especial a los estuarios, una gran cantidad de insecticidas organofosforados y de herbicidas. Una estimación aproximada indica que se aplicarán alrededor de medio millón de litros de insecticidas, de diversas formulaciones, por año en el proyecto en pleno funcionamiento y con las prácticas agrícolas actuales. No debe llamar tampoco a engaño una cifra tan alta.

El plaguicida que se libera en el ambiente y entra al suelo, aire o agua podrá degradarse o permanecer inalterado por un tiempo más o menos prolongado, según su estructura química y los factores ambientales.

En efecto, existe una serie de mecanismos que favorecen la degradación o la alteración de estos compuestos en el ambiente. Tales mecanismos pueden agruparse en 3 categorías, a saber: la biodegradación, la degradación fotoquímica y la degradación química.

Sin embargo, al evaluar el efecto de un insecticida o herbicida en el ambiente se deben considerar no solo las propiedades físicas y químicas de el sino las de sus productos de degradación ya que, en ocasiones, tales productos provo-



can también problemas de contaminación.

Las consideraciones anteriores nos llevan de nuevo a pensar en el establecimiento de un canal de información técnica permanente que racionalice el uso de estos plaguicidas, no por vía de la coacción sino por la vía de una mejor comprensión de los efectos sobre el ambiente de las sustancias que se manejan. Tal labor debe estar dirigida, al agricultor, al "extensionista", al piloto del avión de fumigación, al vendedor de productos agroquímicos, etc.

Los inconvenientes que se apuntaron con respecto al uso de plaguicidas han conducido a los toxicólogos, bromatólogos, ecólogos y un número creciente de agrónomos, a desear la puesta a punto de nuevos métodos de lucha para evitar la contaminación del ambiente por sustancias biocidas.

El objetivo que pretende alcanzar la lucha biológica se apoya en el principio de intentar reducir el coeficiente intrínseco de crecimiento natural de la especie que se pretende controlar, a fin de que el nivel medio de la población esté por debajo del umbral de perjuicio económico. Tal resultado puede lograrse aumentando la tasa de mortalidad o bajando la natalidad o por la acción conjunta de ambos. Se ha ensayado a este respecto, la técnica del insecto estéril que consiste en la cría masiva de insectos estériles que se liberan en el campo para que compitan con la población silvestre (2).

Otra opción que cobra cada día mayor relevancia es la técnica de manejo integrado de plagas, en la cual se limita la población de las especies dañinas mediante uso racional de plaguicidas y de predadores, parásitos, etc., naturales.

Se presenta, en el proyecto de riego Arenal-Tempisque una excelente oportunidad para la puesta en marcha de estas técnicas. Con la debida asesoría del MAG y de las universidades podría establecerse un área piloto de experimentación cuyos resultados han sido muy buenos en otros países.

4. Conclusiones

El proyecto de riego Arenal-Tempisque transformará una vasta zona de la provincia de Guanacaste a una agricultura intensiva. Tal situación acarreará:

1. Un incremento de las labores mecánicas sobre el suelo que aumentarán la posibilidad de erosión hidráulica y eólica.
2. El uso intensivo de fertilizantes, que a su vez acarrea problemas de
 - i. Riesgo potencial de acumulación de impurezas de los mismos en el suelo (As, Cd, Cu, Pb,...)
 - ii. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas
 - iii. Contaminación de los alimentos, aumentando la cantidad de nitratos en los tejidos vegetales.
 - iv. Compromete a largo plazo la estabilidad de los agrosistemas por modificaciones físicas de la estructura de los suelos (14).
3. Uso intensivo de plaguicidas con sus efectos concomitantes
 - i. Riesgos de intoxicación aguda a hombres y animales.
 - ii. Contaminación de los alimentos y suelos
 - iii. Eliminación de especies benéficas
 - iv. Contaminación de aguas continentales y subterráneas
 - v. Inhibición de organismos útiles al suelo
 - vi. Daña las plantas de cultivos en sistemas rotativos siguientes a los cultivos tratados con el herbicida.

5. Análisis de la legislación existente

5.1. Ley General de Salud

La Ley General de Salud, de octubre de 1973, en el Título III, artículos 262 y 263 señala lo relacionado con el recurso suelo y da las bases generales para su control.



Los artículos 278 a 280 y 314 tienen relación con los residuos sólidos. En el Título II, los artículos 239 a 245, 252, 345, 381 y 360 guardan relación con las sustancias tóxicas o peligrosas.

Los principales aspectos que considera esta ley son:

- Obliga a las personas responsables a que separen, recolecten, acumulen y utilicen desechos sólidos a fin de evitar o disminuir, en lo posible, la contaminación del aire, del suelo o de las aguas.
- Prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos en lugares no autorizados o utilizar medios inadecuados para transporte y acumulación; y proceder a la utilización, tratamiento o disposición final mediante sistemas no aprobados por el Ministerio de Salud.
- Da a las municipalidades la responsabilidad del servicio de recolección acarreo y disposición de basuras así como de la limpieza de caños, acequias, alcantarillas, vías y pasajes públicos.
- Obliga a las empresas agrícolas, industriales y comerciales a que dispongan de un sistema de separación y recolección, acumulación y disposición final de los desechos sólidos.
- Obliga a todas las personas por la higiene y la seguridad de su vivienda personal y familiar.
- Obliga a que se elimine o disminuya el riesgo a la salud y seguridad del público, debido al uso de sustancias o productos tóxicos y peligrosos.
- Prohíbe el expendio y suministro de sustancias tóxicas o productos u objetos peligrosos sin cumplir estrictamente con los reglamentos pertinentes, especialmente que tengan que ver con el registro obligatorio en el que se indicará, en español, con la simbología pertinente, la naturaleza del producto, sus riesgos, sus contraindicaciones y los antidotos.
- Prohíbe la venta de sustancias, mezclas de sustancias, productos y objetos tóxicos o peligrosos a menores de edad, o a personas incapaci-

tadas mentalmente.

- Requiere el registro de todo plaguicida o producto para control de infestaciones y la solicitud de permiso previo para operar tales sustancias o productos que son capaces de producir intoxicaciones o daños a la salud de personas que realicen tales tareas, o de animales inofensivos al hombre.
- Permite al Ministerio de Salud declarar tóxicos o peligrosos y sujetos a restricción, sustancias, productos y bienes materiales que constituyen riesgo o peligro para la salud de las personas.
- Permite al Ministerio de Salud dictar, de común acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, las normas de protección contra los peligros al hombre, animales y contra la contaminación del ambiente que se deriven del uso, en sanidad vegetal, de sustancias tóxicas o que se declaren peligrosas.

5.2. Ley de Sanidad Vegetal

La Ley de Sanidad Vegetal del 17 de diciembre de 1968, tiene en el Capítulo I por objetivos:

- Proteger las plantas de valor económico y sus productos contra los perjuicios por plagas y enfermedades.
- Procurar también en evitar la contaminación ambiental y contribuir a salvaguardar la salud humana y animal.
- Declarar de utilidad y necesidad pública el combate de plagas y enfermedades de las plantas.

El Capítulo V contempla el control de plaguicidas y fitohormonas y en los Artículos 28 a 32 requiere:

- Un registro, que abrirá el Ministerio de Agricultura y Ganadería, para obtener la autorización de la venta de plaguicidas, hormonas y otros productos de uso agrícola.



- Contar con los servicios profesionales de un miembro del Colegio de Ingenieros Agrónomos o cualquier otro profesional Colegiado idóneo en la materia, a personas que desean importar, vender, distribuir, fabricar o mezclar plaguicidas, fertilizantes u otras sustancias químicas.

5.3. Reglamentos

Se han promulgado cuatro reglamentos para la aplicación de las dos leyes relacionadas con los suelos y que son:

1. Reglamento para uso y control de plaguicidas.
2. Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo (para ser aplicado por el Ministerio de Trabajo).
3. Reglamento de Seguridad sobre empleo de sustancias tóxicas en la agricultura (para ser aplicado por el Ministerio de Trabajo).
4. Reglamento sobre aviación para la agricultura. Su aplicación depende de la Dirección General de Aviación Civil.

El primer reglamento se promulgó en 1976 e involucra a los Ministerios de Salud, de Trabajo y de Agricultura y Ganadería. Estos reglamentos se revisaron en 1981. El último fue revisado recientemente por la Comisión de Plaguicidas y actualmente está bajo consideración de la Aviación Civil.

6. Bibliografía citada

1. Arauz, F. et al. Diagnóstico sobre el uso y manejo de plaguicidas en las fincas hortícolas del Valle Central de Costa Rica. Informe preliminar. *Agronomía y Ciencia* 1 (3): 37-40. 1983.
2. Camacho, H. Fundamentos de la técnica del insecto estéril: perspectivas de uso en Costa Rica. *Agronomía y Ciencia* 1 (3): 78-79, 1983.
3. Canadá. National Research Council. Methoxychlor: its Effects on Environmental Quality. Publication N° NRCC 14102. Ottawa, 1975.

4. Carazo, E. Residuos de insecticidas organofosforados en repollo (Brassica oleracea var. capitata). Turrialba 26 (4): 321-325, 1976.
5. Carazo, E. et al. Residuos del insecticida 14C-metamidofos y su enlace en productos hortícolas y suelos costarricenses.
6. Carazo, E. *Agronomía y Ciencia* 1 (3): 61-62, 1983.
7. Chacón, B. y Chacón, J. Contaminación por nitratos en aguas subterráneas de la cuenca superior del Río Cañas, Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 4 (1). 183-186.
8. Costa Rica. Ministerio de Salud. Informe sobre Control de la Contaminación del Suelo. Primera fase. San José, 1981.
9. Costa Rica. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. Resumen Proyecto de Riego Arenal-Tempisque. San José, 1985.
10. Dawis, S.N. y De Wiest. *Hydrogeology*, 1st. ed. Wiley, New York, 1966.
11. Estados Unidos. E.P.A. Recognition and Management of Pesticides Poisonings. 2a. ed. Washington D.C., 1977.
12. Estevan, M.T. Las evaluaciones de impacto ambiental. Cuadernos del CIFCA. Madrid. 1977.
13. Hidalgo, C. et al. Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en huevos de la garza Nycticorax nycticorax en Costa Rica. II Simposio Contaminación Ambiental: Su Impacto en el Hombre y el Medio en Costa Rica, 1985.
14. Primo, E. y Carrasco, J.M. *Química Agrícola I*. Ed. Alhambra. Madrid. 1973.
15. Primo, E. y Carrasco, J.M. *Química Agrícola II*. Ed. Alhambra, Madrid, 1973.
16. Rodríguez, A. Fate of Organic Pesticides in the Aquatic Environment. Delft, 1978.
17. Rodríguez, L.D. et al. Determinación de residuos del insecticida metamidofos en lechuga. VII Congreso Agronómico Nacional. San José, 1984.

**G. IMPACTO DEL PROYECTO DE RIEGO ARENAL TEMPISQUE
SOBRE EL ECOSISTEMA DEL GOLFO DE NICOYA**

Carlos Villalobos*

* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

1. Introducción

La explotación de los recursos vivos del mar se inició en Costa Rica a mediados del siglo pasado probablemente con la captura de peces en el Golfo de Nicoya. La pesca se realizaba en una forma muy primitiva, utilizando pequeños botes de madera, arpones y cuerdas de fibra vegetal, como artes de pesca. Como es de esperar, los productos debían comercializarse rápidamente, lo que se hacía tanto en las comunidades del Golfo como en la ciudad de Puntarenas. (12).

En la segunda década del siglo XX se inició en el Golfo de Nicoya la pesca de camarón, utilizando artes manuales operadas desde tierra (E. Bravo, comunicación personal). A principios de la década de los años 50, esta pesquería artesanal dio un paso importante al introducirse la red de arrastre de operación mecánica, lo que dió origen a la actual flota camaronera.

Es conveniente señalar que a esta extracción con fines comerciales, antecedió la utilización de los recursos del mar con fines de subsistencia, por parte de las comunidades indígenas que se asentaron en las márgenes del Golfo de Nicoya. Así, las poblaciones de peces y moluscos asociados con los manglares del Golfo, constituyeron los componentes fundamentales de la dieta proteica de estos habitantes. En efecto, el análisis de los concheros encontrados en Colorado de Abangares y Chomes, demuestran esta predominancia.

Resulta evidente que desde el punto de vista histórico, el Golfo de Nicoya ha sido el principal centro pesquero del país, básicamente en virtud de su condición estuarina y geomorfología. En la actualidad, la producción del Golfo aporta cerca del 60% a la producción pesquera nacional, (5).

El Golfo (Fig. 1) es un estuario tropical que tiene una longitud de 83.2 kilómetros, penetrando en el continente con dirección norte y noroeste; a nivel de la desembocadura tiene un ancho de 54,4 kilómetros con un promedio de 12,8 kilómetros. Hacia el norte, la profundidad varía entre 4 y 10 m., aumentando de 20 a 200 m. con dirección sur. En una forma amplia puede dividirse en tres secciones: el Golfo interior que incluye una área de unos 20 km. hacia el sur, a partir de la desembocadura del Río Tempisque; el Golfo Medio que cubre los

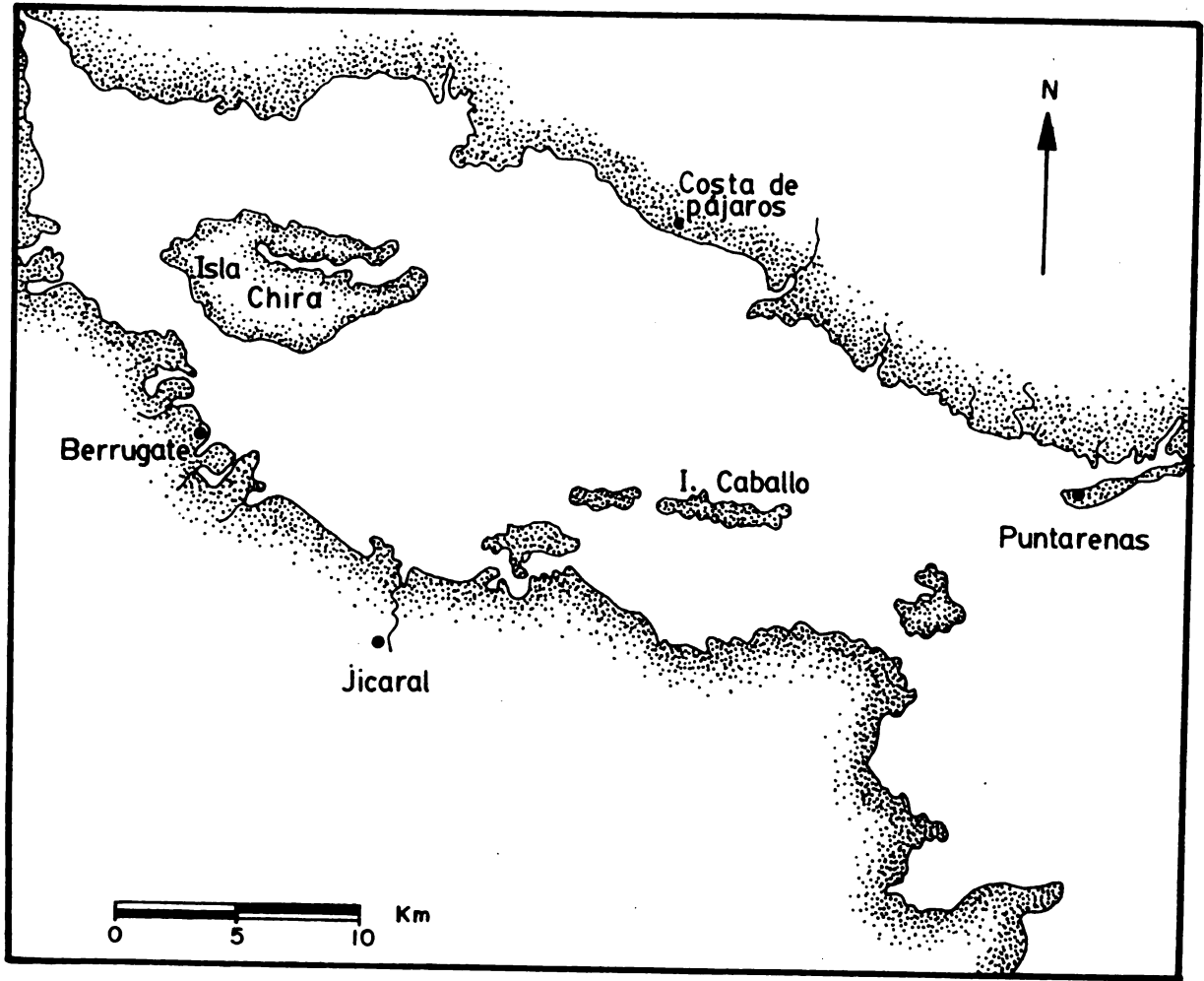


Fig.1 Golfo de Nicoya

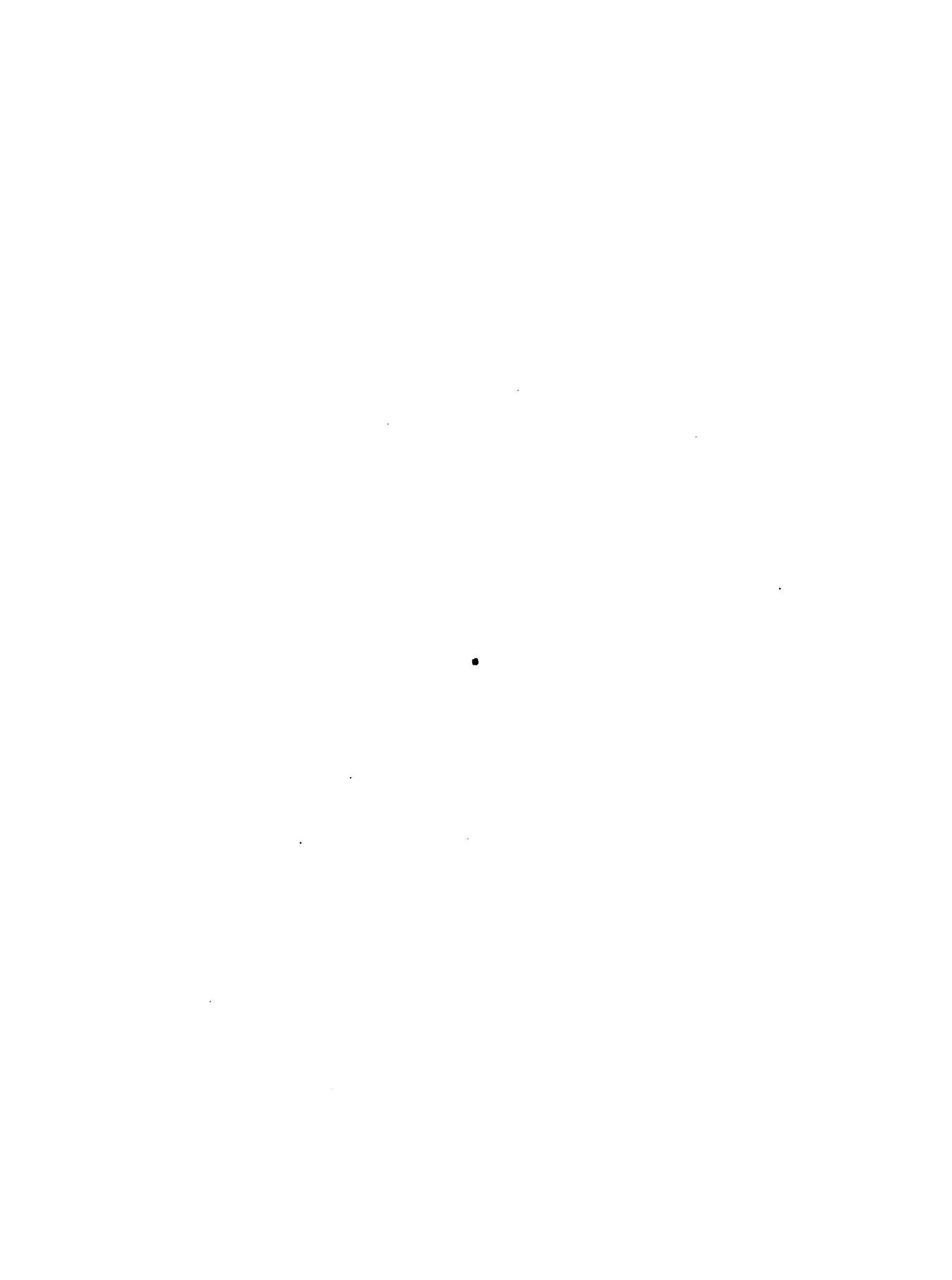
siguientes 15 km. y el Golfo Exterior que se extiende a partir de los 35 km. de la desembocadura del Río Tempisque. Entre la Isla de Chira y la Isla de Bejuco el fondo es fangoso y se encuentra a poca profundidad (bajos). Hacia las áreas más extensas (Barranca, por ejemplo) el fondo es predominantemente arenoso, mientras que las áreas al este de las Islas Negritos son de fondo rocoso (10).

El litoral del Golfo, al norte de Puntarenas es un sistema interrumpido por numerosos esteros pequeños, poco profundos y bordeados de manglar. Las principales especies incluyen Rhizophora mangle, R. harrisonii, Avicennia germinans, Pelliciera rhizophorae y en las partes más internas A. bicolor y Laguncularia racemosa. En términos generales, estos manglares se encuentran bastante deteriorados por las actividades económicas que se desarrollan, en particular por la construcción de salinas, carboneras, la extracción de taninos y la maricultura de camarones. Algunos de los recursos propios del sistema de manglar como los moluscos filtradores (Anadara grandis, A. tuberculosa y A. similis) y el cambute (Melongena patula) también han sido explotados intensivamente.

En la parte exterior, el litoral muestra numerosos promontorios rocosos, mientras que la porción occidental está representada por la Península de Nicoya, caracterizada por una cadena de colinas con alturas de 100 a 250 m.

Los principales cursos de agua dulce que desembocan en el Golfo son el río Tempisque en la parte superior, y los ríos Barranca y Grande de Tárcoles en la porción exterior. Otras fuentes de menos importancia las representan el río Abangares, el río Aranjuez, el río Lagarto, el río Marote, y el río Nacaome. Existen también un número significativo de quebradas que desembocan en las partes internas de los manglares, tales como Zanja Honda, Barca, Ruiz, Salmerón, Río San Pedro, Río Salto, Río Lepanto, Peñas Blancas y Zapote, entre otras.

A este aporte importante de agua dulce debe agregarse la precipitación pluvial que cae sobre el Golfo. En términos generales las lluvias varían desde menos de 50 mm. por mes, entre diciembre y abril, hasta más de 600 mm. por mes

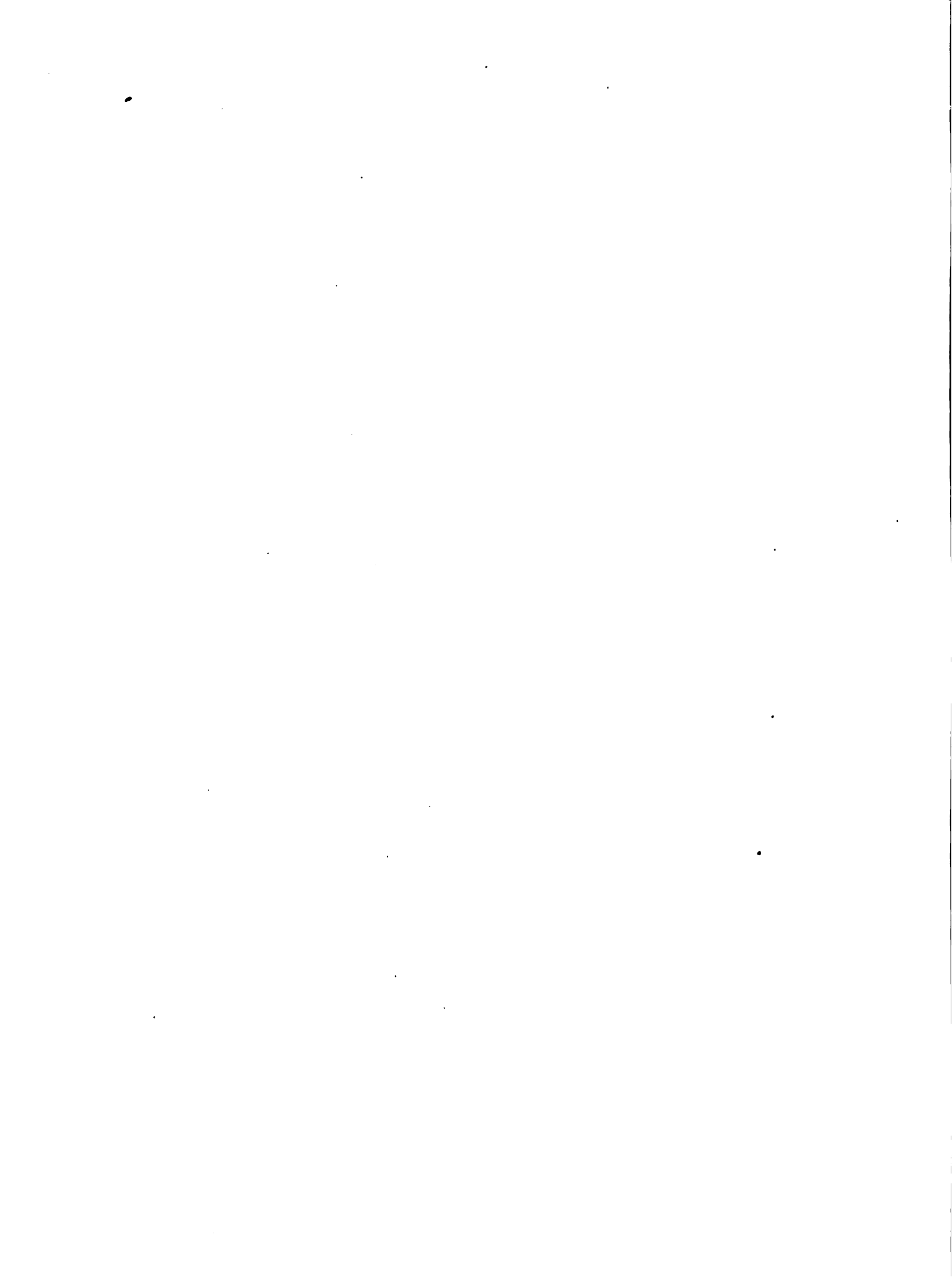


en la estación lluviosa (mayo-noviembre), (2).

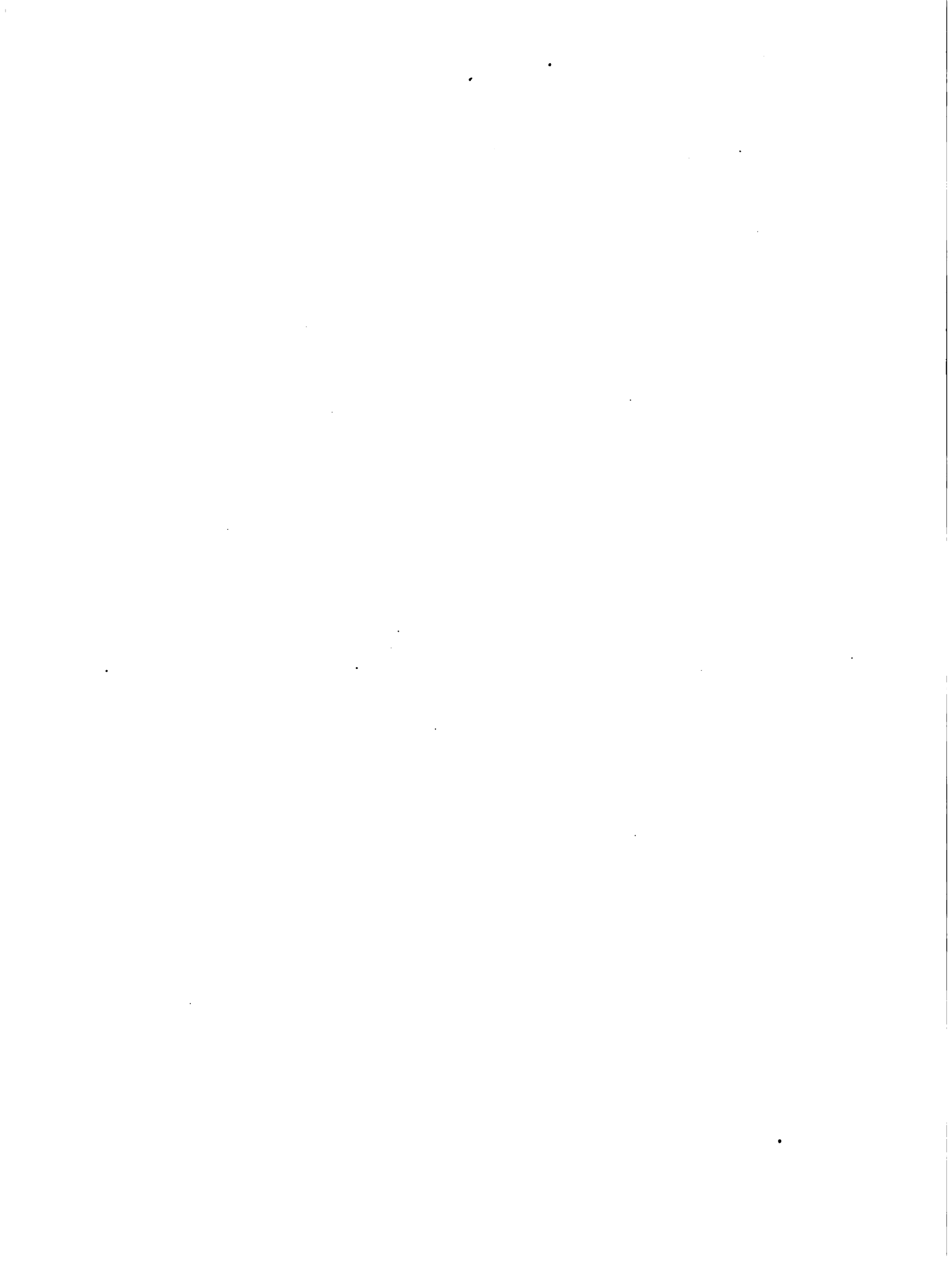
De acuerdo con la información proporcionada por UNESCO, durante el pico de la estación lluviosa, la descarga del río Tempisque fluctúa entre 40 y 60 m³/seg.; la del río Grande de Tárcoles entre 100 y 200 m³/seg. y la del río Barranca entre 30 y 50 m³/seg. Conviene, sin embargo, hacer notar que las descargas promedio mensuales pueden variar grandemente de un año a otro, variaciones que pueden ser aún más notables para días específicos.

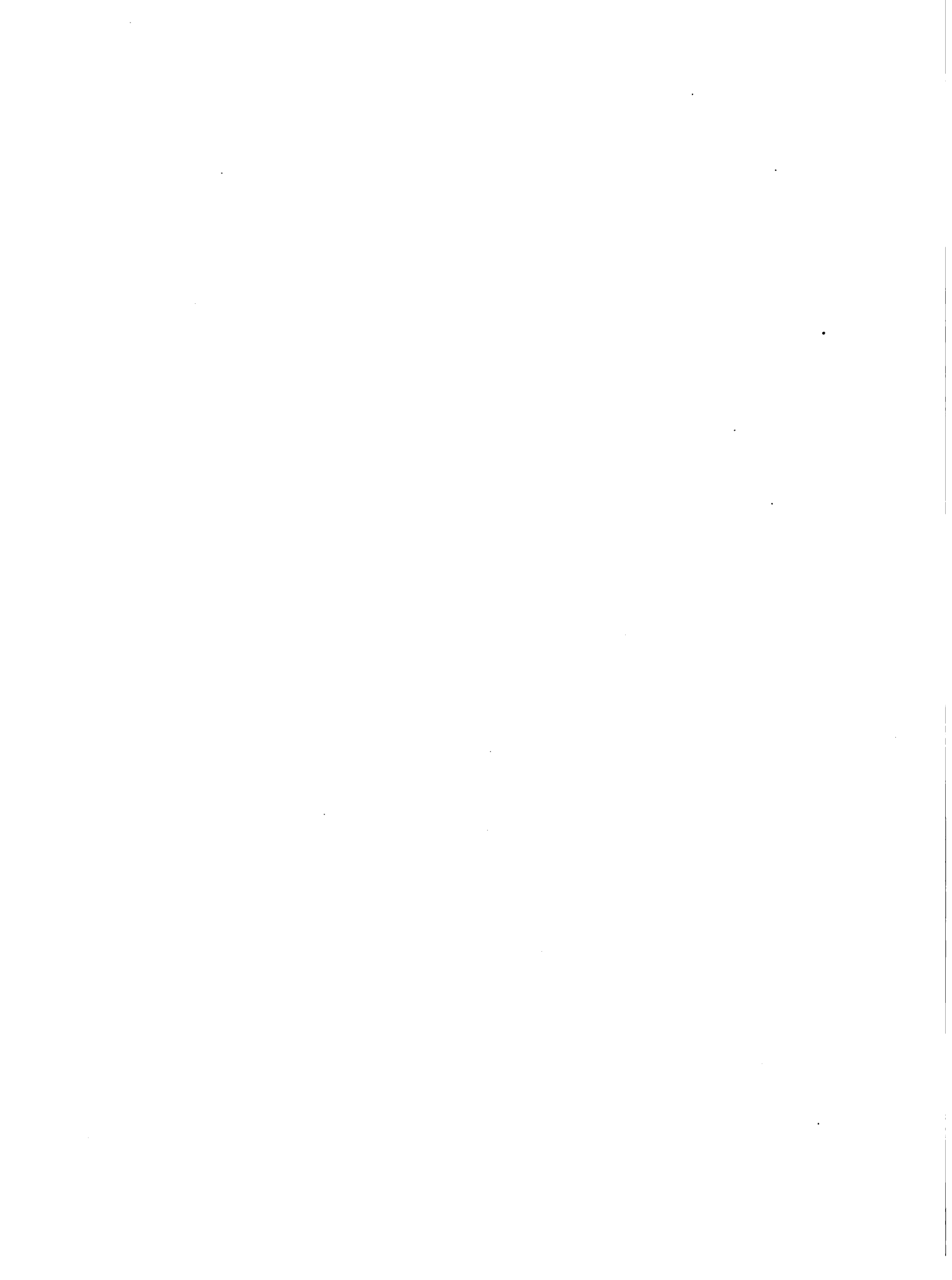
Murillo (8), ha señalado que cuando el volumen de agua dulce descargada por los ríos es comparable con el volumen de agua salada que entra y sale con la marea, se forma una cuña de agua salada que se introduce por debajo del agua dulce saliente. El mismo autor (9), ha señalado que en regiones estratificadas, como es el caso del Golfo de Nicoya, en donde la descarga de agua dulce es poco mayor que el volumen de la masa de agua salada que entra y sale con la marea, es de esperar la formación de varias cuñas que podrían controlar la distribución de sustancias contaminantes descargadas por el hombre. En efecto, durante la estación lluviosa el Golfo se estratifica fuertemente y se desarrollan gradientes horizontales muy marcados. Al final de la estación lluviosa, cuando el aporte general de agua dulce disminuye, los vientos del norte y las mareas destruyen la estratificación y la masa de agua se torna esencialmente pasiva.

El régimen de mareas del Golfo es del tipo semidiurno. La marea es co-oscilante, es decir impulsada directamente por la marea oceánica externa, sin embargo, la amplitud y dirección son determinadas por la forma y batimetría del Golfo (2). La figura 2 muestra la distribución batimétrica del Golfo. La amplitud promedio de la marea es de 2.3 m, con un máximo de 2.8 m y un mínimo de 1.8 m. Murillo (6), esquematizó las corrientes de marea predominantes en el Golfo, lo cual puede observarse en la fig. 3, (la longitud de las flechas indican mayor o menor velocidad de las corrientes). Utilizando esta información, Murillo (7), desarrolló un modelo matemático que utiliza la marea como el agente dispersivo de partículas provenientes de descargas municipales o industriales. El modelo incluye la acción convectiva del agua dulce y el









2. Consideraciones teóricas basadas en la información existente

El impacto del proyecto sobre el ecosistema del Golfo de Nicoya se relaciona fundamentalmente con dos efectos primarios:

El efecto producido por incremento en la concentración de agroquímicos.

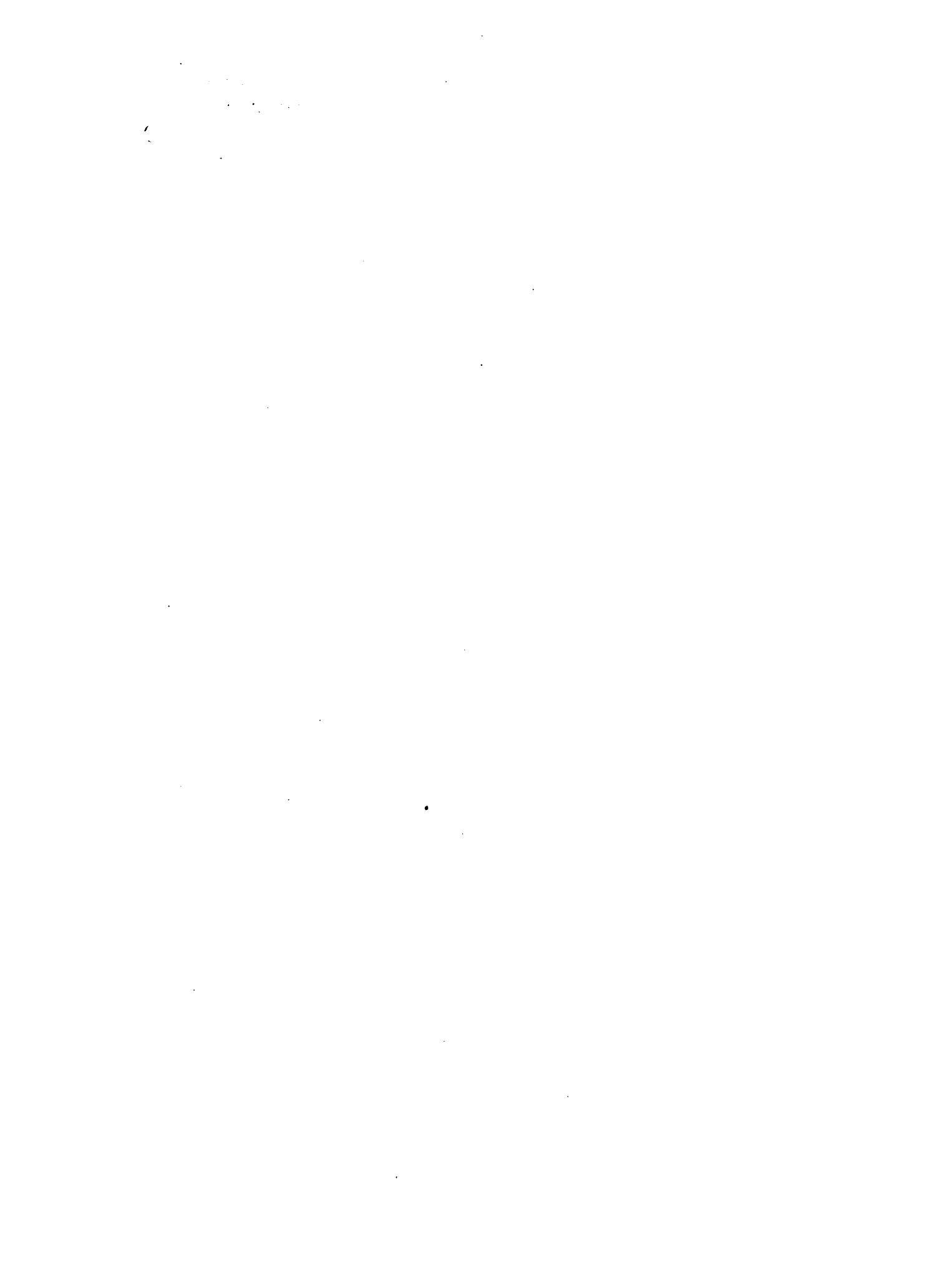
El efecto producido en la estructura física de la masa de agua del Golfo.

Cada uno de estos efectos primarios genera no solamente efectos secundarios (representados por los recursos hidrobiológicos del Golfo) sino también terciarios, representados por las personas que utilizan y dependen de esos recursos.

2.1. El efecto producido por incremento en la concentración de agroquímicos

Es conveniente hacer notar que no existe un estudio que permita estimar la concentración de agroquímicos que estacional o anualmente llegan al Golfo de Nicoya y que pueda utilizarse como una base comparativa. Sin embargo, no obstante que la mayor parte de las tierras objeto del proyecto de riego, se han dedicado a la ganadería extensiva, en los últimos años un número creciente de hectáreas se han utilizado para el cultivo de caña de azúcar, por lo que indudablemente la concentración de agroquímicos que llega al Golfo debe haber aumentado en alguna medida.

Para los efectos de este análisis, los agroquímicos deben considerarse bajo dos formas distintas, ambas ampliamente utilizadas en las prácticas agrícolas: los fertilizantes y los plaguicidas. El uso intensivo de fertilizantes químicos es un fenómeno relativamente reciente y su impacto en los ecosistemas depende en gran parte de los elementos constitutivos, de la forma como estos interactúan y de los procesos que los transfieren y los hacen aprovechables por los niveles primarios de producción. En este sentido, conviene recordar que son los residuos de los fertilizantes, en la forma de elementos tales como el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, los que generan los efectos más importantes. Cuando estos elementos se depositan en los sistemas acuáticos en concentraciones mayores que las existentes en el sistema natural, se rompe el



equilibrio en tales concentraciones. Si la llegada al sistema acuático (principalmente estuarino) es vía una fuente de agua dulce, las proporciones cambian aún más drásticamente, al variar la salinidad. De estos elementos, el nitrógeno y el fósforo se consideran como de importancia primaria, ya que, en conjunto con el CO_2 ejercen el mayor control sobre el proceso de eutroficación. La cantidad de elementos químicos necesarios para iniciar el proceso es del orden de 15 partes por billón para el fósforo y menos de 0.3 partes por millón para el nitrógeno. (11)

Se ha señalado con anterioridad que el Golfo de Nicoya es un sistema eutroficado, lo cual ha sido puesto en evidencia por Epifanio, Maurer y Dittel (2). Los autores encontraron que el amonio constituye la forma dominante de nitrógeno inorgánico, con altas concentraciones en la desembocadura del Río Tempisque, producto de las actividades agrícolas. La concentración se incrementa durante la estación lluviosa (hasta 10 veces el valor de la estación seca) a lo largo de todo la sección interior del Golfo.

Los valores de nitrato, por el contrario, son elevados durante la estación seca en la desembocadura, decreciendo hacia la sección media del Golfo; esta reducción se relaciona probablemente con su utilización por el fitoplancton. Es posible asumir entonces que, siendo el nitrato un producto de oxidación del amonio, durante la estación lluviosa, la concentración de éste excede la capacidad de nitrificación de la sección interior del Golfo.

Los niveles de fosfato son también elevados pero relativamente constantes a lo largo de todo el Golfo y durante todo el año.

El uso de fertilizantes no parece tener un efecto negativo en la producción pesquera, pero ello debe considerarse dentro de ciertos límites. Una mayor abundancia de nutrientes estimula el florecimiento del fitoplancton, lo cual a su vez, genera un incremento en los niveles primarios de consumo, enriqueciendo de esta forma la base de la cadena trófica. De nuevo, esto debe considerarse dentro de cierto ámbito. Conforme el proceso de eutroficación avanza, la

frecuencia e intensidad de los florecimientos planctónicos aumenta, produciéndose comúnmente mareas rojas que pueden tener tanto un efecto directo sobre los recursos vivos, al concentrar cantidades importantes de toxinas, como un efecto indirecto al reducir el oxígeno disuelto a niveles críticos. Estas situaciones se dan principalmente en sistemas acuáticos con una pobre dinámica de la masa de agua. En situaciones de muy alta eutroficación, al incrementarse la concentración de los nutrientes, principalmente el nitrógeno, algunas algas verdes responden aumentando sus poblaciones, lo que lleva a una dominación del sistema y a una reducción significativa en la composición de especies del fitoplancton. Estos cambios pueden tener efectos negativos si algunas de las especies del fitoplancton forman parte de la cadena alimenticia de estadíos larvales de especies de importancia comercial. Muy pocos estudios se han llevado a cabo para evaluar el comportamiento, intensidad y efectos de las mareas rojas en el Golfo de Nicoya. Hargraves y Viquez (3), estudiaron en 1979 las mareas rojas que ocurren a mediados de la estación seca, determinando que esta es producida por un dinoflagelado que no parece ser tóxico. En 1981, estos investigadores evaluaron la marea roja en la misma época, observando una modificación importante en la composición de especies. Se detectó así, la presencia de un dinoflagelado tóxico (Gonyaulax) lo que podría ser indicativo de un aumento en la toxicidad de las mareas rojas en el Golfo (en los años 1983 y 1984, los pescadores han reportado la presencia de peces y moluscos muertos durante estas mareas). Ninguna otra observación ha sido documentada, que permita comparar los niveles de concentración de los nutrientes, el grado de eutroficación y el comportamiento de las mareas rojas en el Golfo de Nicoya. Sin embargo, es conveniente señalar que en agosto de 1985 se presentó una marea roja en el Golfo que fue calificada por los pescadores como una de las más intensas y de mayor duración.

El uso difundido de plaguicidas en años recientes, ha tenido un impacto importante en las pesquerías costeras, a causa de la muerte directa y efectos sutiles en la reproducción, reclutamiento y comportamiento de las especies de pesca. Los plaguicidas hidrocarbónico-clorados han sido señalados como el principal responsable de la muerte masiva de peces y crustáceos en varios países del mundo (4). Sin embargo, los organofosforados y los pentaclorofenoles también son causantes de muertes de peces, aunque en menor proporción.

Uno de los plaguicidas de mayor utilización es el DDT, el cual llega a las aguas costeras, no sólo vía las fuentes de agua dulce, sino también por transporte atmosférico. Aunque el DDT tiene una solubilidad relativamente baja (1.2 partes por billón), esta puede aumentar en presencia de concentraciones altas de materia orgánica (tal y como sucede en los sistemas estuarinos). La concentración de los componentes orgánicos puede aumentar también como consecuencia de su exudación por parte de muchos organismos fitoplanctónicos, inclusive los productores de mareas rojas, lo que aumenta la solubilidad del DDT. Numerosos investigadores han evaluado los efectos del DDT en ecosistemas marinos. Los estudios demuestran que concentraciones superiores a 10 partes por billón inhiben la productividad primaria, lo cual no ocurre en realidad en el ambiente, dada la baja solubilidad del DDT. Sin embargo, es importante hacer notar que las especies tropicales son más sensibles a los contaminantes que las especies de las aguas templadas y por tanto, concentraciones mucho menores podrían tener un mayor significado.

Los peces exhiben respuestas agudas a la presencia de plaguicidas organoclorinados. Diversos investigadores en los Estados Unidos han documentado ampliamente casos de mortalidad masiva por este tipo de contaminantes. Así por ejemplo, en 1963 más de 5 millones de peces murieron en el río Mississippi. Los análisis mostraron concentraciones letales de Endrin en los tejidos de los peces.

El efecto de los plaguicidas no debe asociarse solamente con la mortalidad de los organismos. Tal y como se indicó anteriormente, existen efectos sutiles, generalmente poco conocidos, que se manifiestan por ejemplo en disminuciones en la tasa reproductiva de las especies. Adicionalmente, especies de importancia comercial como las ostras y mejillones, pueden concentrar cantidades importantes de estos compuestos, sin que ocurra daño aparente en ellas, lo que facilita la ingestión por los seres humanos de concentraciones que pueden llegar a niveles subletales.

La puesta en marcha de la segunda etapa del proyecto de riego, permitirá habilitar unas 15.000 ha. triplicando el área de cultivo del proyecto piloto. Resulta obvio que ello incrementará en forma sustantiva (no cuantificado hasta

ahora) los volúmenes de fertilizantes y plaguicidas que vía el río Tempisque llegarán al Golfo. Es difícil predecir cual será la secuencia y magnitud de lo que ocurrirá, dado que no ha existido un programa de investigación sistemático en el Golfo que permita evaluar el comportamiento y la capacidad amortiguadora de la masa de agua. Por la misma razón solo puede especularse en relación al efecto que tendrá dicho incremento en la estructura de las cadenas tróficas, reclutamiento y crecimiento de las especies de peces e invertebrados.

El aumento en la concentración de nitrógeno y fósforo consolidará la eutroficación del Golfo, aumentando en alguna medida la frecuencia e intensidad de los florecimientos planctónicos. Dado que el volumen de agua dulce que llega al Golfo (40 a 60 m³/seg.) se incrementará durante la estación seca, es esperable un cambio en el patrón de salinidades al menos en la sección interior del Golfo. Ello alterará en algún grado las proporciones de los elementos básicos. Durante la estación seca se producirá una réplica de menor magnitud de las condiciones imperantes en la estación lluviosa, en cuanto a la concentración del amonio; es posible que en alguna medida, durante esta estación se exceda la capacidad de nitrificación al menos en la sección interior del Golfo. De manera similar, el patrón de distribución relativamente constante del fósforo independiente de la estación climática, variará en algún grado. Las consecuencias de estos cambios sobre el sistema de recursos multiespecíficos del Golfo son difíciles de predecir.

La concentración de plaguicidas se incrementará también en forma significativa, particularmente al inicio de la estación lluviosa. Considerando que no hay información confiable que permita evaluar la concentración actual de organoclorinados en los tejidos de los peces, camarones y moluscos, se considera imperativo el establecimiento de un programa de investigación a fin de evaluar el impacto sobre los recursos hidrobiológicos de interés comercial.

2.2. Efectos sobre la estructura físico-química de la masa de agua del Golfo

Los cambios que pueden producirse en la estructura de la masa de agua estuarina del Golfo se relacionan básicamente con el incremento en el volumen

de agua que llegará por medio del río Tempisque. Tal y como se señaló con anterioridad, el Golfo se estratifica fuertemente durante la estación lluviosa con la formación de gradientes horizontales de salinidad. Esta estratificación se produce como consecuencia de que el volumen de agua dulce que llega por el río Tempisque es mayor que el volumen de la masa de agua salada. Si hay un incremento en el volumen de agua dulce en la estación seca, la estratificación podría prolongarse durante parte de esta estación, si las condiciones climatológicas (vientos y mareas) no logran romperla. Por otro lado, un mayor volumen de agua dulce movería la posición de los frentes al cambiar la salinidad en la sección interior y media del Golfo. Es importante destacar asimismo que la cuña de agua salada que penetra con la marea por el fondo del río Tempisque y que llega hasta el Refugio de Palo Verde, se vería considerablemente afectada por un mayor volumen de agua dulce. Durante la estación seca se han detectado salinidades hasta el 3%, inclusive en el sistema lagunar (Carlos Salas, comunicación personal). Esta cuña salobre es de gran importancia, ya que permite la existencia de una fauna de crustáceos, que incluye cangrejos y langostinos, que forman alrededor del 30% de la dieta de los cocodrilos del refugio, una especie en vía de extinción.

Por otro lado, la cuña representa un mecanismo, cada año menos eficiente, de control natural de las plantas acuáticas de la laguna. En la actualidad, las bajas concentraciones salinas han favorecido la invasión de Typha dominguensis lo cual está poniendo en peligro la estabilidad ecológica del sistema lagunar, bajo características irreversibles. Debe recordarse que estas lagunas constituyen la única área protegida para el anidamiento de un número importante de aves. La desaparición de esta cuña salobre por lo tanto, tendría consecuencias desastrosas para el Refugio de Palo Verde.

La modificación posicional de los frentes salinos podría tener además consecuencias severas en relación con la abundancia y distribución de algunas especies de peces de interés comercial como es el caso de las corvinas, lenguados y cóngridos, que representan el porcentaje mayoritario de las capturas de la flota artesanal del Golfo.

Otro aspecto importante se relaciona con los niveles estacionales de la

concentración de oxígeno disuelto en el Golfo. Como se ha señalado, durante la estación seca el oxígeno disuelto se encuentra a niveles de sobresaturación, lo que sugiere una alta productividad, una mezcla efectiva del agua y degradación de materia orgánica en el fondo. Estos procesos son fundamentales para evitar reducciones severas en el nivel del oxígeno, causadas por los afloramientos. Durante la estación lluviosa, sin embargo, estos altos niveles se reducen, probablemente, debido a la mayor cantidad de materia orgánica que entra en el sistema.

Si esta condición se extrapolara a la estación seca y a ella se uniera una prolongación de la estratificación del invierno, las consecuencias podrían ser desastrosas, básicamente por cuanto la alta productividad del verano está íntimamente relacionada con la reproducción y desarrollo larval de un gran número de especies de importancia comercial.

3. Acciones concretas para reducir el problema

Resulta, en cierta forma, extremadamente difícil concretar acciones que tiendan a reducir los efectos que producirá en el sistema del Golfo, la puesta en marcha de las etapas siguientes del proyecto de riego Arenal-Tempisque. Ello por cuanto el Golfo ha venido experimentando una serie de impactos que se han intensificado en los últimos 10 años y que lo han llevado a un proceso paulatino irreversible de eutroficación. Estos impactos se relacionan con la contaminación por materia orgánica (coliformes) y diversas sustancias (aceites, detergentes, etc.) derivados de las actividades propias de la Ciudad de Puntarenas. A esto debe agregarse el impacto producido por agroquímicos, como consecuencia del incremento en las actividades agrícolas (principalmente caña de azúcar y arroz) que ha ocurrido en las tierras bajas sobre las que tiene influencia el río Tempisque o sus afluentes. Se ha comenzado además a generar un nuevo impacto, cuyas consecuencias indudablemente acelerarán la eutroficación del Golfo y cuyo impacto no fue evaluado. Se hace referencia a la forma como se eliminarán las vinazas producto de la transformación de la caña de azúcar en alcohol. Las vinazas se han comenzado a depositar en los propios suelos de las tierras bajas,

con la esperanza de que estas las absorban, antes que puedan ser trasladadas a los diferentes ríos que drenan estas tierras. Se desconoce, sin embargo, por cuánto tiempo estos suelos serán capaces de retener estas sustancias.

Bajo las circunstancias actuales las únicas medidas a corto plazo se relacionan con el restablecimiento de un programa rigurosamente controlado de uso de los agroquímicos, que incluya un manual para su manejo y uso adecuado. Se deberán recomendar en este programa los agroquímicos más apropiados, métodos eficientes y seguros para su aplicación y el empleo de dosis acordes con el tipo y magnitud de los cultivos.

A mediano plazo deberá organizarse un sistema interinstitucional y multidisciplinario cuyo órgano central lo constituiría el SENARA y al cual pertenecerían el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Dirección General de Recursos Pesqueros y Acuicultura; Subdirección de Vida Silvestre; Extensión Agrícola); el Ministerio de Salud (Departamento de Control de Calidad y Contaminación Ambiental); Universidad de Costa Rica (Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología - CIMAR - y Centro de Investigación en Contaminación Ambiental -CICA-) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Laboratorio de Investigaciones Marinas de Punta Morales -LIM).

El SENARA, como parte de esta red institucional, será responsable de un programa permanente de monitoreo del Golfo, el cual podría ubicarse en el laboratorio de Investigaciones Marinas de Punta Morales y cuyos estudios específicos serían realizados por centros especializados de la Universidad de Costa Rica, como el CIMAR y el CICA o por equipos de investigadores propios del SENARA. La función primaria del MAG y el Ministerio de Salud sería recibir la información generada por el programa y adoptar las medidas del caso en problemas específicos de su competencia. La siguiente constituye una lista de los proyectos componentes del programa de monitoreo:

- a. evaluación mensual de la concentración de agroquímicos en la sección interior medio y exterior del Golfo

- b. evaluación de la concentración de coliformes en la columna de agua, sedimento y moluscos filtradores en la sección interior y media del Golfo
- c. evaluación de los parámetros físicos y químicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, penetración efectiva de luz y potencial hidrógeno) en las tres secciones del Golfo
- d. análisis de la concentración de nutrimentos (amonio, nitratos, fosfatos, potasio, azufre, silicatos y carbonatos) en las tres secciones del Golfo
- e. análisis mensual de los tejidos de muestras de peces, crustáceos y moluscos de importancia comercial
- f. evaluación microbiológica (virus y otras bacterias) de la columna de agua y el sedimento en la sección interior, media y exterior del Golfo
- g. estudio permanente de las comunidades fito y zoo planctónicas
- h. evaluación anual del comportamiento de los desembarques de las principales especies de interés comercial.

A largo plazo y dependiendo de la tasa con que se genera y consoliden los diversos procesos, deberán considerarse las repercusiones que una reducción total de las actividades pesqueras en el Golfo, tendría en las comunidades propias así como en la ciudad de Puntarenas. Deberán planificarse con anticipación las diversas alternativas ocupacionales que se podrían ofrecer a los pescadores del Golfo, incluyendo la formulación de una estrategia para la eventual reubicación de algunos de ellos.

4. Estudios específicos recomendados

El estudio que se lleve a cabo en el Golfo para evaluar el probable impacto que tendrá la entrada en operación de la segunda fase del proyecto de riego Arenal-Tempisque, deberá incluir necesariamente algunos de los estudios que forman parte del programa permanente de monitoreo del Golfo y que se mencionaron en el acápite anterior. En particular, deberán incluirse los aspectos relativos a la concentración actual de agroquímicos, nutrimentos y coliformes, en estacio-

nes selectas, representativas de las tres secciones del Golfo; se incluirá además una evaluación de los principales parámetros físicos y químicos y se caracterizará en una forma amplia la comunidad planctónica en las distintas secciones del Golfo. Se considera importante incluir también, una primera valoración de las comunidades de bacterias del Golfo y de la concentración de plaguicidas o presencia de parásitos en los tejidos de especies de importancia comercial, como la corvina reina, aguada y agria, y en los camarones blancos.

El estudio de impacto deberá cubrir idealmente un período de doce meses, dadas las variaciones estacionales que se han señalado previamente.

5. Bibliografía citada

1. Bartels, C. E., K.S. Price; M. I. López & W. A. Bussing. Occurrence, distribution, abundance and diversity of fishes in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 75-101, 1983.
2. Epifanio, C.E., D. Maurer & A. Dittel. Seasonal changes in nutrients and dissolved oxygen in the Gulf of Nicoya, a tropical estuary on the Pacific coast of Central America-*Hydrobiologia* 101: 231-238, 1983.
3. Hargraves, P.E. & R. Víquez. The dinoflagellate red tide in Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29: 31-38, 1981.
4. Hunt, E.G. & J. D. Jinn. Peces muertos por plaguicidas. *Biological Impact of Pesticides in the Environment. Proceeding of the Symposium.* J.W. Gidett, Ed. U.S.A. p. 59-66, 1969.
5. Madrigal, E. Dinámica pesquera de tres especies de Scianidae (corvinas) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Grado. S.E.P. Universidad de Costa Rica, 1986.
6. Murillo, L. Modelling tidal hydrodynamics and dispersion in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Tesis de Grado. Oregon State University, 1981.
7. Murillo, L. Dispersión de contaminantes por las mareas en el Golfo de Nicoya. *Tecnología en Marchas.* Vol. 5: 21-27, 1983.
8. Murillo, L. Un modelo para el régimen de intercambio dispersivo en el estero de Puntarenas. *Tecnología en Marcha.* Vol. 6(2): 15-22, 1983.



9. Murillo, L. Arrastre en un estuario fuertemente estratificado. *Tecnología en Marcha*. Vol. 6(3): 21-25, 1983.
10. Peterson, C.L. The physical oceanography of the Gulf of Nicoya Costa Rica, a tropical estuary. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.* Vol. 3, N° 3: 139-188, 1958.
11. UNESCO. Ecological assessment of pest management and fertilizer use on terrestrial and aquatic ecosystems. Consultative group on Project 9. Final Report 15. 48 p., 1974.
12. Villalobos, C.R. H. Nanne; O. Varela y A. Pacheco. Diagnóstico Tecnológico del Subsector Pesca y Acuicultura de Costa Rica. CONICIT. 393 p., 1984.
13. Voorhis, A.D.; C.E. Epifanio; D. Maurer; A.I. Dittel & J.A. Vargas. The estuarine character of the Gulf of Nicoya, and embayment on the Pacific coast of Central America. *Hydrobiologia* 99: 225-237.

**H. CONSIDERACIONES SOBRE LA EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE
ALGUNAS DE LAS ENFERMEDADES TRANSMISIBLES EN
RELACION CON EL PROYECTO DE RIEGO ARENAL TEMPISQUE**

Misael Chinchilla*
Eduardo Monge**
Mario Vargas***

- * Ph. D., Especialista en Protozoología médica.
- ** M.Sc., Especialista en Helmintología médica.
- *** Ph. D., Especialista en Artropodología médica.

1. Antecedentes

Las consideraciones sobre el Epidemiología de enfermedades transmisibles de interés médico humano implicadas en el Proyecto de Riego Arenal - Tempisque se basaron en los aspectos e información general contenidos en los siguientes documentos puestos a nuestra disposición:

1. Arata, A.
1983 Informe poligrafiado. Viaje N° 139.
Viaje a Costa Rica, 15 p.
2. BEL INGENIERIA S.A. & BROKMAN-EDMONSTON ENG. INC.
Plan Maestro para el desarrollo del Proyecto de Riego de la Cuenca del Río Tempisque. Capítulo VII: Efectos sobre el Medio Ambiente, pp. 146-152.
3. CATIE.
1985 Integración de la Conservación con el desarrollo en el Proyecto de Riego Arenal - Tempisque. Términos de Referencias Generales para los Consultores Sectoriales (CS), 4 p.
4. Hagnauer, W.
1978 Reflexiones sobre el futuro del Pacífico Seco. Mesa Redonda III Congreso Agronómico Nacional, 4 p.
5. SENARA
1985 Resumen. Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, 12 p.

2. Introducción

La modificación del ambiente por causas naturales o por parte del hombre, repercute en alguna forma, directa o indirecta, en las poblaciones animales y vegetales tal como resultado de alteraciones en sus cadenas alimentarias como por los profundos cambios que se suceden en la dinámica poblacional debido a modificaciones en las interrelaciones de los distintos grupos de Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia. La intervención del hombre sobre la naturaleza es generalmente de carácter violento, comparable a un desastre natural, por lo que los cambios que se dan son rápidos y profundos. La tecnología moderna ha acelerado y producido numerosos impactos en la naturaleza, algunos como resultado de una creciente población mundial que requiere de una cantidad y variedad de alimentos



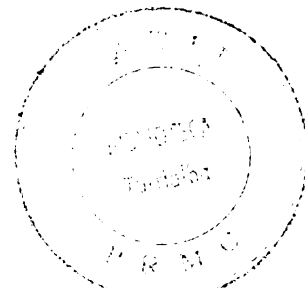
los que con los métodos clásicos y más cercanos a la naturaleza misma, no podrán soportar a los 4.000 millones de individuos que poblarán la tierra el año 2.000.

El cambio en el medio ambiente significa, entonces, reajustes en la dinámica poblacional que pueden resultar en la desaparición, predominio o cambios posicionales en las cadenas ecológicas de los distintos grupos de organismos implicados en una área dada. Algunos cambios han sido beneficiosos para el hombre, otros al contrario, le han significado la pérdida de vastas extensiones de territorios al convertirse en áreas desérticas como consecuencia de la implacable deforestación.

La modificación del ambiente ha demostrado ser beneficiosa al hombre solo cuando se realizan cuidadosos estudios y se utilizan las tecnologías adecuadas. Un ejemplo es el rescate al mar de terrenos que se han incorporado a la productividad, tal y como se realiza en Holanda. Este ejemplo, sin embargo, presenta aspectos de alteración ambiental aún no resueltos.

El recurso agua ha sido también manipulado por el hombre para sus variadas aplicaciones en la energía eléctrica, la agricultura, los usos domésticos y los recreativos. El impacto ambiental ha sido enorme. Citemos el caso de las represas en Egipto, Africa y Estados Unidos de Norteamérica.

En el istmo Centroamericano, el proyecto hidroeléctrico de Bayano en Panamá, fue desarrollado como parte de la estrategia para reducir los efectos de la crisis de combustibles sobre la economía del país. La construcción de la presa, a 70 km al noreste de la Ciudad de Panamá, se inició en 1972, y las compuertas fueron cerradas en 1976. La presa tiene una altura de 67 m, el lago artificial tiene una superficie de 350 km² y está enclavado en una zona de Bosque Húmedo Tropical, con una población dispersa de unos 2.000 habitantes. Galindo et al (1983), realizaron un importante estudio con el propósito de determinar los cambios ambientales causados por la construcción de la planta hidroeléctrica, midiendo la dinámica de transmisión de arbovirus en el área, tratando de asociar los efectos en los virus con las alteraciones en las poblaciones de sus vectores y hospederos respectivos, producidos por los profundos cambios en el ambiente natural



como resultado del embalse. La metodología seguida está al alcance de cualquier país en vías de desarrollo. Los métodos de campo incluyeron la captura de insectos hematófagos, mamíferos pequeños, aves, exposición de roedores y pollos como centinelas, muestras sanguíneas de grandes mamíferos y encuesta serológica entre los habitantes del área. Los métodos de laboratorio consistieron en la identificación de los insectos y de los virus. Los resultados se refieren a los efectos ecológicos generales del embalse, a los efectos sobre las poblaciones de moscos ceratopogónidos del grupo de los culicoides, sobre mosquitos vectores, sobre los moscos flebotómicos, sobre las poblaciones de los pequeños mamíferos y de las distintas familias de aves, y los efectos sobre el aislamiento de virus de todas las fuentes. Además, la tasa de aislamiento de virus en artrópodos, y los efectos sobre varios virus aislados antes, durante y después del embalse. Los resultados de este estudio, el primero de una serie, revelaron el significativo efecto que tuvo la construcción de la planta del Bayano, tanto sobre el mantenimiento de los ciclos de transmisión arboviral existente, como sobre el establecimiento de nuevos ciclos y el nuevo equilibrio alcanzado en el postembalse, en la dinámica de transmisión de los arbovirus activos en el área. Es evidente que el efecto sobre los diferentes virus fue el resultado de los cambios inducidos en las poblaciones de vectores y hospederos y en las interacciones entre ellos, a causa de la serie de eventos ecológicos activados durante el embalse.

3. Extensión y cobertura de los Servicios de Salud

• Asistenciales

Los asentamientos de agricultores y sus familias en el área del Proyecto de Riego, que según las estimaciones de Arata (1983), movilizará a una población de alrededor de 250.000 personas, debe hacer pensar y actuar sobre la necesidad de contar con los servicios asistenciales necesarios para asegurar la estabilidad de la población desde el punto de vista de la Salud. Tanto el Ministerio de Salud como la Caja Costarricense del Seguro Social estarán implicados en materia de atención, referidos a las Unidades de Salud, Centros de Nutrición, Dispensarios y requerimientos hospitalarios, y así determinar las necesidades de costos y volumen de solicitudes de la población protegida.



- **Saneamiento ambiental**

El saneamiento ambiental es factor fundamental para lograr mantener a niveles aceptables las principales enfermedades transmisibles. Es necesario adelantar el impacto ambiental como consecuencia de la movilización de nuevas poblaciones hacia el área de riego.

4. Aguas para consumo

- **Animal**

El hecho de que extensas áreas del llamado Pacífico Seco, vayan a ser regadas durante toda la época seca, permitirá el que tanto animales silvestres como domésticos puedan recurrir a los canales terciarios como fuente de agua.

- **Humano**

Teóricamente, las aguas del Proyecto de Riego son para uso exclusivo agrícola; sin embargo, es fácil anticipar el que serán utilizadas tanto por animales como por el hombre con fines domésticos y para beber, tal y como Arata (1983), lo propone dándole un uso prioritario a un porcentaje del agua de riego para el abastecimiento de agua potable, de no existir otras fuentes de abastecimiento.

5. Control de Plagas de interés agropecuario

Ha sido ampliamente demostrado que en el Area Centroamericana en El Salvador y Nicaragua, por ejemplo, la intensiva aplicación de agroquímicos para el control de insectos, hongos y malezas, ha dado como resultado una enorme presión selectiva sobre insectos de interés médico, especialmente las formas larvales de Culicidae o mosquitos, tanto anofelinos como culicicinos. Tal práctica ha resultado en la aparición de cepas de mosquitos resistentes a los insecticidas tanto organoclorados como a los fosforados que se utilizan en las Campañas de Erradicación de la malaria. El problema de la resistencia es, en estos momentos de primer orden y se puede afirmar que cubre todos los países del área. Lo



anterior es un factor limitante que pone en peligro los logros alcanzados en los distintos programas de Erradicación ya que es evidente su deterioro, con excepción de Costa Rica, a pesar de que hay resistencia de los anofelinos vectores de malaria tanto al DDT, otros clorados, como a los fosforados y carbamatos, resistencia presente en el área escogida para el Proyecto de Riego.

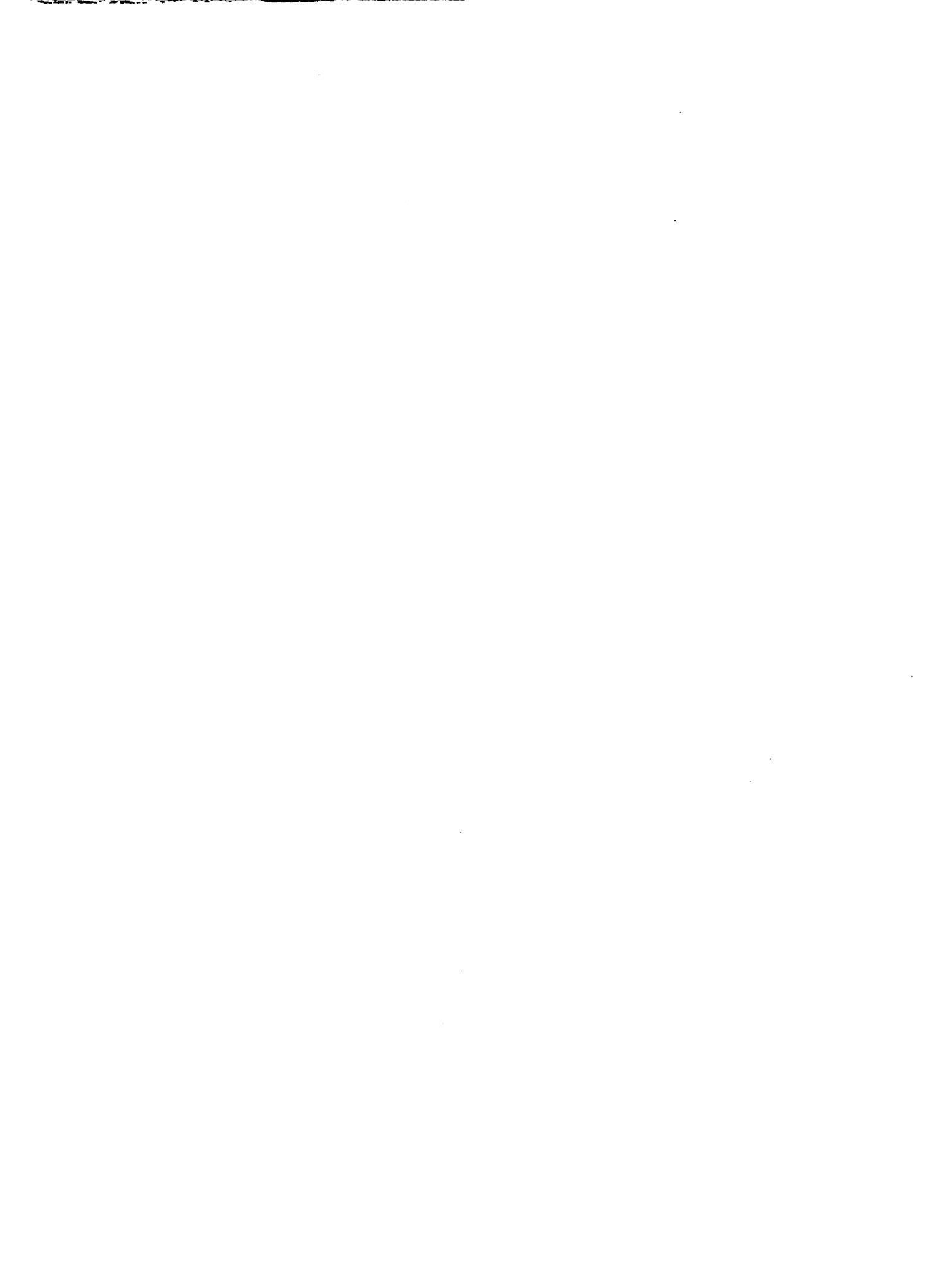
Según las estimaciones dadas por Arata (1983), para los cultivos de arroz, algodón y caña de azúcar, grandes cantidades de fungicidas, herbicidas y rodenticidas e insecticidas, organofosforados y clorados, carbamatos y piretroides, precisamente todos de relación directa con los usados en Salud Pública, son utilizados en el área de Riego de Moracia.

La relación entre los agroquímicos y los mosquitos es en el Proyecto de discusión, de enorme significado ya que las áreas de cultivo de arroz anegado constituyen un típico ejemplo de gigantescos criaderos tanto de culicinos como de anofelinos.

6. Contaminación de las Aguas por Agroquímicos

Es evidente que los niveles de contaminación de las aguas en Costa Rica, así como en otros países, aumenta peligrosamente, según los estudios realizados por grupos de investigadores entre ellos los de la Universidad de Costa Rica. Los productos contaminantes son de muy variado origen, pero uno de los más importantes son los agroquímicos.

A pesar de que teóricamente las aguas de los canales del Proyecto de Riego no serían utilizadas para fines distintos al riego, es factible y casi seguro el que lleguen a ser usadas para fines domésticos y para beber, en especial en aquellas zonas en donde el agua potable sea de difícil disponibilidad. Asimismo podrían ser utilizadas aguas contaminadas para el riego de hortalizas, ofreciendo otra vía de residuos en época que, de acuerdo con el tiempo de desarrollo del cultivo, se pueden absorber y acumular los tóxicos en mayores cantidades.



7. Alteración del equilibrio ecológico

● Barreras en el desplazamiento de animales terrestres

La construcción de los canales primarios y secundarios impedirá el desplazamiento normal de animales silvestres de tipo terrestre. Se formarán entonces, bolsas de especies varias, cuyas interacciones pueden resultar afectadas, aumentando disminuyendo las poblaciones locales.

● **Modificación radical de la vida acuática de los ríos, por la alteración de los caudales y de la velocidad de las aguas**

La inyección de un volumen de agua permanente, en los ríos, a través de todo el año, romperá los ciclos de organismos normalmente establecidos en áreas en donde están claramente definidas una estación seca y una lluviosa. Las cadenas de invertebrados y algunos vertebrados, fases de resistencia, etc., se verán modificadas no solamente por un caudal de agua permanente, sino por la alteración en la velocidad de las aguas, lo que implica modificaciones en las disponibilidades de nutrimentos y substrato.

El desequilibrio esperado no puede ser anticipado, por lo que el impacto ambiental podría ser tanto favorable como desfavorable para poblaciones de grupos importantes en la cadena alimentaria.

● Reserva ecológica

El mantenimiento de una reserva ecológica como área colindante al Proyecto de Riego es de gran interés tanto desde el punto de vista Conservacionista como desde el ángulo de la Salud Humana y Veterinaria, y puede tener aspectos positivos o negativos como los relacionados con la dinámica de mantenimiento y dispersión de patógenos que pueden pasar al hombre, como por ejemplo algunos grupos de arbovirus y otros parásitos.



8. Protozoarios y Protozoosis

8.1. Entamoeba histolytica y amibiasis

Es un protozoario cuyo habitat es el intestino grueso del hombre en donde eventualmente puede invadir la mucosa intestinal y producir el problema patológico conocido como amibiasis y el que en algunas ocasiones no solo se circunscribe al intestino sino que puede invadir, por diseminación sanguínea, órganos como el hígado, los pulmones, el cerebro, etc.

Este parásito se transmite fundamentalmente por la ingestión de frutas y hortalizas contaminadas con tierra en donde han sido depositadas heces humanas con quistes (estado evolutivo infectante) de las amebas (Grould, 1983; Jung Suk, 1976; Marzochi, 1976; Mastrandea et al, 1968; Rudolf et al., 1951). Algunas frutas, pero especialmente las hortalizas, pueden estar en contacto con la tierra con mayor facilidad. Esa tierra será regada con aguas que podrían estar contaminadas con excretas humanas que se encuentren en los alrededores de esos canales y que serían arrastrados por lluvias, viento, etc.

Otros protozoarios intestinales pueden ser transmitidos de igual forma, y aunque la mayoría son comensales, existen el menos dos: Giardia o Lamblia intestinalis (Giardia lamblia), del cual se hace un mayor análisis en el punto 8.2., y Dientamoeba fragilis que también producen afecciones intestinales de consideración.

8.2. Giardia o Lamblia intestinalis (Giarda lamblia), y giardiasis

Este parásito reside en el intestino delgado del hombre en donde tapiza la mucosa produciendo anomalías en la absorción; conduce a trastornos, especialmente en niños, de desnutrición, anemia y otros problemas de importancia.

La transmisión de este parásito ocurre también de manera similar a la E. histolytica, pero además la importancia del agua como tal en la diseminación del parásito ha sido ratificada por grupos de investigadores por ejemplo, en los



Estados Unidos de Norteamérica (Horowitz et al., 1976; Moore et al., 1969). Otro aspecto epidemiológico importante con referencia a este parásito, es el hecho comprobado del papel que pueden jugar ciertos roedores como reservorios. En efecto los brotes de giardiasis que han sido informados en los Estados Unidos, se atribuyen en un alto porcentaje a la contaminación del agua con excretas de castores contaminadas con el parásito (Moore et al, 1969). Este hecho debe ser tomado en cuenta pues el agua de los canales puede atraer a diversos roedores y cánidos (en que también se desarrolla el parásito), (Haiba, 1956), los cuales pueden contaminar el agua que regará los campos y realizará la diseminación del parásito como ya se indicó para la amibiasis.

8.3. *Cryptosporidium* sp. y criptosporidiosis

Este parásito del grupo de los esporozoarios y descrito desde 1910-1912 por Tizzer en ratones, comenzó a relacionarse con patología en el hombre en 1976 (Meissel et al., 1976). Posteriormente muchos casos humanos han sido encontrados especialmente en niños. En Costa Rica, Mata y colaboradores (1984), y Morales han informado de la presencia de este parásito en niños costarricenses.

Este protozoario produce lesiones superficiales a nivel intestinal que dan como resultado diarreas continuas generalmente muy prolongadas y que repercuten en la integridad de los niños especialmente, pues les produce diversos trastornos no sólo digestivos sino de carácter generalizado.

Este parásito se trasmite aparentemente por formas algo similares a los quistes de las amebas, llamadas ooquistes, los cuales se eliminan con las heces. De esta manera los problemas de diseminación están incluidos en el contexto epidemiológico ya discutido. Sin embargo debe agregarse un aspecto más, aparentemente este parásito presenta muy baja especificidad por lo que igualmente se puede encontrar en roedores cánidos y bóvidos como en el hombre. Además los experimentos realizados con material obtenido de todos esos huéspedes indican que la infección cruzada se da entre todos ellos. Esto abre entonces la posibilidad de que las aguas de los canales de riego se contaminen con heces de animales con Cryptosporidium aumentando la posibilidad de contaminación humana de la



manera ya indicada.

8.4. *Toxoplasma gondii* y Toxoplasmosis

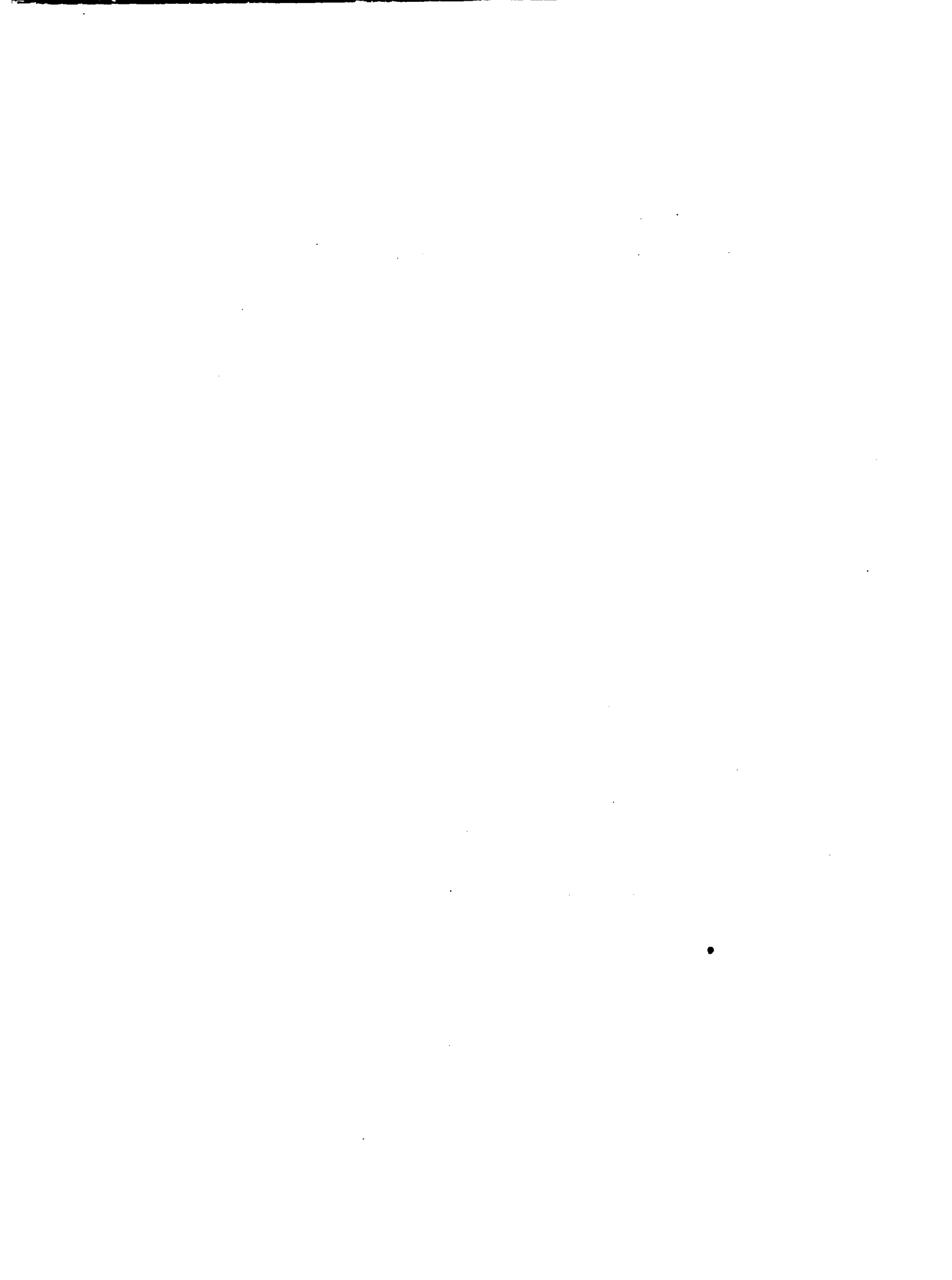
Este parásito, ampliamente conocido pertenece al grupo de los esporozoarios y puede producir diversos problemas patológicos en el hombre. Los problemas de más importancia son las lesiones oculares en personas de cualquier edad y la producción de abortos que aunque suceden con poca frecuencia, significan un riesgo en las mujeres que se infectan durante el embarazo. También se han observado casos de toxoplasmosis diseminada, que generalmente se producen por deficiencias inmunitarias y que llevan a la muerte.

Desde que en 1970 se determinó la importancia de los felinos en el ciclo de vida del *Toxoplasma*, se conoció también que las formas infectantes de este parásito (ooquistes) son eliminados con las heces de gato. Estas materias fecales mezcladas en el suelo contaminan posteriormente al hombre al igual que en el caso de las amebas (Frenkel y Ruíz, 1981; Ruíz y Frenkel, 1980-1980 a). El ganado bovino y porcino también se infectan al ingerir hierbas o alimentos contaminados con tierra contaminada a su vez con ooquistes de *T. gondii*; (Chinchilla y Ruíz, 1976; Frenkel *et al.*, 1975; Ruíz *et al.*, 1973) luego el hombre al ingerir carne poco cocida de este ganado, se infecta también con el parásito (Ruíz, 1966).

Tomando en cuenta todos los conceptos emitidos sobre la toxoplasmosis se puede concluir que el establecimiento de canales de riego podría facilitar la diseminación de la toxoplasmosis por dar mayor posibilidad a las heces de félidos de ponerse en contacto con el hombre y los huéspedes temporales (ganado bovino y porcino) cuya carne es ingerida regularmente.

9. Helmintos y Helmintiasis

Los sistemas de irrigación son excelentes hábitats para diversos tipos de moluscos, entre ellos los hospederos intermediarios de importantes helmintos parásitos del hombre y de animales de interés económico. El drenaje de estos



canales y las aguas estancadas y semi estancadas constituyendo estanques, formados ya sea por derrame, inundación o bien artificialmente, crea enormes reservorios de moluscos donde su desarrollo se ve ampliamente favorecido.

Dentro de estas helmintiasis, cuyo ciclo de vida incluye los moluscos para completar su desarrollo evolutivo, podríamos citar:

9.1. *Schistosoma mansonii* y Esquistosomiasis

Se estima que entre 200 y 300 millones de personas sufren de bilharziasis en varias partes del mundo constituyendo una de las enfermedades parasitarias más comunes que afectan a la raza humana. Durante las últimas décadas esta enfermedad ha aumentado constantemente y en particular en las áreas donde se hacen grandes esfuerzos para mejorar el riego de los suelos. Así, ha adquirido características relevantes en los países donde se han efectuado importantes planes en materia de irrigación lo cual ha contribuido a propagar la enfermedad fuera de las áreas endémicas (Degremont et al, 1972 y Ferrer, 1976).

Si bien en Costa Rica, actualmente, no existen informes de casos autóctonos de esta parasitosis, en algunos países de América Latina como Brasil y Venezuela la esquistosomiasis es un problema de salud pública y podría afectarnos, pues aunque fue en un principio una enfermedad localizada, ahora está en franca dispersión lo cual se acentúa por el incremento en la migración de personas infectadas. Además, en nuestro país existe uno de los hospederos intermediarios (*Biomphalaria straminea*) adecuado para el desarrollo de *Schistosoma mansonii* constituyendo esto un peligro potencial para nuestro país pues la esquistosomiasis es sin duda la helmintiasis más importante que afecta al hombre.



9.2. Fascida hepatica y Fascioliasis

La fascioliasis es una zoonosis de distribución cosmopolita que afecta ovinos, bovinos, porcinos y al hombre. Esta parasitosis, con toda seguridad, es de gran importancia porque las pérdidas económicas que ocasiona en todo el mundo son enormes las cuales están aumentando con la aplicación de mejores métodos agrícolas (Boray, 1969).

Esta trematodiasis, que también requiere de moluscos para completar su ciclo de vida (Fossaria cubensis y Pseudosuccinea columella), existe en nuestro país fundamentalmente en zonas altas dedicadas a la cría de ganado (Brenes et al., 1968). Sin embargo, las zonas bajas, como la del Proyecto de riego que nos interesa, reúne todas las condiciones para el desenvolvimiento de esta parasitosis: ganado bovino, moluscos y agua.

Estos hospederos intermediarios poseen una gran capacidad para ampliar rápidamente su distribución, siempre que existan factores ambientales adecuados. Estas características son de particular importancia en sistemas de riego donde puede ocurrir una fácil expansión de la fascioliasis. Los principales hábitats de los caracoles son corrientes temporales o permanentes que existen naturalmente. Los riachuelos y los ríos no son muy adecuados, pero los remansos adyacentes, los pantanos y los canales que llevan agua a los embalses proveen excelentes condiciones para el desarrollo de los moluscos. Sin embargo, las grandes corrientes, con pocos caracoles, también son importantes en la recolonización de corrientes temporales y en el transporte de los moluscos a largas distancias. Las represas naturales y artificiales que suministran agua para beber a los animales, son buenas áreas para los caracoles si están protegidas de las altas y bajas temperaturas, de las inundaciones o de la sequía. Si a lo anterior agregamos el hecho de que el ganado procedente de áreas endémicas es trasladado a la zona en estudio, debemos suponer que fácilmente podría ocurrir la expansión y la creación de una nueva e importante área de fascioliasis bovina y por ende humana.

Como consecuencia de la significación económica a nivel veterinario (pérdida de productividad animal y decomisos de hígados) como de su repercusión a nivel humano, es que consideramos que la Fasciola hepatica es un parásito que



debe ser considerado en el proyecto que nos ocupa.

9.3. Paragonimus mexicanus y Paragonimiasis

Los Paragonimus spp. tienen una amplia distribución geográfica y en algunas regiones del mundo son causa importante de enfermedad humana. En Costa Rica existen dos especies de Paragonimus presentes principalmente en el Pacífico seco de las cuales, P. mexicanus ha sido considerada como responsable de infecciones en el hombre, algunas con consecuencias fatales (Brenes et al, 1980).

En la provincia de Guanacaste, en Bagaces y Liberia, se ha encontrado este parásito junto con moluscos y crustáceos de agua dulce que actúan como hospederos intermediarios (Monge et al 1985). Probablemente una gran cantidad de mamíferos silvestres (mapaches, tigrillo, manigordo, pizote, zorro cuatro ojos, etc). son los hospederos definitivos manteniendo el ciclo en la naturaleza.

El sistema de riego propuesto al igual que en las otras parasitosis mencionadas, favorecerá el desarrollo de los moluscos que sirven de primer hospedero intermediario (Aroapyrgus costaricensis). Estos caracoles son muy comunes y se congregan en grandes colonias en las raíces de los árboles que forman una fina red que se mantiene sumergida en el agua. Así mismo, los cangrejos, principalmente Ptychophallus tristani, están presentes en riachuelos poco profundos y de corrientes moderadas. Lógicamente el programa de riego permitirá la expansión de los hospederos, intermediarios y definitivos, a áreas libres de la parasitosis al mantener con agua, durante todo el año, aquellos riachuelos que hasta hoy son intermitentes.

Los habitantes de las áreas rurales de Costa Rica tienen por costumbre capturar cangrejos y langostinos de agua dulce con el fin de ingerirlos, generalmente los preparan poco cocidos o crudos con el consiguiente riesgo de adquirir esta parasitosis que si bien no es muy frecuente sí, en nuestro medio, es muy grave, en general, por las implicaciones anatomopatológicas que produce.

9.4. *Angiostrongylus costaricensis* y Angiostrongiliasis abdominal

Esta es una enfermedad parasitaria causada por Angiostrongylus costaricensis, nemátodo que realiza su ciclo biológico utilizando como hospedero definitivo a las "ratas de milpa" (Sigmodon hispidus) y como hospedero intermedio a un molusco, la "babosa común" (Vaginulus (S.) plebeius). En condiciones naturales la infección del hospedero definitivo ocurre por la ingestión de larvas infectantes, contenidas en las "babosas" o en la secreción que dejan a su paso (Morera, 1970; Morera y Ash, 1970, Morera y Céspedes, 1971).

Con el desarrollo de las nuevas políticas agrícolas, impulsadas por el plan de riego propuesto, sin duda se incrementarán diversos cultivos entre ellos las verduras, las legumbres y la caña de azúcar, lugares donde los hospederos intermediarios y definitivos alcanzan importantes índices de densidad poblacional con el consiguiente peligro de infección del hombre con este importante parásito fundamentalmente a través de verduras, legumbres y frutas contaminadas con la baba del molusco y eventualmente por la ingestión accidental de los mismos, presentes en los alimentos mencionados.

En Guanacaste, en las zonas dedicadas a la siembra de caña de azúcar existe una población bastante crecida de ratas que provocan importantes daños en dicho cultivo y además, es sabido que en algunos lugares de la provincia hay una alta incidencia de angiostrongiliasis abdominal por lo que consideramos que este parásito debe ser mirado con atención en los posibles programas de prevención de enfermedades que se establezcan en el distrito de riego.

9.5. Helmintiasis intestinalis

Bajo este apartado incluimos varias helmintiasis importantes como la ascariasis, la anquilostomiasis y la tricocefaliasis que en algunas ocasiones afectan en gran medida la salud del hombre y por consiguiente el desarrollo de importantes regiones. Estas parasitosis reflejan entre otros factores, el comportamiento de los pobladores y las condiciones sanitarias del medio, puesto que el mecanismo de transmisión de estos parásitos, depende de la inadecuada disposición de las excretas y de la contaminación ambiental por los huevos eliminados diariamente con las heces.

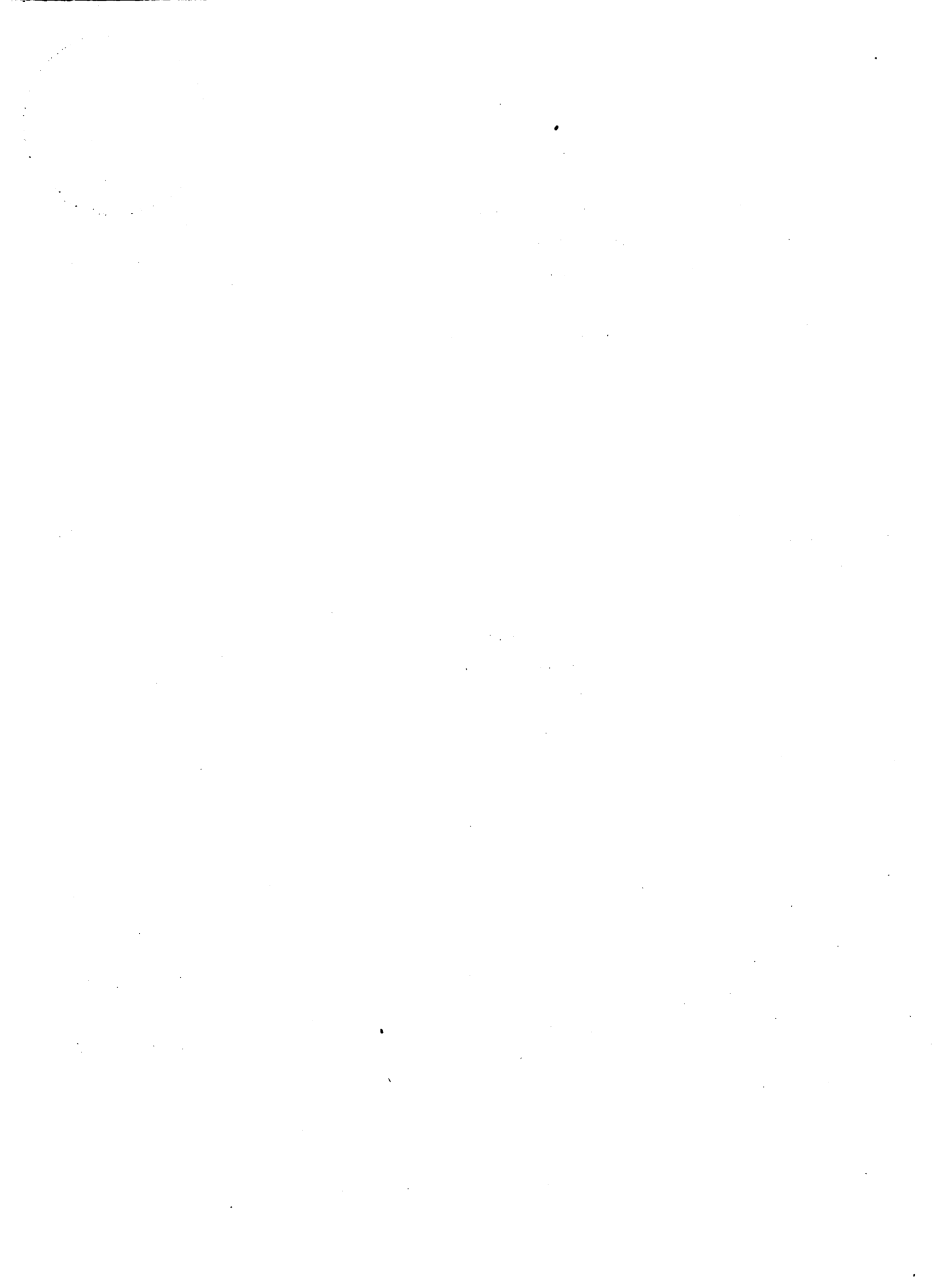


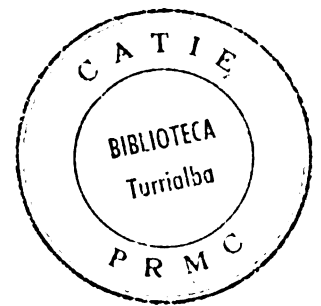
Esta polución fecal incluye además del suelo, la vegetación y el agua, constituyendo ésta, un importante vehículo en la expansión de estas parasitosis no solo por el transporte de los huevos a larga distancia sino por la contaminación de diversos alimentos: frutas, verduras, legumbres y otros, por medio de los mecanismos de riego empleados en el mejoramiento y manutención de estos cultivos. Por otro lado, si tales aguas son empleadas en el consumo y en la preparación diaria de los alimentos, los usuarios terminarán adquiriendo éstas y otras parasitosis.

En los últimos años, en nuestro país, las parasitosis intestinales habían alcanzado índices de prevalencia relativamente bajos. Sin embargo, más recientemente se ha notado un aumento en tales índices no solamente por la crisis económica que atravesamos que afecta todos los campos del desarrollo, sino posiblemente por el ingreso en forma constante de numerosos refugiados, procedentes de otros países de América Central, quienes están altamente parasitados y que dedicándose a las labores agrícolas contaminan el suelo, en diversos lugares del territorio nacional con heces que contienen las formas parasitarias de los helmintos en mención. Esto constituye un grave problema de sanidad ambiental, principalmente en la provincia de Guanacaste donde se pretende desarrollar un importante y gran programa de riego y en donde, de haber contaminación fecal del agua, conducirá a un notable aumento de las helmintiasis intestinales (Mata, 1982; et al 1984).

10. Enteropatógenos

Los enteropatógenos constituyen un grupo de organismos que por ser causa significativa de morbilidad y mortalidad son de extraordinaria importancia en la salud humana y veterinaria. El agua es una de las vías de diseminación de los virus y de las bacterias (Salmonella, Shigella, enterovirus) clásicamente involucrados en los problemas diarreicos, especialmente en niños. La contaminación de las aguas por fuente humana o animal, por materias fecales, debe ser tomada en cuenta. Los estudios realizados por el equipo de investigadores del INISA y del Hospital Nacional de Niños entre otros (Mata et al 1983), han permitido valorar y aclarar una serie de factores de la epidemiología, involucrados





en el problema. Desgraciadamente no se cuenta con estudios similares que sean indicativos de la situación prevalenciente en la Provincia de Guanacaste. La participación de otros agentes como Escherichia coli patógena y del Campylobacter fetus jenuni complican el panorama y requieren de una tecnología de análisis e interpretación clínica no siempre al alcance de todos los equipos de profesionales de la salud.

11. Artrópodos como Vectores y causas de molestias

• Malaria

Los estudios epidemiológicos de fines de la década de los años treinta e inicio de los cuarentas por Kumm y Ruiz-Soto (1939, 1940), delimitaron el área malárica de Costa Rica en una zona comprendida entre los 0 y los 500 m sobre el nivel del mar. La provincia de Guanacaste fue especialmente importante por la alta incidencia de casos de malaria y ofreció problemas tanto durante la Campaña de Control como en la de Erradicación. Los estudios antes indicados revelaron la amplia distribución del P. vivax, P. malariae y P. falciparum (con un 26.8/ de positividad), así como del vector primario Anopheles albimanus y de los secundarios A. pseudopunctipennis y A. punctimacula, precisamente en el área incluida en el Proyecto de riego.

Si hacemos un estudio retrospectivo de los últimos 25 años para observar los patrones de transmisión de malaria en Guanacaste, notamos grandes bolsas o áreas más o menos delimitadas, las que van reduciéndose en extensión y en profundidad hasta convertirse en focos aislados de transmisión, en especial en la década de los setenta. A la vez, se nota durante los últimos 15 años, que los casos de malaria importados para todo el país, han sido en varios períodos, superiores a los autóctonos. Este problema es especialmente grave para la zona norte del país, y por supuesto para Guanacaste. Es fundamental el destacar que muy posiblemente un elevado porcentaje de los casos importados, se trata de individuos con infecciones por plasmodios resistentes a las drogas utilizadas en las Campañas de Erradicación y por otro lado, el contar con cepas de anofelinos resistentes a los insecticidas de mayor aplicación en las campañas. Estos dos factores hacen que la zona norte del país sea vulnerable y que deba estar incluida como una área

de grave riesgo de perder los logros de la Erradicación en Costa Rica.

En relación con los vectores de malaria es importante el tener en cuenta que el A. albimanus se asocia con los cultivos de arroz, estableciéndose extensos criaderos del mosquito. A. pseudopunctipennis utiliza criaderos abiertos, expuestos al sol entre algas flotantes tipo Spirogyra y A. punctimacula en criaderos sombreados, aguas semiestancadas, charcas y pantanos (Vargas, 1978, Garcés, 1980).

Estudios realizados por Mario Vargas V. (1955-1960), demostraron que un porcentaje significativo de individuos con malaria son asintomáticos, lo que adquiere especial relevancia según lo anotado por Garcés (1982), en el sentido de que los actuales brotes tienen como característica común la presencia de trabajadores extranjeros que se movilizan constantemente a distintas zonas del país, lo que significa que en definitiva eluden los sistemas de vigilancia. La resistencia al Dieldrin del vector primario de malaria en Costa Rica, A. albimanus, fue constatada desde 1957 por lo que a partir de tal año, solo se utilizó el DDT. A partir de 1971 se utiliza el propoxur (OMS-33) en las áreas con resistencia.

Desde un punto de vista epidemiológico, podemos indicar que el Programa de Erradicación de la malaria alcanzó en Costa Rica un notable progreso durante el período 1968-1972, con una reducción en la incidencia de la malaria equivalente a un 97%. Sin embargo, con posterioridad a 1972 se torna la situación de tipo estacionaria hasta 1983 (entre 0.71 y 0.16).

El bienio 1984-85 pareciera reflejar una tendencia regresiva. Corresponde a casos importados de Nicaragua, para el año de 1984, el 47% del total de casos ocurridos en todo el país, lo que revela de la gravedad del problema (Garcés, 1984).

La provincia de Guanacaste está incluida en la fase de Consolidación del Programa.



- **Fiebre Amarilla y Dengue**

En 1950 el Gobierno de Costa Rica firma un convenio con la OPS y UNICEF para operar un Programa amplio de Control de Insectos y entre los objetivos se estableció el compromiso de erradicar de Costa Rica el Aedes aegypti, vector de la fiebre amarilla y del Dengue.

Entre 1949-1951 se encontraron 104 localidades positivas por Ae. aegypti. La provincia de Guanacaste presentó una infestación generalizada en 51 localidades y extendida en profundidad desde el Golfo de Nicoya a la Costa del Pacífico. Costa Rica estuvo libre del Ae. aegypti desde 1952.

Es importante recordar que en 1951-1952, se presentó una epidemia en nuestro territorio, de fiebre amarilla selvática, la que no se urbanizó debido a la ausencia del Ae. aegypti. Ya en 1960 se declara formalmente erradicado del país el vector, luego de haberse realizado una verificación final (Coles, 1960). En 1971 Mario Vargas, presentó a consideración del Ministerio de Salubridad Pública un documento sobre técnicas a seguir para mejorar el sistema de detección de posibles focos de larvas de Ae. aegypti, el cual fue acogido plenamente por el SNEM, coincidiendo tal estudio con una encuesta entomológica para conocer la situación real del país en relación con el vector de la fiebre amarilla urbana. Se detectó una nueva reinfestación en Puntarenas centro y en Limón, lo que indica la relativa facilidad con la que el vector se puede reinstalar en zonas consideradas como libres del mosquito. Desde 1971 al presente no se han vuelto a realizar encuestas exhaustivas para determinar la posible reinfestación de algunas zonas por el Ae. aegypti. Si se está en conocimiento, de pequeños focos de reinfestación en unas pocas localidades, los que aparentemente han sido eliminados. Es evidente entonces la urgente necesidad de realizar una encuesta exhaustiva y aplicando las mejores técnicas, para no poner en peligro el éxito de nuestros programas, en vista del deterioro en los programas de control y erradicación de vectores en el área centroamericana, todo como resultado de la inestabilidad política de la región.

No podemos dejar de lado que en 1970-1972 y 1980-1981 se presentaron importantes epidemias de Dengue en varios países de Latinoamérica y del Caribe, en la cual Centroamérica estuvo involucrada y Costa Rica también amenazada.



• Simúlidos o Moscos del Café

Los simúlidos o moscos del café, son dípteros, vectores de la Onchocerca volvulus, helminto causante de la oncocercosis o "ceguera de la costa", entidad clínica de gran importancia en Africa y América Latina, calculándose en unos 20 millones de individuos enfermos. La enfermedad no ha sido reconocida en Costa Rica; sin embargo, sí se encuentran algunas de las especies consideradas como vectores en otros países tales como México y Guatemala. Estudios básicos sobre la ecología de los simúlidos en Costa Rica han sido realizados por Vargas y Travis (1973), y de tales podría anticiparse la instalación de criaderos de los moscos en los canales primarios, secundarios y terciarios del Proyecto de Riego. Lo anterior significará un aumento, imposible de medir al momento, sobre las densidades de las distintas especies. La posibilidad de transmisión de patógenos aumentará lógicamente, complicándose el panorama por el hecho de que los simúlidos son además vectores de arbovirus del grupo de las encefalitis de animales y que pueden pasar al hombre. No menos importante es el hecho de que algunas especies de simúlidos son especialmente atraídas por la sangre humana, constituyendo la picada un gran problema en ciertas áreas, tanto por la sensibilización causada, como por la acción expoliadora. Son muchos los ejemplos sobre este problema, uno de ellos presentado en años recientes en la zona de la Fortuna en Panamá, en donde la acción de la picada de los simúlidos, fue causa de una importante pérdida de horas-hombre y molestia para los trabajadores de la zona.

• Musca domestica y otras moscas

Del saneamiento ambiental depende fundamentalmente la densidad de Musca domestica y de otras moscas relacionadas de interés médico tal como Cochliomyia, este último, género, relacionado con el problema de miasis o gusaneras en nuestro medio. La mosca casera es de importancia como vector mecánico de enteropatógenos, causa fundamental de diarreas. En los nuevos asentamientos se debe asegurar un plan modelo habitacional, facilidades de agua potable y disposición adecuada de las basuras. Intimamente ligado al nivel de higiene y salud de la población está el conocimiento básico de los principios que los regulan tanto a nivel familiar como comunitario.

12. Resumen

Se hace una revisión de los aspectos más importantes sobre la construcción de la Hidroeléctrica El Bayano en Panamá y su significado desde el punto de vista ecológico. El estudio realizado por los investigadores en Panamá, se basó en la medida de la dinámica de transmisión de arbovirus y constituye un magnífico ejemplo del impacto ambiental que este tipo de obra significa en la región neotropical.

Basándonos por otro lado en la información técnica del Proyecto de Riego y sobre los patrones de conducta humana, prácticas agropecuarias sobre control de plagas y el hecho de que serán modificados los cauces, caudales y niveles de aguas durante todo el año, en forma permanente, se analizan las posibles alteraciones en la dinámica poblacional de animales especialmente vertebrados e invertebrados silvestres y las posibles consecuencias que en una u otra forma puedan reflejarse en las cadenas de transmisión de patógenos de interés médico-veterinario.

Se especifican los agentes etiológicos y entidades clínicas-resultantes, causados por protozoarios, helmintos, virus, bacterias y artrópodos de interés médico-veterinario y las que, de acuerdo con las características del Proyecto de Riego, deben ser consideradas para anticipar acciones que aseguren un desarrollo armónico de la región tanto desde el punto de vista económico como de Salud.

Se proponen medidas concretas de carácter preventivo y se sugieren los estudios y organismos que podrían llevarlos a cabo, para mantener un adecuado funcionamiento del Sistema. Por último se sugiere un posible modelo de coordinación de las actividades técnico-administrativas para dar un sustento a todas las acciones indicadas.

13. Recomendaciones

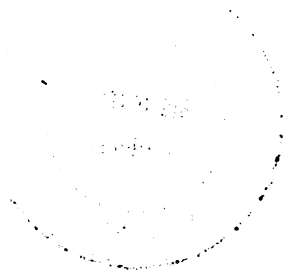
Coordinación técnico-administrativa del Sector Salud:

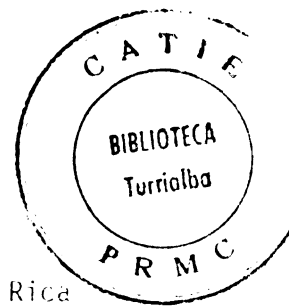
- a. El Ministerio de Salud deberá coordinar con el de Agricultura y Ganadería:

- a.1. Los estudios para determinar los tipos de plaguicidas, disifunciones y modo de empleo, para evitar en lo posible los problemas de resistencia de los vectores así como de contaminación de productos agrícolas, aguas, leche, carne y en humanos.
- b. El Ministerio de Salud coordinará con la Caja Costarricense de Seguro Social todo lo relativo con los requerimientos de tipo asistencial (Servicios hospitalarios).
- c. El Ministerio de Salud coordinará con el de Educación Pública:
 - c.1. El personal docente necesario para la Enseñanza y la debida capacitación de tal personal en materia de salud comunitaria.
- d. El Ministerio de Salud coordinará con las instituciones encargadas de la vivienda, INVU, IMAS:
 - d.1. Un plan habitacional integral que contemple los aspectos poblacionales, de desarrollo y salud.
- e. El Ministerio de Salud brindará los siguientes servicios:
 - e.1. Control permanente de malaria a través del SNEM.
 - e.2. Personal permanente del Departamento de Saneamiento ambiental.

Contratación de servicios técnicos para la realización de estudios especializados en sus respectivos campos con los siguientes organismos e instituciones:

- a. Centro de Investigación y Diagnóstico en Parasitología CIDPA, Universidad de Costa Rica
 - Estudio sobre la prevalencia de:
 - a.1. Parásitos intestinales en la población de los asentamientos
 - a.2. Estudio sobre vectores (Anofelinos, Culicinos, Simúlidos, Ceratopogónidos, Múscidos y Califóridos), reconocimiento de especies, densidades y niveles de susceptibilidad a los insecticidas.
 - a.3. Estudio sobre Hospederos Intermediarios (caracoles, crustáceos) para determinar la positividad por tremátodos).
 - a.4. Estudio sobre control biológico de mosquitos.





- b. Instituto de Investigaciones en Salud, INISA, U. de Costa Rica
 - b.1. Diagnóstico sobre la prevalencia de Enteropatógenos en la población de los Asentamientos.
- c. Instituto de Acueductos y Alcantarillados, A y A.
 - c.1. Análisis bacteriológico y Químico de la calidad de las aguas de las represas y canales. Idem para la red de distribución de agua potable de los Asentamientos.
- d. Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud, INCIENSA.
 - d.1. Estudio sobre la situación nutricional de la población de los Asentamientos.
- e. Centro de Investigación en Contaminación Ambiental CICA, Universidad de Costa Rica.
 - e.1. Estudio sobre el problema de contaminación por agroquímicos en los productos agrícolas, ganado y en humanos.
- f. Con la Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica o de Ciencias Ambientales, U.N.A.
 - f.1. Estudio sobre la Reserva Ecológica. Inventario de Fauna-Flora, dinámica de poblaciones.

Medidas de Prevención y Control de Protozoosis, Helmintiasis y Enteropatógenos (Virus y Bacterias)., de Ciclo Directo

- 1. Aunque los procesos de dilución natural por el volumen y velocidad de las aguas de los canales, constituyen un mecanismo efectivo para disminuir la posibilidad de transmisión directa de los estadios evolutivos infectantes de los patógenos, se recomienda:
 - a. Que el tipo de construcción de los canales impida el que la tierra u otros materiales puedan caer a los cauces.
 - b. Medidas para impedir la utilización del agua de los canales por parte de animales como el ganado vacuno, mediante cercas.
 - c. Disposición adecuada de heces humanas (Programa de Letrinización).



- d. Programa de Educación Sanitaria con la población en general dirigida a lograr la modificación de los malos hábitos de higiene y el cambiar los hábitos alimentarios tal como el consumo de crustáceos crudos.
- e. Control bacteriológico permanente, de las aguas del Proyecto.

Medidas de Prevención y Control de Helminthiasis con ciclos indirectos

1. Control de las poblaciones de caracoles, mediante los cambios de niveles de las aguas de los canales mediante compuertas y limpieza regular de trayectos.
2. Control y eliminación de las poblaciones de crustáceos acumulados en las áreas de las compuertas.
3. Aplicación de un programa de control biológico de moluscos mediante insectos y otros patógenos.

Medidas de Control de Vectores:

1. Control de larvas de culícidos (anofelinos y culicinos), en las zonas regadas con aguas permanentes o semipermanentes de tipo estancado. Se debe pensar en un plan piloto de control biológico, utilizando gusanos mermítidos (Nematoda: Mermithidae) tipo Romanomermis así como peces indígenas del área tipo Lebistes.
2. Un plan de limpieza de los espaldones de los canales contribuirá eficazmente a disminuir las poblaciones de larvas y pupas de los simúlidos.
3. Un estricto programa de Saneamiento ambiental, para asegurar que se alcance un adecuado sistema de disposición de materias fecales y basuras, aspecto fundamental para lograr disminuir las poblaciones de moscas.

14. Bibliografía

- Boray, J.C. Experimental Fascioliasis in Australia. *Adv. Parasitol*, 7: 95-210, 1969.
- Brenes, R.R., Arroyo, G., Muños, G., Delgado, E. Estudio preliminar sobre Fasciola hepatica en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 15: 137-142, 1968.
- Brenes, R., Zeledón, R., Rojas, G. Biological cycle and taxonomic position of a Costa Rican Paragonimus and the present status of Paragonimus mexicanus from the new world. *BRENEZIA* 18: 353-366, 1980.
- Coles, J.A. Informe final de Costa Rica 30 Nov. 59-31 Oct. 60 Erradicación Final de Aedes aegypti. Ministerio de Salubridad Pública-Oficina Sanitaria Panamericana; 18 p., 1960.
- Chinchilla, M. y Ruiz, A. Cochoaches as possible transport host of T. gondii in Costa Rica. *J. Parasitol* 62: 140-142, 1976.
- Degremont A., A., Geigy, R., Perret, P. Preliminary results of the project for controlling and preventing schistosomiasis in the Lower Mangoky (Malagasy Republic). *Acta Tropical* 29(2): 136-174, 1972.
- Ferrer, F. H. Programa de lucha contra la bilharziasis en Venezuela. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección Malariología y Saneamiento Ambiental. División de Endemias rurales. Maracay, Aragua, Venezuela, Diciembre, 26 p., 1976.
- Frenkel, J.K. y Ruiz, A. Endemicity of toxoplasmosis in Costa Rica. Transmission between cats, soils, intermediate hosts and humans. *A. J. Epidemiol* 113: 256-269, 1981.
- Frenkel, J. K., Ruiz, A. y Chinchilla, M. Soil survival of Toxoplasma oocysts in Kansas and Costa Rica. *Am J. Trop. Med. Hyg.* 24: 439-443, 1975.
- Grould, W.A. Micro-contamination of horticultural products. *Hort Science* 8: 12-15, 1973.
- Galindo, P. et al. Impacto de la Hidroeléctrica de Bayano en la transmisión de Arbovirus. *Rev. Med. Panamá* 8(2): 89-134, 1983.
- Garcés, J.L. Programa Erradicación de la Malaria (1982). *Semana Epidemiológica* 11(12): 1-4. Semana terminada el 26 de marzo de 1983. Div. Epidemiol Min. Salud Costa Rica.
- Garcés, J.L. SNEM. Tasas de incidencia parasitaria de la Malaria, Costa Rica 1967-1984. Clasificación Casos de Malaria por Provincia Enero-Diciembre. 1984. Clasificación de Casos de Malaria por Areas Enero-Dic. 1984. Hojas Mimeografiadas 3 p.

- Garcés, J.L. Situación de la Malaria en 1979. Semana Epidemiológica. Semana terminada 7 de marzo 1980. Div Epid Min Salud Costa Rica 8(10) 1.
- Haiba, M.H. Further study on the susceptibility of murines to human giardiasis. Z Parasitenkd 17: 339-345, 1956.
- Horowitz, M.A., Hughes, J.M. y Craun, G.F. Outbreaks of waterborne disease in the United States. J. Infect Dis. 133: 588-593, 1976.
- Jung Suk, L. Demonstration of helminth eggs and larval from vegetable cultivating soil. Korean J. Parasitol 14: 32-40, 1976.
- Kumm, H.W. y Ruiz-Soto, H. Investigación sobre Malaria y Zancudos en Costa Rica. Imprenta Nacional San José 1940, 32 p.
- Kumm, H.W., Volio, E. y Ruiz, H. Malaria. Secretaría de Salubridad Pública y Protección Social. Informe Anual 1939, 16 p.
- Marzochi, M.C.A. Estudio dos factores involucrados na disseminacao dos enteroparasitas II. Estudo da contaminacao de verduras e solo de horta da Cidade de Ribeirao, Sao Paulo Brasil. Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo 19: 148-155, 1977.
- Mastrandea Micarelli, G.B.A. Ricerca parasitaria nei prodotti vegetali prevaletti da alcuni mercati rionali della cita de Roma. Arch. Ital. Sei. Med. Trop. Parasit. 49: 55-59, 1968.
- Mata, L. Sociocultural factors in the control and prevention of Parasitic diseases. Rev. Infect. Dis. 4: 871-879, 1982.
- Mata, L. et al. Diarrhea associated with rotaviruses, enterotoxigenic Escherichia coli, Campylobacter, and other agents in Costa Rican children, 1976-1981. Am. J. Trop. Med. Hyg. 32(1): 146-153, 1983.
- Mata, L., Bolaños, H., Pizarro, D. y Vives, Marcela. Cryptosporidiosis in children from some highland Costa Rican rural and urban areas. Am. J. Trop. Med. Hyg. 33: 24-29, 1984.
- Mata, L. et al. Cambios en la prevalencia de los helmintos intestinales en Costa Rica, 1966-1982. Simposio Internacional sobre Control y Erradicación de Enfermedades Infecciosas, INISA, Universidad de Costa Rica, Febrero, 1984; 33 p.
- Meissel, J.L. et al. Overwhelming watery diarrhoea, associated with a Cryptosporidium in an immunosuppressed patient. Gastroenterology 1976; 70: 1156-1160.
- Monge, E., Brenes, R., Muños, G. Infección natural de Ptychophallus tristani (Crustacea: Decapoda) con metacercarias de Paragonimus mexicanus (Trematoda) en Tabarcia de Mora, Costa Rica. Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo 27: 23-26, 1985.

- Morera, P. Investigación del huésped definitivo de Angiostrongylus costaricensis. Bol. Chil. Parasitol. 25: 133-134, 1970.
- Morera, P., Ash, L.R. Investigación del huésped intermediario de Angiostrongylus costaricensis. Bol. Chil. Parasito. 25: 135, 1970.
- Morera, P., Céspedes, R. Angiostrongiliasis abdominal. Acta Médica Costa Rica 14: 159-173, 1971.
- Moore, G. et al. Epidemic giardiasis at a ski resort. N. Engl. J. Med. 281: 402-407, 1969.
- Rudolf, W., Falk, L.L. Contamination of vegetables grown in polluted soil II. Field and Laboratory studies on Entamoeba cysts. Sewage Ind. Wastes 23: 478-485, 1951.
- Ruiz, A. Isolation of T. gondii from swine in Costa Rica. Ann. Trop. Med. Parasit 60: 429-431, 1966.
- Ruiz, A. y Frenkel, J.K. Intermediate and transport hosts of T. gondii in Costa Rica. Am. J. Trop. Med. Hyg. 29: 1161-1166, 1980.
- Ruiz, A. y Frenkel, J.K. Toxoplasma gondii in Costa Rican cats. Am. J. Trop. Med. 29: 1150-1160, 1980.
- Ruiz, A., Frenkel, J.K. y Cerdas, L. Isolation of Toxoplasma from soil. J. Parasito 59: 204-206, 1973.
- Vargas, M. y Travis, B.V. Bionomía de los simúlidos (Diptera: Simuliidae) en Costa Rica IV. Localización y descripción de los lugares de recolección. Rev. Biol. Trop. 21(1): 143-175, 1973.
- Vargas, M. Notas sobre Artropodología Médica. Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica, 1978, 113 p.



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

Turrialba – Costa Rica – Teléfono: 56-64-31 Ext. 279 – Télex: 8005 CATIE C.R.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PROGRAMA DE MANEJO DE CUENCAS

