

**REPUBLICA DE EL SALVADOR
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

**CONSULTORIA
DIAGNOSTICO PARA EL ANALISIS DE LA
VULNERABILIDAD FISICA Y SOCIAL DE**

La Cuenca Baja del Río Lempa



CONSULTORES

LUIS GUILLERMO BRENES QUESADA

MELIBEA GALLO

EDUARDO RODRIGUEZ HERRERA

DIRECTOR: ALLAN LAVELL

DICIEMBRE DEL 2000

**DIAGNOSTICO BIOFISICO
PARA MITIGACION DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y SOCIAL
DE LA REGION DEL BAJO LEMPA,
NOVIEMBRE DEL 2000**

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

I.- INTRODUCCIÓN: LA REGIÓN DE ESTUDIO Y LA CUENCA DE EL BAJO LEMPA	14
1.- EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECUPERADA O UBICADA	16
2.- RESULTADO DE LA COORDINACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO EN EL AREA	16
II.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-METODOLÓGICA: EL ORDENAMIENTO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	18
1.- LA GEOMORFOLOGÍA APLICADA AL ORDENAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	21
2.- CONDICIÓN DE USO DE LA TIERRA	22
3.- DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN ECODINÁMICA DE LAS TIERRAS	23
4.- LA COBERTURA FORESTAL EFECTIVA CON RESPECTO AL ESCURRIMIENTO FLUVIAL Y LA CONCENTRACIÓN DE CAUDALES INSTANTÁNEOS.	23
5.- USO DE UN INDICADOR DE COBERTURA EFECTIVA	24
6.- AMENAZAS NATURALES	25
6.1. El riesgo de inundación	25
6.1.1. Los principios del manejo del riesgo de inundación	25
6.1.2. Opciones para el manejo de las inundaciones	26
6.1.3. Control de las fuentes	27
6.1.4. Almacenamiento superficial del agua	27
6.1.5. Diques o bordas	27
6.1.6. Elevación de la vivienda y protección de inundación	27
7.- LA INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA	27
III.- INTERPRETACIÓN DE LAS CONDICIONES BIOFISICAS E HIDROGEMORFOLÓGICAS	29
1 LA ECODINÁMICA Y LA CONDICIÓN DE USO	31
2 HIDROLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE LAS INUNDACIONES	33
2.1 Régimen de Caudales	35
3 SÍNTESIS HIDROGEMORFOLÓGICA DEL BAJO LEMPA	41
4.- LA REGULACIÓN DE LOS EMBALSES	42
5.- OBSERVACIONES SOBRE LA DINÁMICA LITORAL	42

IV.- PROBLEMAS DE MANEJO EN RELACIÓN AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN.	43
1- PERCEPCIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN	44
2.- PROBLEMAS DE MANEJO DEL FLUJO HÍDRICO AL NIVEL LOCAL	45
3.- EL MANEJO DE EXCEDENTES DE AGUA EN LOS CENTROS DE POBLACIÓN	46
4.- PROBLEMAS DEL MANEJO HÍDRICO A PARTIR DE LOS COLECTORES NATURALES	47
5 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD A LAS INUNDACIONES EN EL BAJO LEMPA	49
V.- SITUACIÓN DE LOS BOSQUES EN EL BAJO LEMPA	51
1 BOSQUE DE NANCUCHINAME	52
2 LA PRESIÓN SOBRE EL RECURSO NATURAL	53
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
VII.- BIBLIOGRAFÍA	59
VIII.- IMÁGENES	65

**DIAGNOSTICO BIOFISICO
PARA MITIGACION DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y SOCIAL
DE LA REGION DEL BAJO LEMPA,
NOVIEMBRE DEL 2000**

CONSULTORES GRUPO LAVELL:

Luis Guillermo Brenes. Hidrogeomorfólogo. Esp. Ordenamiento Medio Natural
Melibe Gallo. Bióloga Especialista Forestal
Eduardo Rodríguez. Geógrafo Especialista, Sistemas de Información Geográfica y Ordenamiento Territorial

Presentación

El Grupo de Consultores responsables de esta fase de la Consultoría se siente muy honrado en presentar a las Autoridades de gobierno de la República de El Salvador, Representación del BID, Comunidades y líderes del Bajo Lempa, el resultado de sus reflexiones, producto del trabajo de indagación bibliográfica, visitas al campo, interpretación de la información utilizando métodos modernos de sensores remotos y sistemas de información geográfica. Producto también, del diálogo con honestos funcionarios públicos y miembros esperanzados de las comunidades del Bajo Lempa, ubicados allí como consecuencia de los acuerdos de paz que sucedieron al conflicto armado y afectados por la naturaleza, y el comportamiento del huracán Mitch, y por defectos en la previsión de impactos sociales de la operación del sistema de represas del río Lempa.

Lo que aquí se escribe es producto de la reflexión científica, del análisis objetivo de la situación de los recursos naturales y de la ordenación de las actividades socioeconómica en el contexto de los paisajes geográficos, y lo que aquí se incluye lo sostenemos ética y profesionalmente, ante el valiente pueblo salvadoreño y el Dios que gobierna nuestras conciencias.

Diciembre del 2000.

I.- INTRODUCCIÓN: LA REGIÓN DE ESTUDIO Y LA CUENCA DE EL BAJO LEMPA

La cuenca del río Lempa es morfológicamente una cuenca atípica, de forma poco relacionada con la fisonomía de una cuenca clásica. Posiblemente han intervenido en ella varios factores que asociados al vulcanismo, procesos de subducción y fallamiento han originado capturas y desviaciones de cursos fluviales antecedentes que dibujaban una morfología muy diferente a la actual (Fig.1)

La cuenca internacional tiene una extensión de 18 246 km², de los cuales corresponden 10,000 km² a El Salvador. El perímetro de la cuenca es de 933 km, su pendiente media es del 11% con una elevación media de 875 msnm. Estos valores de pendiente expresan finalmente cuatro aspectos básicos:

- El manejo de la cuenca debe ser compartido con los países que generan y comparten el recurso
- La cuenca tiene una área colectora significativa y en consecuencia, generadora de grandes caudales
- La mayor parte de la cuenca es montañosa y eso genera un gran y rápido escurrimiento superficial y tiene, por lo tanto, un alto potencial erosivo

Al río Lempa le ha correspondido estructurar la unidad territorial física actual de la República de El Salvador. Su curso inicial se ha visto modificado por la intensa actividad volcánica que ha elevado las tierras continentales que hoy forman el país. Su valle sutura los territorios de oriente y occidente, con los materiales de arrastre de la denudación continental que proceden de la erosión de los dos grandes conjuntos de elevaciones montañosas de origen volcánico que estructuran la topografía en ambas direcciones, desde la Bocana del Lempa, hasta San Jerónimo en la frontera con Honduras.

Esta actividad volcánica seguramente, ha empujado hacia oriente el cauce principal a lo largo de la historia geológica de El Salvador, durante el Cuaternario y el Reciente. Posiblemente su curso actual sea la consecuencia de un accidente tectónico oculto por la inmensa masa del relleno aluvial que a partir de Parras Lempa y Tecomatal generan el vértice de un delta de potentes dimensiones que hoy día regulariza en su borde externo el Océano Pacífico, mediante las corrientes litorales modeladoras que se desplazan en dirección sur.

A la anomalía topográfica que ocupa el Valle superior donde se localiza el Proyecto 5 de noviembre, sigue una morfología propia de sector medio de cuenca con un valle en el cual convergen los cursos y torrentes fluviales hasta llegar a la altura de San Vicente con formaciones acolinadas de pie de monte. Esta morfología se interrumpe prácticamente a partir de la carretera litoral que aprovecha ese declive continental para entrar en la parte amplia del delta, en donde un amplio sector de llanura, libera al Lempa de la constricción del Valle fluvial y le permite trazar corrientes meándricas, que conservan la mayor parte del caudal dentro de un amplio lecho mayor, en parte anastomosado y con esteros por donde

remonta la intrusión salina, entre los depósitos aluviales y las flechas litorales, con orientación oeste – este que redistribuyen los aportes continentales, generando lagunas litorales estrechas y largas, en cuyos bordes y bajos fondos se desarrollan bellos ecosistemas de manglares y bosques salados.

A partir del límite superior de la llanura, el río se desplaza hacia el oeste, quizás obedeciendo a la fuerza de coriolis que en el hemisferio norte desplaza, justamente hacia la derecha, los cuerpos en movimiento. Al final de su carrera las corrientes litorales cambian ese trazo y la bocana se desplaza hacia el sur para terminar en una boca estuarina.

La Cuenca Baja del río Lempa ha sido objeto de un análisis de situación con respecto al régimen de inundaciones y con el objetivo preliminar de exponer el panorama actual del contexto, revisar la información generada con respecto al problema y las soluciones propuestas para corregir algunos de los problemas relacionados con el desbordamiento de las Aguas del Lempa y su sistema de afluentes.

Los investigadores han desarrollado una campaña de terreno y de indagación bibliográfica sobre el tema, como resultado de este trabajo los investigadores establecen que la información de base para un diagnóstico de situación actual y proyectiva es adecuada para los propósitos de la investigación. La información suministrada en la bibliografía que acompaña al texto es adecuada y muy bien complementada con las bases de datos e información digital facilitada por las entidades del Estado, ONGS y la consulta directa con autoridades de gobiernos locales, Organizaciones Sociales de Base y entrevistas no estructuradas con habitantes de la región.

Desde ese punto de vista la continuidad del trabajo está garantizada. La revisión del material bibliográfico en torno a medidas correctivas de orden ingenieril y biofísico, muestra que las principales ideas en torno al problema han sido esbozadas, y que el problema reside en la necesidad de actualizar la información y ubicarla dentro de una perspectiva de Ordenamiento Territorial en la cual el enfoque de seguridad ciudadana se enfoque hacia la perspectiva de la Gestión del Riesgo, bajo el principio de responsabilidad compartida por todos los actores que confluyen en la región..

En todo caso, es necesario apuntar que en los estudios, como temática general, las inundaciones son abordadas como problema, y no como un factor natural para el desarrollo y conservación de la capacidad agrológica de las tierras, en una región en donde la aportación de insumos para la agricultura escapa a la capacidad económica de las comunidades. Este enfoque generalizado de la amenaza es la que explica la generación de recomendaciones y prácticas de mitigación encaminadas a corregir el comportamiento normal del sistema fluvial.

También es necesario reconocer, que salvo en eventos extraordinarios, el sistema en su totalidad ha sido fuertemente impactado por el sistema de represas en cascada que explotan el potencial hidroeléctrico en la Cuenca Media, Cerrón Grande, 5 de Noviembre y 15 de Septiembre, que han modificado el comportamiento normal y cuyos impactos sobre el régimen de caudales y avenidas debe ser evaluado con urgencia. Dada la alta concentración

hídrica que contienen y cuya liberación durante eventos extraordinarios es definitivamente pernicioso para los habitantes de la Cuenca Baja, sino se tiene un sistema de regulación de desfuegos operando en concordancia a las previsiones meteorológicas para el período.

El problema anterior relacionado con un régimen de precipitación abundante en lluvias pero con una mala distribución interanual, conduce a la reflexión hacia la necesidad de considerar el problema del desarrollo integral del Bajo Lempa, bajo la perspectiva adicional de las sequías que se presentan anualmente y con mayor severidad en los episodios del Niño. Esa dualidad en las condiciones hidrometeorológicas exige la generación de hábitos que conduzca hacia la formación de una cultura basada en el comportamiento particular de la región, en la cual el riego oportuno y de bajo costo se vislumbra como una solución posible, para una buena parte de los problemas que sufren las prácticas agrícolas.

Se incluyen en este informe algunos aspectos metodológicos para el manejo del escurrimiento superficial en laderas, y sobre los cuales pueden tomarse decisiones.

1.- EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECUPERADA O UBICADA

La consulta de la base de datos del Ministerio del Ambiente, facilitada por los Ingenieros Rafael Guillén y Francisco Delgado asegura un primer nivel de análisis para el nivel general. Y al nivel medio. La disponibilidad de archivos específicos para el Bajo Lempa es buena y la existencia de información de teledetección para la región involucrada, imágenes LANDSAT de 1998, permitirán una interpretación adecuada de los problemas relacionados con el proceso de inundaciones y modificación de la línea costera y sus características hidrogeomorfológicas.

Los aportes del IGN son fundamentales. El equipo Consultor ha adquirido la información topográfica al 1: 50 000 y 1:25 000 del Bajo Lempa y completará la información requerida para los análisis espaciales. Si se completa la información existente con la base de datos hidrometeorológica del Ministerio de Agricultura y del Instituto de Electricidad, se obtendrá la información básica necesaria para el trabajo de diagnóstico y ubicación espacial de problemas.

A la altura del trabajo, puede decirse que la acogida en el sector institucional es muy buena y que el trabajo de la consultoría hará su mejor aporte en con la originalidad de las interpretaciones que se obtengan de la correlación espacial de esas informaciones y de la supervisión de campo efectuada y a completar posteriormente, sobre obras de infraestructura, ubicación de comunidades y evidencia de procesos.

2.- RESULTADO DE LA COORDINACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO EN EL AREA

El trabajo de campo en el Bajo Lempa ha permitido establecer una relación directa con las organizaciones de base de las comunidades ribereñas, con distinto grado de estructuración y

composición ubicadas en la margen derecha e izquierda del cauce principal del Lempa. Estos aspectos que serán tratados por los especialistas del equipo, son consecuencia del conflicto militar reciente y de los acuerdos de paz que le dieron fin a la confrontación interna en el país y la región.

La importancia que desde este ángulo puede tener la consultoría, está en facilitar la discusión sobre cambios en el proceso de la ocupación humana de las tierras y en la transformación del género de vida de las poblaciones concentradas y que ponen en producción terrenos sujetas al régimen de inundación característico de las cuencas bajas. La inmadurez de este proceso de concordancia entre las posibilidades y limitaciones que ofrece el medio, se reflejan en la falta de una cultura del manejo de la inundación que se observa en:

- ❖ Ubicación de sitios de asentamiento
- ❖ Fisonomía del diseño básico de construcción de las viviendas
- ❖ Desconocimiento del régimen normal hidrológico de cuenca baja

Las adaptaciones a las condiciones particulares de este ambiente se han ido ejecutando a partir de las duras experiencias de la sociedad, y van desde adaptaciones de diseños sanitarios a algunas modificaciones insuficientes del diseño básico de vivienda e infraestructura comunitaria, obras de defensa civil: diques (bordas) y drenajes (drenos), definición de los sistemas de producción y de sistemas de organización civil para la reacción frente a la inundación. Lo cual se ha hecho más intenso a partir de la experiencia del Mitch.

Como aspecto positivo y en términos generales la organización de la sociedad civil es un buen punto de apoyo para la evaluación conjunta del riesgo de inundación y la formulación de perfiles de proyectos básicos para el control y manejo de la inundación.

II.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-METODOLÓGICA: EL ORDENAMIENTO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El Ordenamiento territorial es un instrumento de la política económica, ambiental y social que se aplica a un contexto espacial específico. Interpreta la relación sociedad- ambiente, desde el punto de vista de sistemas puestos en valor por la interacción recíproca en el espacio y en el tiempo, de los agentes transformadores de la sociedad y la naturaleza. Su visión es de medio y largo plazo y se fundamenta en la toma de decisiones desde la base social, con una perspectiva de mejoramiento y sostenibilidad social y ambiental de la calidad de vida, definida por los propios actores.

El Ordenamiento territorial encuentra en la regionalización el instrumento de análisis más adecuado para enfocar la interacción hombre-medio, pues por medio de ese enfoque, es posible determinar la correspondencia entre sociedad y espacio, a través de las expresiones culturales y económicas de la organización territorial.

La cuenca hidrográfica, expresión básica del modelado de las vertientes, es una unidad estructurada y funcional que permite la aplicación de la teoría de sistemas, en la interpretación de la relación entre sus componentes físicos, bióticos y culturales. De acuerdo a Hamilton y Bruijzeel (en Messerli e Ives, 1999), "es un espacio en el cual todas las aguas son drenadas hacia un punto único que es visible...cualquiera que sea su tamaño, es esta unidad hidrológica denominada la cuenca la que demuestra mejor las relaciones entre el suelo y el agua. Además, expresa los efectos físicos de las actividades humanas sobre el suelo y las poblaciones que están aguas abajo de ellas, ya sean beneficiarios o víctimas. Estas relaciones han sido llamadas sistemas interactivos entre las tierras altas y las tierras bajas..."(Op.Cit. 304)

La cuenca hidrográfica, es una región natural, una unidad espacial, claramente definida en el paisaje global, que permite considerarla como el espacio drenado por un sistema fluvial. El ámbito de ese espacio depende de su jerarquización. Así una cuenca, estrictamente desde el punto de vista hidrológico, es aquella unidad cuyo flujo hídrico es drenado directamente al mar. Las subcuencas vierten su carga en las cuencas hidrográficas.

Dos obras generales de un gran valor para el Ordenamiento de las cuencas hidrográficas en ambientes tropicales son el texto "Tropicalité" de Jean Demangeot (1999) y "Les Montagnes dans le Monde" de C. Messerli et J.D; Ives (1999). La obra de R. Lambert (1996) Géographie du Cycle de l'eau sustenta la reflexión sobre el comportamiento del agua y su comportamiento con relación al clima y las cuencas hidrográficas.

En la aplicación de estos conocimientos al medio tropical, existen dos textos fundamentales, el libro de G. Neuvy (1991) L'homme et l'eau dans le domaine Tropical, y en la misma dirección, el manual elaborado por G. Riou (1989) "L'eau et les Sols dans les géosystèmes tropicaux", particularmente el capítulo 6, que conduce a una reflexión sobre el

comportamiento del agua en un medio al cual se puede asimilar, prudentemente, la región de estudio seleccionada.

Refiriéndose a la importancia que estos espacios tienen para la planificación y el desarrollo sostenible en la Obra de Messerli e Ives (1999) se expresa que...

"...Allá donde la tierra y el agua conjugados con la gestión humana de estos recursos son una preocupación superior, la unidad hidrológica de la cuenca es la mas apropiada para los estudios por las razones siguientes:

- (1) El ambiente físico está caracterizado por variaciones del clima y las características del suelo, generalmente en cadena, por tipos litológicos, en secuencias geológicas y las formas geomorfológicas desde los aluviones de delta en la desembocadura de los ríos, hasta los afloramientos rocosos sobre las crestas. La cuenca es la unidad más pertinente para comprender estos gradientes. De modo parecido, las variaciones climáticas en la cuenca están ligadas a la altitud y a la exposición. Estos hechos físicos dan nacimiento a los nichos particulares para diferentes ecosistemas y para diversas actividades humanas; ellas se integran al interior de la cuenca.
- (2) Las cuencas son las mejores reveladoras de las interacciones ecológicas entre el suelo y el agua, los dos elementos de base de todo funcionamiento biológico, comprendido el humano y de la utilización de los ambientes terrestres y del agua dulce.
- (3) Las cuencas tienen tamaños diferentes, esto depende del orden de los ríos, y en consecuencia, ellos son el objeto de escenarios de desarrollo de amplitudes diversas.
- (4) Las cuencas son también útiles para el análisis económico, porque ellas pueden internalizar los costos y los beneficios que resultan de las actividades al interior del espacio. Las interacciones entre la altura y la bajura de las cuencas no son solamente biofísicas sino que también económicas.
- (5) Numerosos riesgos ambientales se manifiestan por sus daños a través de las relaciones que ellos tienen con las cuencas. Avalanchas, caídas de rocas, deslizamientos de terreno, sequías e inundaciones están todos ligados a los procesos que conciernen a los suelos y las aguas de una cuenca; tales riesgos y sus consecuencias son muy bien identificados y cartografiados en el contexto de una cuenca.
- (6) Otros riesgos como la sequía, los incendios, y los terremotos están relacionados al clima, a la vegetación y a la geología; pero a ellos se les debe analizar en la perspectiva de las cuencas para su control o para las respuestas a aportar, aunque ellos no estén directamente ligados a los procesos propios de la cuenca.
- (7) La cuenca sirve de pasaje para numerosas especies silvestres de amplia distribución, en particular para aquellas que pasan de las altas altitudes de verano a las bajas altitudes de invierno o para aquellas que utilizan los hábitats ribereños. La trashumancia, es decir, el

desplazamiento estacional de las manadas, se desarrolla a menudo al interior de una cuenca.

- (8) Las consideraciones sociales y culturales no son generalmente incompatibles con la utilización de la cuenca como unidad de planificación y de gestión, aún si las fronteras políticas no coinciden con los límites de las unidades hidrológicas.
- (9) Cuando las producciones especializadas se encuentran en cinturones altitudinales diferentes (por ejemplo pastizales, bosque de producción, tierras consagradas a la horticultura, cultivos vegetales, groseramente por orden del más alto al más bajo) los intercambios comerciales entre estas unidades o entre los grupos económicos, siguen los contornos y la orientación de la cuenca, a la vez hacia abajo y hacia arriba.
- (10) La utilización de las aguas superficiales, bien que sea para la alimentación en agua (agua potable) la energía hidroeléctrica, la industria, el almacenamiento para el control de inundaciones o para el aprovisionamiento de agua hacia las tierras bajas y los ordenamientos de piscicultura, deben estar integrados a lo largo de un torrente o de un río y esto se hace a la escala de una cuenca. Los proyectos de irrigación deben estar integrados de manera que la concesión de agua sea equitativa y esto implica que los responsables de la irrigación se organicen a la escala de la cuenca.
- (11) Los impactos ambientales de origen humano se comprenden y se analizan mejor en el contexto de la cuenca porque muchos de los procesos que subyacen a estos impactos se expresan mejor a través de la gravedad o de la hidrología. En consecuencia, los estudios de impacto deben tomar en cuenta las relaciones que se anudan al interior de la cuenca hidrográfica.

La integración de los esquemas y de los procesos naturales de los sistemas, sean naturales, sean sociales puede ser ejecutados en la planificación utilizando el concepto de cuenca, sin despreciar o minimizar, al mismo tiempo los elementos principales de otros tipos de organización. Desgraciadamente, los procesos de organización institucionales ya activos no están normalmente calcados sobre las fronteras de las cuencas hidrográficas. En consecuencia, los mejoramientos que dependen fuertemente de las instituciones existentes, pueden ser, en algunas circunstancias, más difíciles. Más planificación deberá ser hecha sobre la base de la cuenca y, allá donde sea necesario, sobre los grupos presentes, las estructuras de poder, las organizaciones y las unidades de gestión deben ser identificadas porque éstas son las candidatas prioritarias para las acciones de desarrollo. Una planificación prudente y su ejecución necesitan de un gran saber-hacer y mucha dedicación... " (Op.Cit. 305-306) .

La cuenca hidrográfica resulta, por lo tanto, una condición ideal para el diagnóstico sistémico, su organización estructural y funcional, es definitivamente coherente con la dialéctica del enfoque geográfico, holístico por antonomasia, integrador finalmente.

1.- LA GEOMORFOLOGÍA APLICADA AL ORDENAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La Geomorfología constituye una herramienta básica para el Ordenamiento de cuencas hidrográficas, pero su eficacia reside en la realización de este tipo de estudio, con anterioridad a que sean ejecutados los ordenamientos (Tricart, 1978.)

La Geomorfología se inserta, de esta manera, en las prácticas de conservación de tierras y aguas, como parte fundamental en el análisis integrado de cuencas hidrográficas. Desde este punto de vista, se interesa por dos aspectos importantes: el estudio de los procesos en las vertientes que generan los materiales que pueden ser erosionados y transportados y; el comportamiento de los lechos fluviales, ante esos procesos de producción de materiales y transporte de los mismos. Ellos son formas de utilización de la energía en los sistemas fluviales, ambos se interrelacionan en los procesos de modelado de la cuenca hidrográfica.

En cuanto a los aprovechamientos hidráulicos, la generación de materiales erodados en las laderas y el comportamiento de los flujos de agua y de los materiales sólidos, disueltos o en suspensión, constituyen los problemas fundamentales en que puede trabajar la Geomorfología, ambos son verdaderos problemas para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

Es particularmente importante la producción de agua en el sistema, y por lo tanto, el control de los procesos que tienden a disminuir su producción y afectar la calidad del agua. Esta calidad puede ser modificada por el arrastre masivo de materiales provenientes de procesos inducidos por la erosión y el mal uso de las tierras, y manifestarse en el arrastre de materiales durante las avenidas, y en el transporte de iones solubles que cambian las propiedades del agua. La misma puede sufrir cambios en su composición química, véase salinización, por concentración de minerales disueltos (Tricart, Ob.Cit). Estos pueden ser aumentados en su concentración por la evaporación desde los embalses de agua sometidos a la evaporación.

Los sedimentos acarreados en el cauce fluvial tarde o temprano ocuparan las áreas del embalse, debido a la pendiente nula del mismo que favorece la colmatación los sedimentos finos una vez que se asientan, se adhieren y aun con los procedimientos de limpieza, tienen una tendencia a permanecer dentro del embalse restándole la vida útil, en otros términos, disminuyendo la posibilidad de recuperar la inversión, por disminución del volumen útil del embalse para la generación hidroeléctrica. Es tarea de la Geomorfología determinar las áreas de producción de sedimentos, actuales y potenciales y señalar las recomendaciones pertinentes para su control.

Los procesos de modelado en las vertientes, como la pérdida de cobertura vegetal, no sólo alteran la disponibilidad del agua, especialmente durante el estiaje, sino que permiten la salida de sedimentos, cuando aumentan la lluvia y el escarmento superficial favorecido por la disminución de la vegetación y la alteración de la circulación vertical e hipodérmica del agua en el suelo y las formaciones superficiales, ambas circunstancias constituyen problemas básicos para el aprovechamiento hidroeléctrico (Tricart.Op. Cit) Así, dice el mismo autor, un lecho desajustado puede cambiar perfectamente de dinámica,

convirtiéndose por ejemplo, un tronco de cauce de flujo meándrico, en un curso anastomasado, con la consecuente erosión de las riberas y la pérdida de tierras de cultivo, o control de la estabilidad de depósitos anteriores, cuyo desplazamiento afectaría también el sistema.

No obstante, la preocupación sobre el manejo de laderas y lecho fluvial no debe concluir en el mismo sitio de presa, como también lo manifiesta Tricart (Ob. Cit. 151) por cuanto, una vez que se produzca el aprovechamiento de la energía potencial contenida en el embalse, las aguas serán recuperadas en el ambiente fluvial pos represa. Las aguas liberadas de su carga dispondrán de una energía capaz de movilizar los depósitos de sedimentos anteriores, y provocarán una intensa erosión, después de su restitución al sistema.

El daño podría ser mayor si esas aguas, cuyas propiedades químicas han variado por contaminación (adquisición de iones producidos por malas prácticas agrícolas y concentrados por la evaporación en el embalse) afectan aguas abajo, tierras de cultivos o los otros usos competitivos del agua, riego, dotación de aguas potables, aguas para servicios.

Es en este contexto, en que se debe examinar la Geomorfología de la cuenca hidrográfica, exponiendo el estado de las laderas en relación con la producción de sedimentos por diversos procesos y el comportamiento del lecho fluvial principal.

Además, ese enfoque podrá participar en la determinación de la dinámica de las unidades de paisaje reconocidas y en la priorización de las intervenciones para el Ordenamiento de la cuenca hidrográfica. Lo cual es coincidente con las ideas preconizadas una y otra vez por el Profesor J. Tricart, en sus obras mencionadas y concretamente, en el artículo *L'apport de la géomorphologie à l'aménagement d'un territoire* (E, Lamotte et Alt. 1985, Cap. V).

2.- CONDICIÓN DE USO DE LA TIERRA

Para realizar este análisis se correlacionó la información del Uso Actual de la Tierra y Capacidad de Uso de la Tierra, la cual permitió determinar las áreas de conflicto de uso. La condición de uso da como resultado tres posibilidades:

- El uso correcto, cuando la forma de cobertura coincide con la capacidad determinada.
- La subutilización, cuando el uso recomendado está por debajo de la capacidad y el uso incorrecto no aprovecha el potencial natural del suelo y de su ambiente.
- La sobreutilización con respecto a la clase de capacidad. Un sobreuso en la clase 8, es una condición crítica extrema, porque las restricciones ambientales son máximas. Un sobreuso en la clase 6 tendrá por lo tanto menor peso, porque las atenuantes son de un nivel inferior.

3.- DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN ECODINÁMICA DE LAS TIERRAS

En otro nivel de profundidad, se incluye el factor de localización, la proximidad a las obras, a las fuentes de agua agregan un elemento adicional para priorizar las áreas. Estas dependiendo de su dinámica actual serán clasificadas en biostasia, rextasia y la intensidad de sus cambios serán considerados, desde el punto de vista paisajístico, clasificando las unidades priorizadas como inestables, estables o penestables, bajo la connotación de la Ecodinámica de los Paisajes Geográficos. Esto se hizo mediante la incorporación de la variable morfodinámica, incluida en la correlación espacial, que se resume en un cuadro sintético sobre el comportamiento de las Unidades Morfodinámicas, obtenidas temáticamente de la interpretación del mapa geomorfológico y del mapa geológico. Por la extensión que tales unidades adquieren, se asimilan a Geosistemas fundamentalmente, y funcionalmente pueden distinguirse los geofacies a un nivel mas detallado de aplicación Se integran en ese resumen: litología, formaciones superficiales y procesos evidentes en la cuenca hidrográfica

4.- LA COBERTURA FORESTAL EFECTIVA CON RESPECTO AL ESCURRIMIENTO FLUVIAL Y LA CONCENTRACIÓN DE CAUDALES INSTANTÁNEOS.

Desde el punto de vista del control del escurrimiento superficial, el bosque es significativo cuando:

- ❖ Se encuentra en las áreas de mayor concentración e intensidad de lluvias.
- ❖ Se ubica en las laderas que tienen pendientes arriba del 30%, en donde ocurre toda suerte de procesos erosivos en suelos tropicales.
- ❖ Tiene una buena estratificación. Presenta al menos 3 o cuatro capas, para regular la acción erosiva del agua, y la mas baja de esas capas tiene sus copas a menos de 10 metros sobre el piso del bosque. Esto porque a partir de 10 metros el agua en caída libre vuelve a recuperar su energía cinética y su capacidad erosiva.
- ❖ Cuando se ubica en las áreas de condensación y es capaz de fijar nieblas.

Esto se puede hacer con la información disponible al 1:50000. De acuerdo a lo leído, la mayor área del Lempa, se encuentra dentro de El Salvador, y sería esta la que aporta, por extensión y altitud la mayor parte de los caudales, por consecuencia, las áreas mas criticas de manejo se encontrarán arriba de la Cuenca Baja.

Para la estimación de la cobertura efectiva, se debe tomar el mapa de provincias de humedad, o de las isoyetas medias anuales de precipitación y correlacionarlo con el mapa de pendientes, si este no existe se puede elaborar a partir de las curvas digitalizadas. Las pendientes y la topografía de los terrenos pueden clasificarse así:

Plano a casi plano 0 - 3%
Ligeramente ondulado 3- 8%
Moderadamente ondulado 8 a 15%
ondulado 5-30%

Fuertemente ondulado 30-60%
Escarpado 60 a 75%
Fuertemente escarpado mas de 75%

En consecuencia, las clases criticas corresponden a los suelos fuertemente ondulados, Escarpado y Fuertemente Escarpado. La correlación de esas variables en el sistema de información geográfica tendrá como resultado una gran cantidad de polígonos a reclasificar, con criterios muy lógicos, por supuesto, porque se trata de establecer prioridades.

La condición climática, asociada a las pendientes, correspondería en buena parte a las clases VII y VIII de Capacidad de uso de las Tierras. Esos criterios en comparación con la cobertura actual definirán las condiciones de: Inestabilidad, cuando la totalidad de una área se encuentra sin cobertura forestal. Areas Estables cuando la cobertura cubre el 100% de la Unidad y Penestable cuando la cobertura forestal no es igual al área. Por supuesto, que esta comparación mostrará grados de inestabilidad o estabilidad relativas, dependiendo si la condición de las Unidades de Capacidad de Uso es VIII, VII.

De esta manera, deben ser objeto de priorización e intervención las áreas inestables y penestables que se encuentren en la clase VIII así sucesivamente. Este mapeo permitiría la toma de decisiones para intervenir la cuenca o para elaborar perfiles de proyectos destinados a modificar el flujo hídrico superficial, o los excedentes de agua en las áreas sometidas a un régimen de conservación con esos propósitos.

5.- USO DE UN INDICADOR DE COBERTURA EFECTIVA

El Indicador más apropiado para evaluar la efectividad de las prácticas de reordenamiento forestal, vendría a ser de tipo espacial, comparando cada dos, o cinco años, la cobertura forestal existente en los polígonos o unidades de capacidad de uso de la tierra, en las clases VII y VIII, particularmente en estas dos últimas dos clases.

Indicador del mejoramiento en la restauración de bosques IMRB

Suma de las superficies abarcadas por las Unidades de Capacidad de Uso de las Tierras
SUCT

Suma de la cobertura forestal efectiva **CFE**

$$\text{IMRV} = \text{SUCT}/\text{CFE}$$

Cuando el IMRV es igual a 1 se da la Condición de equilibrio o Estabilidad. Cuando el valor es cero se obtiene la condición de Inestabilidad y cuando es mayor que uno la condición es Penestable.

6.- AMENAZAS NATURALES

Mediante el uso de la información contenida en los levantamientos geológico, morfodinámico y las unidades morfodinámicas se determinaron las amenazas naturales, conjuntamente con la información recopilada y facilitada por el MARN y el BID (al septiembre del 2000). En él se representan las principales amenazas físicas que pueden afectar a la cuenca, como la sismicidad, los problemas de remoción de tierras, tanto de origen natural como antrópico, las inundaciones y las avenidas fluviales. Esta variable se incorporara en el mapa final de recomendaciones para manejo, en el cual se incluyen las prioridades anteriores y el resultado surgido de este análisis. Obviamente, aquí el criterio no se extiende únicamente a la infraestructura hidroeléctrica sino a los centros de población que podrían verse afectados.

6.1 El riesgo de inundación

El Bajo Lempa está situado en el trayecto de llanura de ese importante sistema fluvial. Las llanuras, en cuanto a estos aspectos expresan Green, Parker y Tunstall (2000), tienen ventajas competitivas sobre otras áreas de terrenos y además siempre han sido sitios escogidos para asentamientos humanos. Al mismo tiempo, los humedales que se desarrollan allí, están entre las áreas más valiosas del planeta. Los ecosistemas siempre se desarrollan sobre la base del régimen prevaleciente del agua, cuyo manejo es el propósito de las medidas de mitigación de inundaciones, los cual podría causar daño a los ecosistemas existentes.

Los ríos en las llanuras, por su parte, son sistemas dinámicos y adaptativos cuyas formas varían tanto como el escurrimiento y las cargas de sedimentos varían en el tiempo. Los ríos son sistemas para transportar, depositar y erosionar sedimentos al igual que son sistemas para concentrar y transportar agua. Las intervenciones deben reconocer que los ríos tienen estas características. El tratar de fijar los ríos a una forma estable, como sucede con las canalizaciones o construcción de diques, a menudo falla y es usualmente caro, aunque en algunas circunstancias es necesario.

6.1.1 Los principios del manejo del riesgo de inundación

La inundación no debería ser asumida como el problema (Ob. Cit.). El impacto de la inundación puede ser sólo el síntoma de un problema más amplio, aquel de la vulnerabilidad de la población a una amplia variedad de aspectos. En estos casos más que simplemente producir una estrategia de mitigación, puede ser más útil visualizar los modos de reducir la vulnerabilidad de la población y promover la sostenibilidad de las comunidades.

En el desarrollo de una política de manejo del riesgo de inundación es necesario establecer como todas las inundaciones pueden ser manejadas y no sólo algunas (aquellas utilizadas para algún diseño estándar de protección). Esto quiere decir que es necesario diseñar para

fallos, considerando conjuntamente, las condiciones de inundación bajo las cuales una estrategia podría fallar y el modo de fallar, incluyendo como responder a eventos extremos. Porque todas las estrategias podrían fallar bajo algunas condiciones, es más apropiado hablar en términos de mitigación de la inundación que de protección contra la inundación o control de la inundación.

Lo ideal para el manejo de la inundación es una lenta elevación del nivel de aguas, con una duración extensa para el pico de avenida, tanto como un pico bajo de nivel. Consecuentemente, es deseable disminuir las tasas mediante las cuales, proporciones de precipitación son convertidas en escurrimiento, y este en corrientes de descarga a los colectores. El almacenamiento en el suelo o en la superficie del suelo, tiene un control importante en ambas conversiones. Desincronizar los picos de avenida en los diferentes tributarios es, a menudo, una parte importante del manejo de la inundación, en la reducción del pico de avenida en el colector principal. El almacenamiento, otra vez, es un recurso importante para desincronizar los picos de avenidas en los tributarios (idem).

6.1.2.- Opciones para el manejo de las inundaciones:

Antes de que una selección sea ejecutada, la naturaleza de la inundación debe ser modelada. La forma más simple de modelo es un mapa de riesgo de inundación. Sobre tales mapas deben ser indicadas las características críticas del riesgo de inundación, tales como la profundidad y velocidad de la inundación, rutas de la inundación y áreas de almacenamiento. Las áreas de poblaciones muy vulnerables deben ser mostradas con toda claridad, pues de ello depende la seguridad civil y la toma de decisiones en cuanto a reducción o mitigación del riesgo.

Las opciones de manejo de inundación más adecuadas pueden ser caracterizadas como, aquellas que reducen el desafío y aquellas que enlazan la capacidad de los individuos y de la sociedad para enfrentar la inundación. Generalmente, la estrategia más adecuada es la que incluye una combinación de procedimientos.

La formas de intervención pueden ser también categorizadas dentro de aquellas que incluyen una intervención física en relación con aquellas que involucran un cambio institucional. En ambos casos es necesario considerar como esa intervención debe ser mantenida y como deben ser generados los fondos para su mantenimiento. Esto último es la falla principal en el tiempo para la eficacia de las obras. En el caso de las intervenciones físicas (bordas y drenajes) el diseñador debe incluir un manual de procedimientos para el mantenimiento de las obras, anotando las acciones requeridas para ese fin, frecuencia y costo de las mismas.

6.1.3 Control de las fuentes

Es muy importante en la dotación de aguas, especialmente para áreas urbanas. La reforestación no sólo es importante en el control del escurrimiento y de las condiciones pre-inundación sino también como facilitadora del almacenaje en el suelo o vía el suelo.

6.1.4 Almacenamiento superficial del agua:

Por medio de represas o embalses de retención: El control de las tasas del agua para almacenamiento y el flujo tiene muchas ventajas para el control del pico de inundación. Las represas en circunstancias apropiadas, pueden ser un modo de altamente efectivo de reducir las pérdidas por la inundación aguas abajo. Las represas de retención pueden añadir ventajas en algunas partes posibilitando la recarga del agua subterránea, aunque su importancia principal es el control de la erosión.

6.1.5 Diques o bordas

Los diques son los más apropiados para las llanuras de inundación muy intensamente utilizadas, tales como áreas urbanas y rurales no urbanizadas y que tienen una historia de intervenciones para la mitigación de inundaciones. Almacenamiento y diques pueden ser una combinación útil de métodos para controlar los flujos extremos de inundación.

6.1.6 Elevación de la vivienda y protección de inundación

Es lo más apropiado cuando las intensidades del desarrollo son bajas y las propiedades están dispersas. La población puede generalmente evacuar o ser evacuada antes de que la inundación la afecte. Las advertencias y la evacuación dependen prioritariamente para su éxito, de la planificación de la emergencia (Idem).

7.- LA INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA

El énfasis más relevante para los procedimientos ejecutados en el diagnóstico. No obstante, los espacios geográficos son espacios de ocupación humana, cuyas características deben quedar claras a la hora de que las comunidades se involucren en un plan de Ordenamiento Territorial, ya que éste busca el mejoramiento de su calidad de vida. De todas maneras, en el análisis de localización se da una importancia manifiesta no solo en cuanto al valor relativo de la distancia de las zonas críticas a las obras de protección civil, sino que también, la distancia relativa de las áreas críticas con respecto a los centros de población.

El propósito no se reduce a acondicionar el medio de la mejor manera a la producción y a la conservación, sino también a procurar que los estándares de vida puedan mejorar, en aquellas áreas donde haya deficiencias.

En una cuenca como ésta, en que la ordenación actual del espacio tiende hacia la expresión de paisajes básicamente agropecuarios, el trabajo que deberá hacerse en la línea del uso cultural y económico de las tierras, encontrará en este ejercicio una base adecuada para la toma de decisiones. Corresponde a los estudios antropológicos, sociológicos y de geografía humana, la obtención de información relevante para completar el diagnóstico de situación. Lo cual podrá modificar en algún sentido sino las prioridades establecidas en esta investigación, si la concreción espacial de las mismas, cuando se examine el régimen de propiedad, la rigidez del sistema para ser modificado en sus usos, la rentabilidad económica de las medidas de conservación y el costo social alternativo de aceptar o no las recomendaciones surgidas de esta parte del análisis biofísico, en el ámbito de diagnóstico, para el Ordenamiento Territorial de la cuenca hidrográfica.

III.- INTERPRETACIÓN DE LAS CONDICIONES BIOFISICAS E HIDROGEMORFOLÓGICAS

Para el desarrollo de este capítulo se analizaron diferentes fuentes de información, mapas y estudios facilitados amablemente por el Departamento de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura, la Documentación de las Consultorías de la Empresa ORTEGA y CLASS, imágenes satélite, los mapas temáticos sobre la cuenca facilitados por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. El trabajo cartográfico fue procesado, en los sistemas de información ArcView y MapInfo y el trabajo de campo que nos permitió verificar las condiciones hidromorfológicas, cobertura vegetal y sobre todo el contacto con el pueblo salvadoreño que vive al interior de la cuenca del Lempa..

No omitimos el reconocimiento a los magníficos resultados de las consultorías antes mencionadas de las que hemos obtenido los datos más relevantes y aclaratorios sobre la situación del Bajo Lempa, la claridad de las exposiciones y la cartografía de excelente calidad, fueron más que básicas para las reflexiones siguientes. Para ahondar sobre estos aspectos relativos al comportamiento hidrológico es prudente la lectura exhaustiva y recomendada del Apéndice “A” del estudio Ejecución de Obras de drenaje y control de inundaciones del Bajo Lempa”.

La ocupación de las tierras del Bajo Lempa, un resultado de los acuerdos de paz que pusieron término al enfrentamiento armado en la República de El Salvador, tiene en nuestra opinión la percepción militar del terreno ganado a duras costas, por una parte, la atribución de un significado glorioso que significa la reivindicación de derechos y la posibilidad de permanecer juntos y fortalecidos. Por otra parte, para el Gobierno, no deja de ser importante esa situación que localiza geográficamente un problema, planteando soluciones y estrategias en un contexto espacial en donde se resumen o concentran, situaciones de conflicto de modo focalizado.

En uno y otro caso, resultaría conveniente plantearse, cuales son las inconveniencias hidromorfológicas de ese contexto así definido, en cuanto a la condición de vulnerabilidad que pesa sobre las comunidades ubicadas en la cuenca baja. En el fondo quizás, hay varios mitos que han justificado la aceptación y defensa de esas tierras por parte de los pobladores, uno de ellos es la opinión mencionada repetidamente en los asentamientos, de que las tierras del Lempa tienen una clase agrológica 1.

Esta afirmación falsa, está desmentida por el riesgo de inundación permanente o por las sequías en años del Niño, una mala distribución de las lluvias y la tendencia de los suelos al encharcamiento. La capacidad de uso de estas tierras, llevaría a colocarlas en una clase 4, con limitaciones por drenaje y saturación, siendo necesario el riego para una agricultura realmente sostenible. Durante el año actual se ha presentado un período de sequía severo que provocó grandes pérdidas a los agricultores.

Los suelos de la zona según ORTEGA Y CLASS, 1999, poseen una infiltración lenta cuando están húmedos, y su estructura impide el movimiento descendente del agua, tienen

una lenta transmisibilidad del agua. Debido a que estos suelos de han formado por migración lateral de finos (limos de desbordamiento) poseen texturas finas; esa misma condición inhibe el ascenso por capilaridad durante la estación seca, y requieren de riego para ser cultivados.

Climatológicamente el área presenta la siguiente distribución:

Epoca del año	Fechas promedio Inicio-Final		Duración días
Estación seca	14 nov.	19 de abril	157
Transición seca-lluviosa	20 de abril	20 mayo	31
Estación lluviosa	21 mayo	16 de oct.	149
Transición lluviosa-seca	17 de oct.	12 de nov.	28

Fuente ORTEGA Y CLASS, 1999, 3.

Si se asume que las labores agrícolas se desarrollan bajo condiciones de lluvia, se tiene que de acuerdo a los datos del cuadro, la estación seca es más larga que la lluviosa, y como la transición seca lluviosa es la más afectada en años secos (el Niño) los días secos pueden llegar a los 188, es decir unos seis meses. De ahí la necesidad de asegurar con riego la agricultura de cultivos anuales. La evapotranspiración potencial anual según Hargreaves es de 1905 mm, mientras que el promedio de precipitación promedio anual es de 1763 milímetros, en la estación San Cruz Porrillo; esto deja un saldo desfavorable de agua pedológicamente útil de - 142 milímetros, mencionando de paso que las lluvias máximas registradas han sido de 2600 milímetros para 1960 y la mínima de 1076 milímetros para 1946. (Ob. CIT. 6).

No obstante, el total de lluvia se concentra en los seis meses restantes y eso provoca la sobresaturación de los suelos con régimen de infiltración desfavorable, lo cual produce encharcamientos y elevación de la tabla de agua. En esas condiciones los drenajes son necesarios, para mantener la tabla de agua a un nivel adecuado y la aireación necesaria para el desarrollo de cultivos que no soportan suelos sobresaturados. En consecuencia, la actividad agrícola requiere de tecnificación para superar el riesgo de inundación o sequía que pende sobre ella. Pese a que en las subregiones de la cuenca baja, avanzan los proyectos de miniriego, todavía esa no es una práctica común, y las deficiencias en la producción son paliadas mediante la ayuda internacional, que va desde subsidios a la agricultura, aportes al ingreso familiar en especie o planes de vivienda e infraestructura con fondos externos, porque las economías locales son, en lo básico, deficitarias y no generan excedentes para llegar a niveles seguros de autosuficiencia.

En resumen, el área posee una alta vulnerabilidad climatológica que afecta básicamente a la economía basada en la agricultura: riego y drenaje son las opciones, asociados a cultivos de ciclo corto y alta rentabilidad para justificar la inversión.

1. LA ECODINÁMICA Y LA CONDICIÓN DE USO

La observación de la figura 2, Mapa de Condición de Uso, refleja la correlación de variables que definió primero la sobreutilización en las clases VII y VIII, de la Capacidad de Uso de las Tierras.

El paso siguiente que consistió en definir la condición ecodinámica, encontró la siguiente distribución, para las dos categorías superiores, las más significativas desde el punto de vista de estabilidad de relieve, generación de caudales instantáneos y también las únicas que podrían recibir un manejo como zonas críticas, dados los problemas de distribución y tenencia de tierras en la República.

CONDICION DE USO DE LA TIERRA CUENCA DEL RIO LEMPA	
Condición Ecodinámica	Porcentaje del Total de la Cuenca
Areas Estables	3.8
Areas Penestables	8.2
Areas Penestables Café	2.6
Areas Inestables	48.3
Tierras de las clases I a VI y Cuerpos de agua continentales	37.1
	100,0 Total

En las áreas inestables, el índice de cobertura forestal, es decir la relación entre la cobertura boscosa y la Capacidad de uso actual de las tierras, que es definitivamente forestal es mayor a 1, son definitivamente áreas críticas de manejo, y tienen un gran grado de influencia en el comportamiento hidrológico.

Las pendientes de estas áreas pertenecen a terrenos escarpados y muy escarpados, fuertemente ondulados y aceleran el flujo hídrico, potenciando además, la erosión del suelo. Son áreas proveedoras de caudales sólidos y líquidos y su cobertura debe ser reestablecida prioritariamente. Desgraciadamente a estas áreas tan significativas corresponde el 48.3% de los terrenos en la Cuenca Hidrográfica.

Una condición cercana a la inestabilidad surge cuando a las unidades anteriores se les unen las calificadas como penestables, una condición que refleja un análisis espacial que relaciona, presión de la tierra por una alta densidad en la distribución de poblados, caminos, problemas de ocupación de la tierra, crecimiento demográfico alrededor de una zona que se conserva bien, de acuerdo a su capacidad de uso, pero que bastaría con alterar alguna de las condiciones que producen esa condición apenas en equilibrio para que se desestabilicen. Esas áreas suman el 10.8%, de ellas el 2.6 corresponden a terrenos cultivados con café con sombra. Los cafetos y la sombra, sobre todo de Ingas s.p. Musáceas y árboles para leña, constituyen un ecosistema introducido que protege bien al suelo, cuando el cultivo está bien implantado Durante las resiembras o apertura de tierras para el cultivo, los problemas de las áreas inestables se presentan inmediatamente.

Como estables, se incluyen áreas boscosas y vegetación de humedales, que tienen poca influencia en la regulación del flujo hídrico continental. Su rol es muy distinto porque son áreas de amortiguamiento fluvial o humedales costeros unidos a otro tipo de dinámica.

Las tierras correspondientes a las clases de I a la VII, han sido agrupadas en una sola clase que constituye el 37.1%, en ellas el manejo agropecuario es recomendable, y es fácil controlar los problemas de erosión de suelos y escurrimiento superficial. Como son tierras agrícolas, el buen uso de ellas es enteramente responsabilidad de los propietarios y de las orientaciones de conservación de suelos que emanan del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Las áreas inestables y penestables, por su influencia en el ambiente y en los procesos hidrogeomorfológicos ligados al régimen de inundaciones, deben integrar la labor del MAG y del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales MARN:

2. HIDROLOGÍA APLICADA AL ESTUDIO DE LAS INUNDACIONES

La confrontación de la imagen LANSAT con respecto a la morfología contenida en las hojas 1:50,000: Berlín, Jiquilisco y Desembocadura del río Lempa, además, de las observaciones de campo, muestran una dirección de desplazamiento del eje del Lempa hacia occidente excepto, hacia la altura de la Hacienda Taura, aquí la potencia de los bancos proyectan la corriente hacia el este. De acuerdo a esto, la bahía de Jiquilisco pudo ser la antigua desembocadura del delta, aspecto que fue modificado por fenómenos de origen tectónico que ocasionaron la formación de cordones o terrazas marinas levantadas, hoy visibles en la Península de San Juan del Gozo.

Los bancos en tránsito contienen materiales de porte pequeño, gravas y arenas, porque las cargas han sido abandonadas en el trayecto de valle. Los más gruesos quedan en las colas de los embalses y en la base de los torrentes que confluyen en el Lempa, desde los edificios volcánicos cuaternarios. Estos depósitos modifican localmente la dirección del eje principal de flujo y son responsables del socavamiento lateral del lecho menor.

Las observaciones realizadas desde el puente de la Carretera Litoral, muestran que el río corre sobre un lecho de fondo fijo, por encima de los depósitos de tobas e ignimbritas. Esta característica no le permite al río calibrar su fondo ante la presencia de avenidas torrenciales, por lo que el nivel de las aguas se eleva rápidamente y se producen los desbordamientos. Debido a ello resulta prudente, no estrechar el lecho de inundación mayor del río en demasía porque la única respuesta hidráulica que posee el curso, es la de ajustar la amplitud del valle al caudal disponible en condiciones de avenidas. Un estrechamiento exagerado del cauce solo elevará el nivel de las aguas y facilitará su desbordamiento

Las deducciones siguientes se obtienen de los valiosos informes de Ortega y CLASS, al Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. La interpretación de la Imagen Satélite, Mapa No. 3 y la dinámica de transporte de los sedimentos, Mapas 4 y 5, permiten observar lo siguiente:

El río Lempa constituye un delta fosilizado e integrado al continente por el arrastre de sus propios materiales y la formación de cordones litorales, detrás de los cuales se desarrollan amplios sistemas lagunares costeros, conquistados en su mayor parte por la vegetación propia de manglares.

La imagen muestra un cono agudo en el que divaga, por un sólo valle fluvial, el río Lempa. A ambos lados del eje del curso se disponen los terrenos aterrazados en tres niveles visibles y que marcan áreas de influencia fluvial anterior, de las cual restan los niveles y los materiales aluviales que hoy constituyen la riqueza agrológica de la región. La textura de la imagen y su respuesta espectral diseñan el cono sobre la superficie, sin mayor problema.

En la base del cono se sitúan los sistemas lagunares, áreas de amortiguamiento natural contra las condiciones meteorológicas marinas y para los excedentes del acarreo fluvial. Por sí mismas estos humedales reúnen las características de protección, y de riqueza biológica, para convertir esa zona a ambos lados del Lempa en un Refugio de Vida Silvestre, de modo que en esa categoría se pueda incluir la actividad económica, bajo principios estrictos de manejo y de conservación de los recursos naturales.

En circunstancias en que coinciden temporal y espacialmente avenidas torrenciales y mareas altas, los cordones litorales levantados tectónicamente y el régimen de mareas altas extraordinarias constituyen un problema para el flujo del caudal del Lempa, siendo responsables de algunos de los procesos de inundación lenta en la parte baja de la cuenca.

El análisis hidrogeomorfológico de los troncos de cauces, desde Puente de Oro en la carretera del litoral y para un período comprendido entre 1997 y el 2000, utilizando la imagen satélite y fotografías aéreas recientes del Instituto Geográfico reflejan lo siguiente:

Dinámica de los depósitos en tránsito en el río Lempa 1997 y 2000				
Dinámica del Depósito	Km²	Tasa interanual Km²	%	Tasa interanual %
Acreción	89.4	22.35	33.8	8.45
Areas Estables	107.7		40.7	
Pérdidas	67.2	16.8	25.4	6.35
Diferencias	22.2	5.55	8.4	2.1

La correlación de los depósitos, al inicio del ciclo observado, demuestra un aporte significativo en términos de superficie y obviamente de volumen de los depósitos. La acreción supera a las pérdidas en 22.2 km² En términos de tasas interanuales, la acreción supera a las pérdidas por transporte hasta la costa en 5.55 km² por año. En porcentajes. el incremento de los depósitos correlativos es 8.4% anual, como saldo del proceso de transporte.

En lo que respecta al manejo del cauce, lo anterior significa que en el período observado, el caudal disponible no tiene la capacidad para desalojar la carga que provee el sistema fluvial. O sea que el lecho del río no se encuentra calibrado, si entendemos por ese concepto lo siguiente:

"Una curva regularizada, de forma que en todos sus puntos la velocidad de la corriente asegura el transporte de la totalidad de la carga sólida procedente de la parte superior, sin que haya excavación o acumulación" Coque,R. 1987,143.

Como demuestran los datos anteriores, el río no se encuentra en una condición de equilibrio. Debe tenerse en cuenta que los ciclos de deposición y desalojo de la carga no necesariamente deben coincidir, pero se supone que durante un plazo de ajuste mayor, la carga debe ser desalojada por el sistema. Caso contrario y como sucede aquí, hay un proceso de relleno del cauce que trae consigo varias consecuencias:

- Elevación del piso y angostamiento del valle fluvial. Ambos procesos colaboran con el desbordamiento de la corriente fluvial.
- Proyección de la corriente. Desviación de la corriente hacia las márgenes y erosión lateral o zapamiento en las áreas contrarias a las zonas de depósito.
- Transformación del flujo laminar en turbulento y aumento de la erosión lineal.
- Relleno de las depresiones costeras con eliminación de volúmenes de agua en las zonas de sedimentación o construcción de barras internas en los humedales y daños en los ecosistemas y humedales estuarinos .

2.1 Régimen de Caudales

Los aspectos morfológicos anteriores reflejan y contribuyen a un régimen de inundación frecuente, cuyos resultados se agravan, como se examinó en el aparte anterior, por la condición de uso de la cuenca hidrográfica. Los datos siguientes muestran que los caudales instantáneos pasando por la Estación de San Marcos Lempa, han tenido históricamente un comportamiento bastante parecido a los actuales. Como dato importante debe retenerse que el Embalse de Cerrón Grande entró en operación en Febrero de 1976 y el Embalse 15 de Setiembre en 1983. Cumpliendo más funciones reguladoras el primero que el segundo.

**Caudales Instantáneos en la Estación San Marcos Lempa
1961-1982**

Año-	San Marcos m³/seg
1961-1962	3302
1962-1963	3912
1963-1964	2726
1964-1965	3797
1965-1966	2880
1966-1967	2190
1967-1968	1940
1968-1969	2160
1969-1970	8921
1970-1971	4815
1971-1972	4448
1972-1973	2238
1973-1974	5246
1974-1975	7694
1975-1976	5472
1976-1977	5470
1977-1978	3336
1978-1979	3600
1979-1980	3191
1980-1981	2283
1981-1982	4600

Fuente Ortega y CLASS 1999

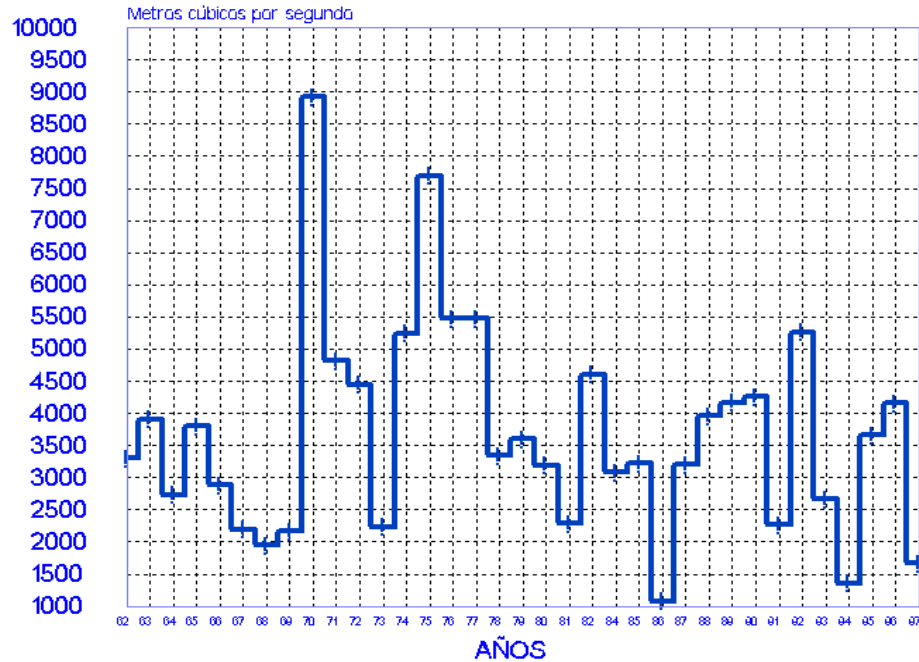
**Caudales Máximos descargados por compuertas y turbinados
Central 15 de Septiembre**

Año	Fecha	Q desc.vert m³/seg	Q gen. m³/seg	Q Total m³/seg
1984	29 set	2416.6	660.0	3076.5
1985	31 ago	2561.6	660.0	3221.6
1986	4 jul	410.9	660.0	1070.9
1987	29 jul	2537.4	660.0	3197.4
1988	15 set	3294.4	660.0	3954.4
1989	23 set	3507.9	660.0	4167.9
1990	15 set	3598.4	660.0	4258.4
1991	12 oct	1600.0	660.0	2260.0
1992	28 set	4600.0	660.0	5260.0
1993	28 set	2000.0	660.0	2660.0
1994	15 oct	700.0	660.0	1360.0
1995	29 ago	3000.0	660.0	3660.0
1996	23 set	3500.0	660.0	4160.0
1997	5 oct	1000.0	660.0	1660.0

Fuente Ortega y CLASS 1999

Las dos series de datos anteriores muestran un comportamiento análogo de los caudales instantáneos que pueden producir inundaciones.

**CUENCA DEL RIO LEMPA, ANALISIS DE CAUDALES
ESTACIONES SAN MARCOS (1961-1982) REPRESA 15 SETIEMBRE (1984-1977)**



FUENTE ORTEGA Y CLASS 1999

De los datos anteriores se obtiene la siguiente estadística, el valor máximo medido es de 8921 m³/s, el mínimo de 1070.9 m³/s. El caudal promedio de la serie es 3662.5 m³/s, el medio es 3336 m³/s y la Desviación Estándar es de 1624.6 m³/s.

Las medidas de tendencia central reflejan en particular la amplitud de valores alcanzados por la generación de caudales instantáneos, esta amplitud está caracterizada por una desviación estándar enorme, casi igual al 50% del valor del promedio y la mediana, lo que refuerza el criterio de la amplia dispersión de los datos, para una serie de tiempo con 35 observaciones.

La gráfica anterior muestra que el caudal de 1992, no es nada excepcional, aún con las consecuencias que este tuvo, porque en los años 69-70; 73-74, 74-75, 75-76 fue superado notablemente.

Lo que resulta claro es que después de la entrada en operación de los Embalses Cerrón Grande y 15 de Septiembre, el nivel de los caudales máximos instantáneos tiende a bajar, pero no lo suficiente como para evitar que una gran cantidad de caudal pase por los vertederos de las represas sin turbinar.

Además, de visualizar ese caudal pasando como problemático, porque genera inundaciones, en términos de economía es una gran pérdida porque se trata de aguas no turbinadas que no añaden nada a la generación hidroeléctrica. Esa mismo se observa en la Represa 5 de Noviembre, en donde el caudal disponible supera con mucha frecuencia la capacidad de generación.

Posiblemente, haya caudal suficiente como para articular otros proyectos hidroeléctricos al sistema, esa posibilidad y la habilitación de otros sistemas de desfogue extracuenca, podrían ayudar al desalojo de las excedencias que producen inundaciones y quizás, ayudarían a habilitar con riego otras regiones importantes del país.

Los gráficos siguientes han servido a los Consultores Ortega y CLASS, para estimar caudales de retorno descargados por compuertas y generados en la Represa 15 de Septiembre.

**CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS DESCARGADOS POR LA CENTRAL
HIDROELECTRICA 15 DE SETIEMBRE
PARA PERIODOS DE RETORNO DE 10 AÑOS**

Método de Lebediev				
Años de Obs.	Q max Ist	Qi/Qm	(Qi/Qm) -1	((Qi/Qm) -1)
1984	3076.52	1.1125	0.1125	0.0127
1985	3221.62	1.1650	0.1650	0.0272
1986	1079.90	0.3905	-0.6095	0.3715
1987	3197.36	1.1562	0.1562	0.0244
1988	3954.36	1.4299	0.4299	0.1848
1989	4167.90	1.5071	0.5071	0.2572
1990	4258.42	1.5399	0.5399	0.2915
1991	2260.00	0.8172	-0.1828	0.0334
1993	2660.00	0.9619	-0.0381	0.0015
1994	1360.00	0.4918	-0.5082	0.2583
1995	3660.00	1.3235	0.3235	0.1046
1996	4160.00	1.5043	0.5043	0.2543
1997	1660.00	0.6003	-0.3997	0.1598
Suma	38716.08			1.9812
Qm	2765.43			
Qm = caudal medio		Q máx = Caudal máximo		
Qd = Q máx + AQ		K = a calcular		
Qmáx = Qm(K*Cv+1)		A = 1.5		
AQ = +(A*Er*Qmáx)N		Cv = 0.3903		
		Cs = 3*0.3747		1.17
Período retorno 10 años		P = 1/10*100 = 10		Cs = 1.17 y P = K = 1.32
				Cv = 0.3903 y P = 10 Er = 0.56
Q máx = 2765.43 (1.32*0.3909 + 1) = 4200.02				
Q máx = 4200.02 m³/seg				
A = 1.5*0.56*4200.02/13		271.38 m ³ /seg		
Q dis10 = 4200.02+271.38		4471.35 m ³ /seg		

El caudal máximo decenal de 4200.02 m³/s o valores aproximados se ha presentado en unas 7 ocasiones, en un período de 35 años, o sea que las avenidas decenales se han presentado en la realidad, cada 5 años y algunas veces en años continuos, obsérvese en las tablas los años: 1970-71, 1971-72, 1988, 1989, 1996. Esa condición aleatoria, más que distributiva, es la que se observa en la distribución de caudales instantáneos como ya se mencionó. En consecuencia, los datos generados por la consultoría deben tomarse como muy buenos para el diseño de obras, pero sería una imprudencia tomarlos como buenos para un estudio de vulnerabilidad.

**CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS DESCARGADOS POR LA CENTRAL
HIDROELECTRICA 15 DE SETIEMBRE
PARA PERIODOS DE RETORNO DE 25, 50 Y 100 AÑOS**

Método de Lebediev				
Años de Obs.	Q max Ist	Qi/Qm	(Qi/Qm) -1	((Qi/Qm) -1) 2
1984	3076.52	0.9794	-0.0206	0.0004
1985	3221.62	1.0256	0.0256	0.0007
1986	1079.90	0.3438	-0.6562	0.4306
1987	3197.36	1.0179	0.179	0.0003
1988	3954.36	1.2589	0.2589	0.0670
1989	4167.90	1.3269	0.3269	0.1068
1990	4258.42	1.3557	0.2557	0.1265
1991	2260.00	0.7195	-0.2805	0.0787
1993	5260.00	1.6745	0.6745	0.4550
1992	2660.00	0.8468	-0.1532	0.0235
1994	1360.00	0.4330	-0.5670	0.3215
1995	3660.00	1.1652	0.1652	0.0273
1996	4160.00	1.3244	0.3244	0.1052
1997	1660.00	0.5285	-0.4715	0.2223
Suma	43976.08			1.9658
Qm	3141.15			
Qd = Q máx + AQ	K = a calcular			
Qmáx = Qm(K*Cv+1)	A = 1.5			
AQ = +(A*Er*Qmáx)N	Cv = 0.3903			
Período retorno 25 años	P = 1/25*100 = 4		Cs = 1.12 y P = 4 K = 2.09	
			Cv = 0.3747 y P = 4 Er = 0.52	
Q máx = 3141.15 (2.09*0.3747 + 1) = 3141.15*1.78				
Q máx = 5591.25 m³/seg				
A = 1.5*0.52*5591.25/14	311.51 m ³ /seg			
Q dis 25 = 5591.25 + 311.15	5205.76 m ³ /seg			
Período retorno 50 años	P = 1/50*100 = 2		Cs = 1.12 y P = 2 K = 2.59	
			Cv = 0.3747 y P = 4 Er = 0.52	
Q máx = 3141.15 (2.59*0.3747 + 1) = 3141.15*1.97				
Q máx = 6188.06 m³/seg				
A = 1.5*0.58*6188.06/14	384.54 m ³ /seg			
Q dis 50 = 6188.06 + 384.54	6572.6 m ³ /seg			
Período retorno 100 años	P = 1/100*100 = 1		Cs = 1.12 y P = 1 K = 3.10	
			Cv = 0.3747 y P = 1 Er = 0.61	
Q máx = 3141.15 (3.10*0.3747 + 1) = 3141.15*2.16				
Q máx = 6784.88 m³/seg				
A = 1.5*0.61*6788.88/14	443.70 m ³ /seg			
Q dis 100 = 6788.88 + 443.70	7232.58 m ³ /seg			

De la estimación anterior hecha con fundamento en los datos reales, el caudal de 1992, corresponde a una avenida de 25 años, sin embargo, cuando se observa la distribución de los caudales instantáneos en la gráfica de dispersión, lo real es que la serie de tiempo observada indica que tales caudales han aparecido agrupados en la serie desde el año 1973-74 al año 1976-77. O sea, cuatro veces la avenida de 25 años de retorno.

Por otra parte, las avenida probable de 100 años que se presentó en el año 1974-75, también podría ser la correspondiente a los 50 años.

En términos más precisos puede decirse que en el lapso de una generación, el Bajo Lempa ha sido afectado arrítmicamente por las avenidas o caudales máximos instantáneos de cálculo. Lo que quiere decir que las previsiones para la seguridad civil y de las obras deben ejecutarse tomando como previsión los eventos máximos, cuya ocurrencia, según demuestran los datos y las figuras aportadas, no muestran un patrón armónico y regular.

Lo anterior se escribe en descargo de los especialistas que no han dirigido sus esfuerzos al ámbito del pronóstico sino del diseño de obras, con una serie de tiempo básica pero hidrológicamente insuficiente para ahondar en mayores precisiones.

3. SÍNTESIS HIDROGEOMORFOLÓGICA DEL BAJO LEMPA

El mapa Hidrogeomorfológico adjunto, presenta esquemáticamente las principales unidades hidrogeomorfológicas del Bajo Lempa, así como las características de su dinámica particular. Después de Puente de Oro que marca el final de una unidad morfoestructural de tobas e ignimbitas, se inicia el área de relleno aluvial, o planicie de inundación del río Lempa.

A partir del eje del río, y dependiendo de la magnitud de la avenida, el desbordamiento abarcará distintos niveles marcados por los bordes de terraza y abarcando espacios más amplios hacia la desembocadura del curso principal. En la medida en que aumente el caudal, los paleocanales que marcan el límite inferior de las terrazas aliviarán el caudal excesivo y activarán la dinámica de desbordamiento y acumulación de carga en ambos márgenes del sistema. Así es como ha ocurrido durante la historia geológica y geomorfológica reciente del Lempa, y no tiene que ser de otra manera, en eventos máximos próximos.

Los aportes terrígenos del Lempa son redistribuidos por las corrientes de deriva litoral y de marea, formando las flechas litorales que dejan semiocuidas las lagunas litorales. Un efecto de retorno del agua dulce desbordante es retornado hacia las tierras bajas del Lempa por el bloqueo que supone la acción de las mareas extraordinarias. El cuerpo de aguas salinas más denso provoca la formación un plano inclinado en los fondos que revierte la dirección de la corriente fluvial y la derrama sobre los costados, por lo que se percibe que la inundación procede del océano.

4.- LA REGULACIÓN DE LOS EMBALSES

De acuerdo a las consultas realizadas en terreno, las dificultades para adaptarse a un ambiente de inundación regular o natural se incrementan por la ausencia de una programación adecuada de los ciclos de limpieza o control de los embalses durante lluvias intensas y avenidas torrenciales. El excedente aportado por la capacidad almacenada más el flujo normal, sobrepasa la capacidad de las protecciones estructurales para asegurar el bienestar de las poblaciones. La investigación deberá incidir sobre este proceso, para generar en caso necesario, las recomendaciones correspondientes.

5.- OBSERVACIONES SOBRE LA DINÁMICA LITORAL

La observación en la desembocadura del Lempa permitió observar al oriente un nivel marino levantado recientemente y después de él, una amplia fase de retroceso, quizás mayor a 200 metros delimitado en la superficie de acción intermareal por un nivel de erosión de gran amplitud. Sobre los bordes de la playa, el talud presenta bordes de más de 32% de pendiente, cuando lo normal en condiciones de estabilidad es del 3 al 5% y un retroceso del manglar en el lado derecho de la bocana al occidente, con caída de árboles y desecación de las líneas frontales de la vegetación, testimonio del paso de un ambiente de agua salobre, con aportaciones significativas de agua dulce, a un ambiente salino que penetra áreas de consolidación fluviales anteriores. La confrontación de la imagen satelitaria del 98 corroboró la observación de campo a plenitud.

El retroceso del litoral debe explicarse con fundamento en el proceso actual de calentamiento global y en la reducción del suministro de arenas a la costa por efecto acumulado de la retención de sedimentos, en los embalses aguas arriba y como se dedujo del mapa hidromorfológico por el saldo favorable en los procesos de transporte que permanece semiestabilizado en bancos a lo largo y ancho del cauce normal del río (lecho menor). Esa merma de materiales interrumpe el proceso de progradación deltaica y permite que el flujo de las corrientes marinas liberado parcialmente de su carga, retome materiales de terrazas, albardones de ribera y produzca zapamientos y erosión lateral en los bordes frontales de la línea de playas.

IV.-PROBLEMAS DE MANEJO EN RELACIÓN AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN.

La observación directa de campo muestra algunos problemas que es necesario enumerar en cuanto a las obras de carácter público generadas para la seguridad de las comunidades y mejoramiento de las comunicaciones.

- Evaluación de los diques. Las obras de contención y redireccionamiento de las avenidas se consideran una solución inmediata de relativa resistencia a la inundación. Las obras han sido diseñadas para la protección de áreas inundables agrícolas y contra avenidas de período corto de retorno. Sin embargo no están diseñadas para todo tipo de desbordamientos. Es necesario hacer diferencias en el régimen de inundación. Esto se sea propiamente una avenida torrencial con gran potencia de arrastre y disposición de carga, o un desbordamiento tranquilo por ascenso del nivel de las aguas superando el nivel de bordes plenos del canal principal.
- Una estructura para el primero de los casos debería estar reforzada con una coraza disipadora de energía y reforzada en las áreas de tendencia natural al socavamiento según el trazo de la corriente principal. La visualización parcial y preliminar ha permitido reconocer en las bordas nuevas y antiguas, debilidad en los flancos por la misma compactación del nivel superior, y socavamiento desde la base de reposo de la estructura por erosión subsecuente. La tendencia a utilizar la superficie superior del dique como camino de acceso, ha fomentado la construcción de rampas perpendiculares que debilitan el eje y estabilidad de la estructura.
- El bosque ribereño que se ubica entre el río y la bordas debe ser más compacto, para introducir un elemento de rugosidad mayor y evitar la concentración de choque de agua contra la estructura. Un programa de enriquecimiento forestal con especies de raíz profunda y rápido crecimiento debe desarrollarse para que una cortina vegetal sea el primer elemento de debilitamiento de la corriente y actúe como un mecanismo de defensa del dique.
- La construcción de bordas restringe el ámbito del lecho mayor y de los canales naturales de avenida o de inundación del río Lempa, normaliza y destruye la microtopografía original y modifica las condiciones de drenaje interno en donde se asientan las comunidades. Esto supone una disminución de la capacidad del sistema natural para evacuar remanentes de las crecidas. Las bordas no contienen compuertas dobles en su trazo para evacuar esos excedentes, que deberían ser ubicadas a lo largo de la obra, utilizando, siempre que se pueda, los canales de drenaje natural, para evitar la construcción costosa de drenajes artificiales. Cuando estos existen, es evidente que requieren de un programa de mantenimiento y limpieza, lo que hace que su operación actual sea deficiente, y que la labor que puedan desempeñar ante una crecida sea poco satisfactoria en las condiciones actuales.

- La presencia de los diques genera una falsa idea de seguridad en los pobladores y se continua con la construcción de viviendas y obras comunitarias a espaldas del dique lo que puede traer serias consecuencias en el futuro. Conviene realizar un modelo de elevación para ubicar sitios altos para asentamientos y construcción de refugios, aledaños a estas áreas de gran sensibilidad. Se debe impedir la localización de nuevos asentamientos o construcciones en esas condiciones.
- Las bordas deben ser continuas y reforzadas en los ejes cóncavos del eje normal de las corrientes, lo cual no elimina el peligro porque en el trayecto de llanura, ese trazo suele variar con frecuencia durante las crecidas. Un monitoreo de la formación de depósitos en tránsito capaces de formar bancos de sedimentos es importante, para actuar sobre los mismos y no permitir la modificación frecuente de la dirección de las corrientes, de modo que, el trabajo en tierra sea inapropiado cuando esos bancos produzcan cambios importantes en la dirección y comportamiento de las corrientes.
- La construcción de caminos cuya base o rasante debe ser necesariamente levantada para conservación de la obra, debe ser acompañada de alcantarillas, con la frecuencia que el buen drenaje del terreno requiera, deben ser mejoradas las condiciones de drenaje que el efecto de dique provoca, generando anegamiento de los terrenos aislados por la construcción del camino. Un programa de conservación de caminos debe ser elaborado y puesto bajo la responsabilidad de las comunidades para el buen mantenimiento de esas obras.

1.- PERCEPCIÓN DE LA AMENAZA DE INUNDACIÓN

Es evidente que la población maneja un conocimiento bastante claro de la amenaza de inundación, aunque las experiencias reales sobre la mismas son diferentes para las comunidades que presentan una probabilidad diferente de ser inundadas, de acuerdo a los estudios de Ortega y Cía. CLASS (1999). Esta generalización parte del hecho de que una buena parte de la población, más de la mitad tienen menos de 11 años de vivir en la región y carecen de una experiencia de varios años sobre el fenómeno de las inundaciones.

Esta percepción y la experiencia traumática del Mitch hacen que la población tenga como parámetro de referencia una inundación de período de retorno de 25 a 40 años. De esta manera, las bordas son el elemento de alivio a este problema, sin que se conozca que el diseño de la obra es para avenidas de diez años de retorno y que es sobrepasada en su borde libre para avenidas de 25 años de retorno.

Extraña en estos momentos la actitud tranquila de las poblaciones ubicadas detrás de las bordas que no han sido construidas totalmente, ni defendidas con gaviones en las curvas de erosión del Lempa, porque prácticamente se avecinan las lluvias fuertes y un aumento del nivel puede concentrar el flujo de caudal en los segmentos no articulados, con mayor severidad por concentración de presión hidráulica en los puntos débiles de las concavidades del flujo meándrico, o en aquellos sitios donde ocurra la separación de los canales de la

corriente anastomasada o trenzada a causa de la formación de bancos de fondo, o laterales, de depósitos aluviales en tránsito.

Tampoco se ha esbozado una advertencia para las comunidades en las partes bajas que recibirán, sin ningún efecto de retardo, los flujos concentrados en canal por efecto de las bordas, y cuyo comportamiento será más parecido al de una avenida que a un desbordamiento simple por superación de márgenes.

El informe de Ortega y Cía. CLASS muestra las consecuencias de las crecidas para distintos periodos de retorno y dan cuenta de los requerimientos de espacio para la calibración del lecho normal. Las bordas sugieren un acondicionamiento, cuya eficacia disminuye hacia las partes del curso inferior, debido a que en esas áreas el nivel del referencia marino está más próximo y el río corre casi superficialmente. Esta zona afectada por crecidas con 2 años de retorno tiene las más serias limitaciones para la ocupación de sus territorios. Sólo un estudio de detalle puede individualizar los terrenos cuya altitud se constituya en un límite de seguridad aceptable para las poblaciones, aunque con muy serios problemas de aislamiento durante la fase natural de inundación.

2.- PROBLEMAS DE MANEJO DEL FLUJO HÍDRICO AL NIVEL LOCAL

Resulta evidente que el plan de ejecución de construcciones de Ortega y CLASS no camina según el cronograma previsto, esa situación de inconsistencia entre la construcción de márgenes, habilitación de drenajes primarios y construcción de una red adicional, según la modalidad y distribución de las comunidades y tierras habilitadas, supone la amenaza sobre la infraestructura que se construye y las poblaciones con viviendas mal diseñadas para minimizar, en algún grado, el efecto de los desbordamientos.

En estos momentos los cultivos se encuentran en una situación de sequía, por la prolongación del período de disminución de lluvias en la canícula intermedia y la ganadería que se desarrolla en apartos pequeños, mal nutrida, seguramente por la baja calidad de los pastos y de un ambiente de alta lixiviación de nutrientes, propio de un ambiente sobresaturado.

La fragilidad ante estas anomalías del tiempo requiere el desarrollo de un cambio en el calendario y modalidades de siembra y cosecha de los cultivos y en la modalidad de la cría y el engorde del ganado, dada la insuficiencia de tierras para prácticas extensivas de esa actividad.

Resulta evidente que la protección de las inversiones del campesinado supondría entre otras cosas la adquisición de terrenos no inundables para el traslado oportuno del ganado durante la fase "normal de inundaciones", lo que obligaría al ensilaje de pastos y concentrados para las épocas en que los semovientes deban ser trasladados a otros sitios de pastura o de ubicación temporal; o para la alimentación del ganado durante las fases previstas de sequía. En opinión de los autores el desarrollo de un programa de ganadería orgánica, en esa doble

perspectiva de sobreabundancia de lluvias y de sequía, tendiente a mejorar la calidad del hato ganadero.

3.- EL MANEJO DE EXCEDENTES DE AGUA EN LOS CENTROS DE POBLACIÓN

La solución del problema de vivienda y habilitación sanitaria de los cuadrantes en las comunidades, está cargada de errores desde el punto de vista del manejo de los excedentes de agua. Las viviendas ubicadas a ras, o con poca elevación, han sido diseñadas para áreas de mayor elevación y condiciones más benignas de clima y aireación.

Por esta razón, las poblaciones cuyas viviendas no permiten el paso libre del agua se constituyen en una red de obstáculos para el movimiento del flujo hídrico, concentrando caudales en puntos en los cuales suele producirse la destrucción de las obras. El ingreso de lodos y agua a las viviendas o la construcción sobre sitios húmedos es causa de la aparición de enfermedades bronco-pulmonares, tuberculosis, asma etc.

Si al problema anterior se le agrega que las calles internas no tienen rasantes elevados, alcantarillas y drenaje se obtiene una tendencia al anegamiento en las depresiones y patios de viviendas por la compactación de los terrenos de tránsito constante de personas y animales, al igual que los caminos, en virtud de la progresiva incapacidad de los suelos a infiltrar el agua en la época alta de lluvias, en razón de las circunstancias anteriores y de las texturas finas que los forman .

Los empozamientos resultantes constituyen medios de cultivo para enfermedades de origen hídrico, diarreas, dengue, malaria en medios fertilizados, algunas veces hasta la eutroficación, por el estiércol de los cerdos, aves y ganado vacuno que se mueven libremente.

Posiblemente, las comunidades no disponen de la orientación o capacitación para habilitar los sistemas de drenaje y de conducción de aguas locales, articulándolos, cuando se puede, al sistema anterior de recolección de excedentes de agua llevando los excedentes por desnivel hacia el colector natural o artificial más cercano.

Muchos de los problemas de insalubridad que padecen las comunidades pueden ser solucionados localmente, mediante la acción comunal, elevando rasantes de caminos, colocando cunetas y alcantarillas en puntos donde se compruebe la concentración de flujo, tránsito y evacuación de aguas y anegamiento de terrenos y solares.

El aspecto ligado al diseño de viviendas será abordado por el especialista del tema, pero debe adelantarse que, la dotación de aguas debe mejorarse en aquellos casos en que esta se suministra desde acuíferos mediante la construcción de pozos. Estos deben ser encamisados, con el bocal a no menos de un metro de altura y profundos, para desechar el agua superficial normalmente contaminada, suficientemente espaciados para evitar la constitución de conos de depresión, merma o salinización de caudales y cercados para

evitar el acercamiento del ganado porcino, de aves domésticas o la contaminación por aguas contaminadas superficiales.

No resulta nada descabellada, la recomendación de iniciar la construcción de cisternas elevadas para la recolección de las aguas de lluvia y contar de esta manera, con un suministro de mejor calidad química y bacteriológica para el consumo de las familias, al menos durante la estación lluviosa. Estas aguas provienen del ciclo de evaporación y condensación de las aguas oceánicas y tienen mejores propiedades calidades para el consumo humano que las aguas superficiales no tratadas y las extraídas de pozos someros, como es el caso en el Bajo Lempa. Además, habrá, menor presión sobre el agua de los pozos y sus reservas alcanzarían para sostener la demanda, durante un periodo más largo en el estío.

4.- PROBLEMAS DEL MANEJO HÍDRICO A PARTIR DE LOS COLECTORES NATURALES

La observación de los materiales transportados por el río Lempa, tanto por el flujo de agua dulce discurriente gravitacionalmente, como la reubicación de depósitos arenosos por la montante de la marea, dejan ver amplios y espesos depósitos de arenas claras, gruesas y poco densas, normalmente producto de la alteración de rocas piroclásticas, es decir, sin mucha resistencia al desplazamiento.

Estos depósitos no pueden afectarse por dragados, sin un buen cálculo en la disponibilidad requerida en la costa, para que las corrientes litorales mantengan los perfiles de equilibrio de las playas, islas arenosas, barras y otras acumulaciones que constituyen la costa Pacífica aledaña al río Lempa, y que constituyen la mejor defensa contra las grandes mareas. Las playas salvaguardan la estabilidad de las tierras continentales emergidas.

Se supone que fuera de las márgenes de aguas plenas del río, el desbordamiento provocará una distribución de las partículas más finas de arenas, limos y arcillas. Obviamente, este proceso será distorsionado con la construcción de las bordas y los finos serán transportados aguas abajo, en donde las aguas que desembocan al final del canal regularizado del río Lempa, los depositará construyendo bancos que azolvarán canales, esteros, cañones y harán que el agua de flujo normal retroceda cuando el volumen de los sedimentos impida la salida normal del agua hacia el mar y la zona de humedales litorales.

Estos nuevos depósitos serán movidos como tapón de lodo en la boca del estuario por el régimen intermareal produciendo un enlodamiento de las playas arenosas de la bahía. Dependiendo de su volumen, se producirá una saturación de sedimentos en los manglares y ello ocasionará el aislamiento de las comunidades vegetales, al flujo de aguas salobres. Posiblemente ello influirá en una modificación de la distribución de los manglares, en el comportamiento de los ecosistemas y en la operación de la producción camaronera. Sobre todo, durante el tiempo en que la actuación de las bordas sea efectivo.



Canal de marea en la desembocadura del río Lempa en la cual se mezclan las aguas del océano Pacífico, dando origen a un ambiente propicio para el desarrollo de manglares. Estos espacios requieren de medidas de conservación especiales por su vocación turística, protección de hábitats naturales de importancia económica y como reguladores de avenidas torrenciales y mareas y oleajes extraordinarios



Camaroneras artesanales cuyos rendimientos económicos dependen del balance de salinidad, sedimentos y propiedades naturales de las aguas del sistema lagunar litoral del río Lempa.

En lo que respecta a la construcción de bordas en ríos como el Guayabo, la salida del canal transmitirá a las tierras bajas el mismo problema aunque en menor escala.

Los comportamientos hidrológicos anteriores pueden ser modificados mediante el control admisible de los picos de avenidas fluviales, ello puede facilitarse con un control adecuado de las descargas de las represas, especialmente la 15 de Septiembre que produce descargas arriba de los 5000 m³/s (Ortega y Cía. CLASS, 1999) que se agregan a los caudales tributarios pos represa. Cuando la amplitud del lecho mayor a plenas aguas es de 500 metros, la columna de agua que se desplaza es de 10 metros de altura, suficiente para sobrepasar las bordas que se construyen actualmente.

Muchos de los cauces tributarios del Lempa son torrentes que bajan rápidamente de las estructuras volcánicas cónicas regulares o irregulares que se alzan sobre las tierras bajas del piedemonte, o pertenecen al sistema interno que recoge las aguas de las lluvias y tormentas en la zona intrabordas, lo que origina la necesidad de desarrollar un proyecto para manejo de torrentes en las zonas altas y diseños de drenajes para evacuar los excedentes de esorrentía, mediante sistemas eficientes de drenajes naturales no obturados, y la operación de drenajes artificiales, en la Cuenca Baja, accionados mediante el uso de compuertas de regulación.

Para fortalecer las medidas de control sobre el flujo hídrico se hace igualmente necesario, el avance y ejecución del proyecto de Alerta Temprana para la Cuenca del río Lempa, que permitirá establecer una mayor regulación en las descargas estacionales del sistema hidroeléctrico, con lo cual, obras de infraestructura y la seguridad de las personas y sus bienes estarán mejor protegidos.

5 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD A LAS INUNDACIONES EN EL BAJO LEMPA

El mapa adjunto se acerca más a la situación real de los pobladores del Bajo Lempa. La región ha sido subdivida en áreas que presentan vulnerabilidad a las avenidas, siendo las de orden mayor las más vulnerables (4). Estas áreas no están protegidas por diques y la afectan los caudales frecuentes de 1 500 m³/s. A pesar de son tierras de humedales, coexisten con el medio industrias artesanales, salinas, camaroneras y comunidades que habitan en viviendas muy mal diseñadas para esos ambientes de aguas altas con efectos de mareas. Inmediatamente aguas arriba de esa unidad se encuentra un sector (3) en ambas márgenes que se inunda cuando los caudales son mayores a 2800 m³/s, lo cual sucede unas 4 veces por año. Las construcciones tampoco tienen un diseño adecuado y tienen muchos problemas para la evacuación de los excedentes del escurrimiento superficial.

La unidad 2, presenta gran susceptibilidad a la inundación cuando los caudales sobrepasan los 3600 m³/s, lo cual sucede una vez al año y como consecuencia de la construcción de la borda. En última instancia se encuentran las unidades afectadas sólo por avenidas "decenales" cuando el caudal es mayor a los 6700 m³/s. Como esa seguridad es falsa, como se ha visto por el modo en que se acomodan los años húmedos en la serie de tiempo, las

comunidades de esta zona como las otras deben tener diseños apropiados de viviendas, sitios públicos y rutas de enlace para abandonar la región.

En este sentido, es necesario observar que la preocupación estatal ha sido la de construir dos ejes de ruta siguiendo el eje de ambas márgenes. Como alternativa para eventos superiores deben construirse o mejorarse caminos transversales, que son la ruta más corta hacia las tierras altas inmediatas, que constituyan un sistema de evacuación de emergencia para las poblaciones, y en cuyo trayecto pueden construirse refugios de ocupación temporal.

Para efectos de mitigar las inundaciones y la presión del agua del río sobre las bordas, es recomendable que el saldo positivo de la acumulación de sedimentos en bancos laterales y centrales sea manejado por el Ministerio de Obras Públicas. Los bancos laterales deben ser recortados parcialmente, como se muestra en la figura, para evitar diversión de la corriente, y empuje del flujo contra las márgenes opuestas al depósito. El corte debe guardar una curvatura armónica con la dirección de flujo y el recorte debe mostrar un perfil suave hacia el río entre el 5 y el 10 % para evitar el zapamiento de los cortes verticales. El aluvión recortado puede ser acumulado contra el borde externo de la borda, asimismo en plano inclinado, para darle protección a la estructura y añadir rugosidad al flujo en el sector.

En ningún caso los bancos laterales deben ser removidos en su totalidad, ello plantea el debilitamiento inmediato de la ribera y el ataque por erosión lateral.

Los bancos que provocan el anastomasamiento de la corriente deben ser eliminados para evitar el desvío de la corriente contra las orillas. El recorte debe ser laminar y el tirante de la base debe corresponder al perfil longitudinal del río. El resultado del tratamiento debe ser la amplitud del lecho y la reducción relativa del nivel de las aguas.

V.- SITUACIÓN DE LOS BOSQUES EN EL BAJO LEMPA

Diversos estudios indican que en la zona se reconocen los siguientes tipos de bosques presentes (López Cepeda 1995, Ortega y Cía Class 1998, Veterinarios sin Fronteras 1996):

Bosque de planicie costera, o aluvial perennifolio: Se caracteriza por tener grandes árboles de entre 50 y 60 m. de altura, cuyas especies más comunes son: *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste negro), *Alvizzia caribea* (conacaste blanco), *Brosimum terrabanum* (ujuste), *Andira inermis* (almendro de río), *Pithecellobium saman* (cenicero).

Bosque de galería: Se presentan a lo largo de las márgenes de los ríos y quebradas y poseen principalmente especies perennes debido a la disponibilidad de agua durante todo el año, entre ellas: *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste negro), *Lysiloma divaricatum* (quebracho), *Lonchocarpus salvadorensis* (cincho), *Brosimum terrabanum* (ujuste), *Andira inermis* (amendro de río), *Pithecellobium saman* (cenicero). En el área de estudio se encuentran sobre los ríos El Aguacate, El Guayabo, La Bolsa, El Terrero.

Manglares: En áreas inundables las especies representativas son: *Rizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Alvicenia germinans* (istatén). En zonas de menor inundación se encuentran: *Alvicenia bicolor* (madresal), *Conocarpus erecta* (botoncillo). En el área de estudio este tipo de bosque se distribuye sobre las áreas de La Pita, Estero Las Mesitas y área aledaña a las Isla Montecristo.

Vegetación de transición: Estos bosques se ubican entre el manglar y tierra firme. Presenta pocas especies que crecen en las partes menos inundadas por mareas, entre ellas *Conocarpus erecta* (botoncillo), *Alvicenia bicolor* (istatén), *Acacia farnesiana* (espino blanco) y *Acacia hindsii* (iscanal).

Morrales: se presenta en zonas planas de suelos arcillosos poco aireados, saturados de agua en época lluviosa. Reemplazados por pastizales o cultivo de arroz. Tienen pocas especies arbóreas, dominando *Crescentia alata* (morro).

Huiscoyolar: áreas donde la vegetación dominante es la palma *Bactris sulglobosa* (huiscoyol) que comparte el dosel con *Terminalia oblonga* (volador), *Cecropia obtusifolia* (guarumo) (comunicación personal, guardabosques de Nancuchiname).

Bosques secundarios: durante la guerra varias zonas fueron abandonadas y se formaron grandes extensiones de bosques secundarios pertenecientes a la asociación de planicie costera.

1. BOSQUE DE NANCUCHINAME

Este bosque está ubicado en la ribera oriental del río Lempa y es el único representante a nivel nacional del tipo de bosque de planicie costera. Aproximadamente sólo el 30% de las 1030 ha. Del área protegida se conserva como bosque primario poco intervenido (Tabla 1).

Tipo de bosque	1995 (ha.)	1998 (ha.)	Diferencia
Primario	245.4	218	-27.4
Primario poco deteriorado	182.7	114	-68.7
Primario muy deteriorado	542.2	623.4	81.2
Pastizal	22.9	27.4	4.5
Cultivos	36.1	46.7	10.6

Fuente: Flora de Bosque Nancuchiname. Villacorta R y Benitez M. 1998 FUPAD/CEPRODE (citado por Ortega y Cia. Class 1998).

Esta área ha sido definida como Reserva Nacional Estatal, pero no posee aún ninguna categoría de área protegida respaldada legalmente. Esto, entre otras razones, ha contribuido a que la vegetación haya sufrido un gran deterioro debido a la extracción de especies de madera dura como el conacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum*), el cedro (*Cedrella odorata*) y el carrito o cenízaro (*Pithecellobium saman*).

El Bosque de Nancuchiname es una rareza en términos de la conservación de la naturaleza en la región del Bajo Lempa, de 2 km de ancho por 7 de longitud, y en el borde Pacífico del Salvador. La preservación de sus valiosísimos recursos está en manos de ADESCO BN, cuyos miembros investidos de una autoridad relativa se encargan de su cuidado y de la capacitación comunal que requiere su preservación, en una región en donde existe presión por los recursos que protege el bosque.

La vegetación se implanta sobre suelos aluviales, normalmente húmedos y de composición limo-arenosa con gran proporción de materia orgánica, son suelos Udic Troporthens y Fluventic Humitropets, asociados a tropoaquents. Los terrenos son transitables a pie y colindan con las riberas arenosas "playas" del río Lempa. En este umbral adopta la forma de un bosque de galería, casi natural, salvo por la presencia de bordas construidas anteriormente y las que son construidas actualmente, tomando materiales de un sitio de préstamo (20 000 m³) de la misma área central del Bosque .

El estudio de Ortega y Cía y CLASS, justifican la acción como una medida para protección del bosque, que sufrió durante la inundación del Mitch, pérdida de cobertura y de fauna. Esa intervención modifica, absurdamente un recurso, sometido al comportamiento de los agentes naturales. Tal vez, el valor de rareza pueda justificar eso, aunque lo más razonable era trazar la borda por fuera del límite del Bosque y frente a las tierras agrícolas.

No hecho esto, se recomienda no dejar que especies arbóreas o arbustivas colonicen la borda, porque ello debilita finalmente su constitución y daría paso a otras reparaciones y consecuentemente, a más daño del que supone, los aproximadamente 60 mil metros

cuadrados destruidos de sus ecosistemas naturales, justificados paradójicamente como una medida de conservación.

El ecosistema principal está constituido por una formación boscosa con cuadro estratos, siendo el mayor el que ocupan especies de magnífico desarrollo como el Guanacaste, Cenízaro, y las Ceibas. A un nivel inferior del dosel dominan jobos y cedros y en el sotobosque vegetación de platanillas y plantas espinosas, acacias y saragundí. La fauna está representada por especies migratorias y residentes, armadillos, tamantúas, armadillos, monos aulladores, iguanas y garrobos, serpientes zopilotas y becquer. La importancia de este bosque radica en la presencia, única en el país, de poblaciones de *Ateles geoffroyi* (mono araña). Además existen otras especies de mamíferos como: *Coendou prehensilis* (zorro espin), *Nassua narica* (pezote), *Odocoileus virginianus* (venado de cola blanca), *Dasyurus novemcinctus* (cuzuco), *Felis yagaroundi* (gato zonto), *Procyon lotor* (mapache), *Didelphis marsupialis* (tacuazín) y *Agouti paca* (tepezcuintle). Entre las especies de aves se destaca la presencia de *Amazona auropaliática* (lora nuca amarilla) y *Claravis pretiosa* (tortolita azul).

2. LA PRESIÓN SOBRE EL RECURSO NATURAL

Estudios realizados anteriormente muestran que la presión sobre el recurso madera no proviene de las comunidades que colindan con el bosque, ya que estas ocupan leña para cocinar pero la extraen de los alrededores de su vivienda. En cambio, la presión es ejercida por personas que vienen de zonas más distantes y que se dedican a comercializar la madera en la región (López Zepeda 1995, Ortega y Cía Class 1998, Sistema Económico Social 1998).

Otra de las presiones ejercidas sobre el bosque y confirmada por los pobladores de la zona es la ganadería. En 1995 un 22% de los pobladores de la zona mencionó que utilizaba el área protegida como sitio de pastoreo para su ganado (López Zepeda 1995), para lo cual se producen quemas que permiten la regeneración de herbáceas y gramíneas verdes. Por otra parte, se ha indicado que un 21% de los pobladores de las áreas aledañas al bosque obtienen plantas medicinales del mismo (López Zepeda 1995).

El 29% de los pobladores de la zona practican la caza, y un 23% de ellos la practica en el bosque Nancuchiname. Las especies que obtienen son principalmente iguanas (*Iguana iguana*) y garrobos (*Ctenosaura similis*).

Las comunidades aledañas al bosque agrupan a 1500 familias y son las siguientes: El Zamorán, Nuevo Amanecer, Nueva Esperanza, Mata de Piña, Las Arañas, La plancha, Ciudad Romero, El Marillo, La Limonera, El Sisiguayo, San Marcos Lempa, Amando López, La Canoa y El Presidio. De estas, las primeras 10 comunidades se encuentran organizadas en la Asociación de Desarrollo Comunal del Bosque Nancuchiname - ADESCOBN- (ADESCOBN 1996). Esta Institución es actualmente la encargada de la protección y manejo del Bosque de Nancuchiname, y se creó en 1996 cuando finalizan las acciones de FUPAD en el mismo que iniciaron con el fin de la guerra en 1992.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la situación actual de la cuenca del río Lempa refleja lo siguiente:

- El río Lempa posee una forma atípica de cuenca hidrográfica cuya área de aprovisionamiento de caudales y carga comparten territorios ubicados en las Repúblicas de Guatemala, Honduras y el Salvador. Desde este punto vista la ordenación territorial de esa cuenca requiere de la concertación internacional y de la obediencia a los convenios que se refieren al aprovechamiento de cuencas internacionales. El mejor uso de los recursos hídricos a las demandas específicas de cada país debe realizarse sin lesionar los derechos de los otros, esto no puede hacerse más que por la vía de los tratados internacionales y por la expresión de la buena voluntad de los pueblos y comunidades que comparten el buen uso del recurso hidrológico.
- Las demandas del recurso hídrico en la República del Salvador son múltiples, de ahí la complejidad de su manejo. Desde dotación de recursos de agua para consumo directo, riego, industria y generación de energía hidroeléctrica a través de los embalses de regulación: Cerrón Grande, 5 de Noviembre y 15 de Septiembre. El comportamiento hidrológico del río Lempa obedece, por lo tanto, a las condiciones del ciclo hidrológico normal y a las demandas de generación del sistema hidroeléctrico, lo cual añade otro nivel de complejidad para el tratamiento de la cuenca, bajo el esquema de la ordenación territorial, necesariamente tripartita.
- El único embalse con capacidad reguladora es Cerrón Grande, pero se ha colmatado bastante porque recibe desde sus tributarios internacionales el producto de la degradación de tierras, pero lo más significativo es que la mayor parte del incremento de caudal, lo provee el sector de cuenca ubicado entre el embalse 5 de Noviembre y la represa 15 de Setiembre, y este último es un vaso de paso que tiene muy poca capacidad de almacenamiento. En consecuencia, la solución de represas para regular picos de avenidas, no ocurre eficazmente en el Salvador, por las características del último embalse, y por el origen exógeno del caudal.
- Los desniveles de los drenajes en la cuenca baja son tan mínimos que el agua se mueve con gran lentitud y retarda la salida de las excedencias.
- Los flujos de retorno de avenidas bianuales y decenales sobrepasan las bordas de las unidades territoriales intermedias y aunque se extrae de la serie temporal el evento mayor de 1992, porque se supone que es un evento extraordinario de avenida de un período mayor de recurrencia, la verdad es que con el calentamiento global y las advertencias de las Naciones Unidas, estos eventos se repetirán con mayor frecuencia en el futuro, sin que haya esperanza en la toma de acuerdos válidos. En consecuencia, no es correcto, honesto ni prudente decir, que las medidas que se están tomando minimizan sustancialmente el control de inundaciones en el Bajo Lempa.

- Sobre las poblaciones en ambos márgenes del Lempa penden muchas amenazas, la de inundación por desfogue debido a condiciones meteorológica excepcionales, las relacionadas con el vulcanismo, terremotos y tsunamis.
- Las avenidas extremas de cálculo superan los 10 mil metros cúbicos por segundo, si se suman los caudales máximos calculados e incrementados entre el sistema de represas. Desgraciadamente esto lleva a la conclusión que incentivar, estimular, conducir o aprobar los asentamientos humanos, en las condiciones actuales tiene un alto grado de responsabilidad civil. Aún con las medidas de construcción, terraplenes, diques, el peligro no desaparece. En nuestra opinión y con toda honestidad, el patrón de ocupación anterior de las tierras de pastoreo y labranza, se ajustaba mejor al comportamiento irregular del sistema.
- La opción más viable para disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones reside en el control de flujo mediante la construcción de embalses reguladores con desfogue distinto al río Lempa o dispositivos de gran capacidad de almacenamiento, de modo que el caudal disponible en condiciones de avenidas máximas en el sistema, sea reducido, aumentando el tiempo para llegar al pico de avenida y rebajado el nivel vertical de inundación.
- Las actuaciones en las laderas de la cuenca alta y media deben concentrarse en los territorios nacionales del área tributaria del Embalse 15 de Septiembre, por ser este el que mayor aporte de caudal genera y en donde se concentran la mayor parte de áreas inestables determinadas por el estudio de condición de uso de la tierra.
- Con preocupación derivada del informe de ORTEGA Y CLASS (Ob.Cit) queda claro que durante una avenida máxima podría elevarse el nivel del río en varios metros, y unos 50 centímetros adicionales por efecto de las mareas. Si las tierras van a aprovecharse de preferencia para cultivos y las bordas, tienen como propósito inicial la defensa de las mismas, las poblaciones deberían reubicarse hacia el 2do. nivel de terraza. Eso llevaría a la necesidad de expropiar algunos terrenos para reubicación de poblados y construcción de rutas de evacuación transversales al eje del valle fluvial. En estos momentos, una buena parte de las poblaciones en ambos márgenes se encuentran sobre el nivel 1, en cualquier circunstancia están bajo riesgo.
- En los estudios mencionados nunca se ofrece, prudentemente, la seguridad civil definitiva, y se han apuntado con claridad, la vulnerabilidad de esos sitios. Nos preguntamos? Es justo que las poblaciones marginales del Bajo Lempa, vivan bajo el escudo de un mecanismo de alerta temprana, que sólo servirá para salvar vidas, perder recursos y cultivos constantemente. O es necesaria una reunión y reubicación de poblados en sitios menos vulnerables, con una adaptación del calendario agrícola y la práctica de cultivos en secano y con riego, en donde la inundación se maneje en sus aspectos positivos?.
- Mientras no haya pruebas en contrario, la persistencia en la construcción de viviendas sin la altura adecuada sobre el terreno, para mitigar al menos el efecto de 1 2 metros de

elevación del nivel de las aguas y asegurar el asentamiento de familias en la cuenca baja, es un acto de irresponsabilidad civil. No se debe fomentar esperanzas de control de inundaciones en un sitio en donde la vulnerabilidad humana y de la infraestructura civil no alcanzan a convertirse en verdaderas medidas de mitigación.

- Actualmente los bosques de la zona no presentan un uso conservativo, de ellos se extraen madera y especies animales, pero no se considera que pueden generarse ingresos a partir de actividades no extractivas, como el turismo. A pesar de ello los integrantes de ADESCOBN se encuentran interesados en realizar este tipo de actividades, pero se necesita cierto apoyo para lograr establecer los mecanismos que garanticen una afluencia del público que permita generar ingresos suficientes para que las comunidades se involucren y se reduzca de esta manera la presión sobre el bosque.
- Para implementar un uso no extractivo y generador de ingresos y apoyar las actividades de protección, conservación y regeneración que los guardaparques de ADESCOBN están realizando, es necesario que se logre establecer una categoría de área protegida significativa para el área de Nancuchiname a través de la Dirección de parques nacionales y vida silvestre (PANAVIS).
- La consideración del enfoque forestal en el proyecto el Bajo Lempa, y con respecto a la mitigación de las inundaciones, debe realizarse con fundamento en las siguientes observaciones sobre el rol de los bosques.
 - a.-La Cuenca Baja del río Lempa es un dispositivo de salida del sistema fluvial. La génesis de caudales altos o frecuencia de avenidas esta regido por los aspectos de operación del sistema hidroeléctrico y por el comportamiento del ciclo hidrológico en las cuencas alta y media. La generación de caudales en la Cuenca Baja es espacialmente minoritaria y cuantitativamente reducida con respecto a la génesis de escurrimiento, por la reducción del espacio de captación y por las derivaciones del flujo hacia otros colectores que llevan al mar la escorrentía superficial que se genera en la Cuenca Baja.
 - b.-En consideración a lo anterior, si se desean modificaciones positivas, con respecto al control de avenidas en la Cuenca del río Lempa, las intervenciones ligadas al manejo de bosques o medidas sustitutivas de agroforestería y prácticas silvoagrícolas o silvoagropecuarias, deben realizarse en el ámbito de las áreas de mayor captación en la cuenca superior y media consideradas como áreas inestables y penestables
- La intervención del manejo forestal en la cuenca inferior y con respecto al control de inundaciones debe orientarse a:
 - a.-Manejo de la vegetación sobre las bordas. Sobre estas estructuras el bosque ejerce un rol desestabilizador, y estas estructuras sólo pueden ser manejadas con especies menores y de cobertura homogénea, para no introducir cambios en la rugosidad,

concentración de flujos y generación de procesos de erosión por concentración de escorrentía "ruisselment concentré".

- b- Defensa de las bordas. La vegetación o enriquecimiento forestal puede ejercer un efecto protector de las bordas, sobre todo en las caras frontales a los cursos fluviales, como disipadora de energía y control de las cargas movilizadas por el torrente. En todo caso, debe presentar un efecto de pantalla continuo para no inducir a la formación de canales o proyecciones de agua contra la borda en espacios o corredores sin vegetación, porque ello concentra el esfuerzo mecánico del agua en esos puntos y puede activar los procesos erosivos.
- c- El manejo de la vegetación, como un caso particular puede estar ligado a un perfil de proyecto para conservación e integración del Bosque de Nancuchiname a las formaciones vegetales litorales, mediante la articulación funcional de un corredor biológico. Esta propuesta tendría entre otros propósitos: la protección del bosque de bajura y del germoplasma que contiene. Podría igualmente convertirse en el laboratorio de enseñanza, selección y control de especies nativas para el manejo porcentual de la cobertura vegetal en las zonas de manejo comunitario en los asentamientos.
- d.-Por el consumo de madera como material combustible, debe haber manejo de especies productoras de leña para aliviar la presión sobre especies maderables. El plan de manejo forestal que se desarrolle puede seguir estimulando el desarrollo de cercas vivas, parcelas comunales etc. con esos propósitos.
- e.-Como solución a mediano y largo plazo, debe estimularse la siembra de bosques productivos maderables de especies como el cedro, Cenízaros, Guanacastes, Laurel, para suplir las necesidades locales de madera y para el desarrollo de artesanías como construcción de muebles. Esta práctica ayuda al desarrollo de una cultura basada en el manejo correcto de las especies forestales de valor económico y presenta hacia el futuro una solución para la presión sobre los bosques naturales o sus remanentes.
- f- En el manejo integrado de las zonas costeras, el manejo del bosque salado reviste una importancia estratégica, en lo que respecta a la protección de cadenas tróficas de importancia económica, desarrollo de actividades productivas: camarónicas, pesquerías, moluscos. El manejo del manglar, como ecosistema de humedales protectores de las zonas continentales, es primordial en el mantenimiento de las inversiones costeras. Playas y manglares defienden las zonas costeras contra la erosión marina, y son constructoras de espacios válidos para el desarrollo de actividades deportivas seguras en los sistemas lagunares. Sirven igualmente de abrigos para puertos de pescadores artesanales y son el asiento de comunidades pesqueras, cuya prosperidad depende básicamente de los ordenamientos que se realicen para ajustar su género de vida, a las posibilidades y limitaciones de este medio tan particular. Los manglares del Lempa deben recibir una categoría de protección de uso mixto, equivalente a Refugio Nacional de Vida Silvestre en cuyo

manejo y conservación deben intervenir las comunidades instaladas en esos ambientes.

- g. El manejo forestal y de especies permanentes debe concentrarse en el área de la cuenca hidrográfica del Lempa tributaria del Embalse 15 de septiembre, de preferencia deberán consolidarse las áreas penestables e iniciar políticas de manejo forestal en las áreas inestables de las altas vertientes como modo de controlar picos, frecuencias, alturas y tiempo de producción del escurrimiento y avenidas torrenciales.

7. BIBLIOGRAFÍA

ADESCOBN. 1996. Proyecto: Protección y recuperación de la zona 2 del Bosque Nancuchiname a través de la campaña para la prevención y control de incendios forestales y reforestación con especies nativas. Presentado a Fondo: Iniciativa de las Américas. San Salvador.

Allan, D. 1995. "Stream Ecology" New York. Chapman Hill, 520 p.

Bierregard, R.O., Lovejoy, T.E., Kapos, V., Dos Santos A.A., Hutchings, R.W. 1992. "The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments", *Bioscience* 42(11): 859-866.

Bode, R.W., M.A. Novak, L.E. Abele. 1991. "Methods for rapid biological assessment of streams" New York, Department of Environmental Conservation, Division of Water, 45 p.

Borgella, R. 1995. "Population size survivorship and movement rates of resident birds in Costa Rican forest fragments". New York, Cornell University 145 p.

Brenes, L.G. 1976. Análisis de procesos de Remoción en Masa en la Cuenca Media y Alta del río Reventazón, Costa Rica. Tesis Universidad de Costa Rica.

Brenes, L.G. Mora, S. Valverde, R. 1985: Carta geológica y geomorfológica preliminar, cuenca del río Parrita. Escuela de Geografía: 1:50000.

Brenes, L.G. Mora, I. 1983. Metodología y selección de para manejo de cuencas prioritarias. CATIE, Turrialba.

Calvo, J.C. 1996. Efecto del uso de la Tierra y estudios de Balances Hídricos para cuencas Tropicales: como particular referencia al Embalse de Arenal, Costa Rica. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.

Cardona, O. 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. En: Maskrey, A (Comp.). "Los desastres no son naturales". LA RED. Bogotá, Colombia.

Carranza, C., B. Anylward, J. Echeverría, J. Tosi y R. Mejías. 1996. Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica. CCT.

CATIE, 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central, guía de campo. Serie Técnica Manual Técnico No. 4. Turrialba, Costa Rica. 185 p.

Centro Científico Tropical. 1995. Estudio Ambiental preliminar Proyecto Hidroeléctrico Pacuare del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). San José, Costa Rica.

Centro Científico Tropical. 1998. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Pirrís. San José, Costa Rica.

Centro de Protección para desastres CEPRODE. 1995. Estudio Básico de Obras Físicas y Biológicas para la mitigación de Inundaciones del Bajo Lempa (Margen Izquierda. San Salvador, 74p.

Charpentier, C. 1997. Involucrando a las comunidades en la rehabilitación de la cuenca del río Segundo, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 18: 23-35.

Chaves, E., G. Ramírez y R. Zeledón. 1991. “Diagnóstico y Evaluación de los Recursos Naturales de la Cuenca del Río Barranca”. Tesis de Licenciatura en Geografía. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José.

Cleves, R. 1970. “Efecto de la lluvia durante la época de recolección sobre los componentes del café en fruta”. Departamento de estudios agrícolas y económicos, Oficina del Café. San José, Costa Rica.

Cobertera, E. 1993. "Edafología aplicada". Edit. Cátedra, Madrid, España.

Cooper, C.M. 1993. Biological effects of agricultural derived surface water pollutants on aquatic systems – A review, *J. Environ. Qual.* 22: 402-408.

Coque, R. 1977. Geomorfología, Edit. Alianza Editorial Textos, Madrid, 475p.

CRRH, CAPRE, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, SICA, DANIDA. 2000. Plan Centroamericano para el manejo Integrado y la Conservación de los recursos del Agua. San Salvador, 63p.

Cubero, D. (Editor). 1994. “Manual de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas”. 2da. Edición. Editorial UNED, San José.

Cummins, K.W., M.A. Wilzbach, D.M. Gates, J.B. Perry and W.B. Taliaferro. 1989. Shredders and riparian vegetation. *BioScience* 39 (1): 24-30.

De las Salas, G. 1987. “Suelos y Ecosistemas Forestales, con Énfasis en América Tropical”. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 1ª Edición.

Demangeot, J. 1999. Tropicalité, Géographie physique intertropicale. Ed. Armand Colin, Paris. 340p.

Derruau, M. 1978. “Geomorfología”. Editorial Ariel, 2da. Edición. Barcelona, España. .
Dietrich, W., T. Dune, N. Humphery, L. Reid. 1991. Construction of sediment budgets for drainage basins. Unpublished manuscript. University of Washington, USA.

Enríquez, Alberto et Alt. 1999. FUNDE. Fundación Nacional para el Desarrollo. Offam, América. Impactos de la tormenta tropical MITCH en el Salvador y Algunas Respuestas Institucionales. San Salvador, 65p.

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima-FUNDASAL. 1999. Expresiones del Desastre en la Microregión de la Cuenca Baja del río Lempa. Mimeo. San Salvador.

Gobierno, PNUD. 1985 Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, El Salvador. Documento Básico No. 3, Recursos y Demandas Potenciales en la Región. San Salvador 27p.

Goldman, C.R. y A.J. Horne. 1987. Limnology. New York, McGraw – Hill Book Co, 463 pags.

Green, C. Parker, D. Tunstall, S.M. 2000. Assesment of Flood Control and Management Options. WCD. Cape Town, 136p.

Howard, Ch. 2000. Operations, Monitoring and Decommissioning of Dams, WCD, Cape Town, 102p.

Hornbeck, J.E., E. Corbett, P. Duffy y J. Lynch. 1984. Forest hydrology and watershed managenents. 637-678 p. En: K. Wegner (E d.) Forest handbook. New York, Wiley New York.

Horton, R.A. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull. 56: 275-370.

Hutchinson, G.E. 1957 a. A treatise on limnology I. Geography, Physics and Chemistry. New York. John Wiley & Sons. Inc. 1015 p.

Isaxon, K. 1996. Estimación de la escorrentía con el modelo de Holdridge empleando un sistema de información geográfica (SIG) e imágenes de satélite. Centro de investigación en desarrollo sostenible (CIEDES). Un Minor field study financiado por ASDI, Suecia. Universidad de Costa Rica. San José, CR.

Jordan, C. Efectos ecológicos de la tala del bosque. En: Flores, E. (trad.). 1994. “Conocimiento ecológico y soluciones ambientales”. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica.

Lal, R. & E. Russell. 1981. Tropical Agricultural Hidrology: watershed management and land use. Ed. John Wiley & Sons. New York, Estados Unidos de América.

Lamotte, M. et al. 1985. “Fondaments rationnels de l aménagement d un territoire”. De. Masson, París. Mc Graw-Hill. Pub. México, D.F.

Lamarre, D. Pagney, P. 1999. Climats et Societes. Ed. Armand Colin, Paris. 272p.

Lambert, R. 1996. Géographie du Cycle de l'eau. Ed. Presses Universitaires du Mirail. Toulouse.

Lavell, A. "Costa Rica: Cambio sin transformación. Los límites de un paradigma" en Lavell, A. y Franco, E. 1996. "Estado, Sociedad y Gestión de los desastres en América Latina. En busca del paradigma perdido". (editores) La Red, Flacso, ITDG. Perú. pp 31-80.

López Cepeda M. 1995. Plan de manejo del rea Natural Silvestre Nancuchiname. Ministerio de Obras Públicas. 86 p. Informe de Prefactibilidad. Tomo 3 Area III Bajo Lempa

Lücke, O. Base conceptual y metodológica para los escenarios de ordenamiento territorial. En: Rodríguez, A. (ed.).1999. "Escenarios de uso del territorio en Costa Rica en el año 2025". Ministerio de Planificación/Banco Interamericano de Desarrollo. San José, Costa Rica.

Medina, J.A. y R. Sánchez. 1977. "Impacto ambiental de las obras hidráulicas." TEPIC # 40 México: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 70 p.

Messerli, S. Yves, J.D. 1999. Les montagnes dans le Monde. Ed. GLENAT, Grenoble, 475p.

Ministerio de Agricultura y Ganadería.1975. Proyecto de Riego Zona Costera.

Neuvy, G. " L'homme et l'eau dans le domaine Tropical. Ed. MASSON, Paris, 227p.

Ortega y Cia. Class. 1998. Proyecto: Estudio y diseños finales de ingeniería de las obras de drenaje y control de inundaciones en el Bajo Lempa. Informe de avance n° 1: Estudio Medioambiental. Ministerio de Agricultura y Ganadería: dirección General de Recursos Naturales Renovables. 127 p.

Ortega y Cía. Class. 1999 Ejecución de obras de drenaje y control de inundaciones en el Bajo Lempa. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador.

Ortega y Cía. Class. 1999. Climatología e Hidrología General. Mejoramiento del Sistema de drenaje y control de inundaciones en el Bajo Lempa. Apéndice A, San Salvador, 36p.

Ramakrisna, B. 1997. "Estrategia para extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias". I.I.C.A./GTZ, San José, Costa Rica.

Ravelo, P; Sánchez - Azofeifa, G.A. (1997). Report on watershed characterization and critical area identification for the improvement of reservoir efficiency in the State of

Falcon, Venezuela. Reporte de Consultoría preparado para H[DROFALCON C.A. y el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales de Venezuela. Earthsat Corporation.

Riou, G. 1989. " L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux". Ed. MASSON, Paris.

Romano, Luis, E. **SD**. Represas y Desastres en el Salvador. Centro de Protección para Desastres (CEPRODE). El Salvador. 74p.

Sadler, B. Verocai, L. Vanclay, F. 2000. V.2 Environmental and Social Impact Assesment for Large Scale Dams.WCD, Cape Town, 45p.

Sanchez-Azofeifa, G.A.; Harriss, R.C. 1997. Implication of Land Use/Cover Change for Hydropower Production in Costa Rica. Journal of Hvdrology. *Submitted*

Sanmuganathan,K. 2000. Assement of Irrigation Options, WCD, Cape Town, 227p,

Sánchez-Azofeifa, G.A.; Bawa, K.S.; Quesada-Mateo, C.A.; Dayandana, S.; González Quesada, P. 1997. Are protecting areas conserving biodiversity in the tropics? Conservation Biolo. *Submitted*

Schwoerbel, J. 1987. "Hanbook of Limnology." Southampton: Ellis Horwood Limited, Great Britain, 228p.

Sistema Económico Social 1998. Manejo de recursos naturales del Sistema Económico Social "SES": 1998 – 2001. San Carlos Lempa, El Salvador. 66p.

Stanford, J.A y J.V. Ward. 1993. An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor, J.N. Benthol. Soc. 12(1): 48-60. 319 pp.

Strahler, A. 1974. Physical Geography. Ed. John Wiley & Sons, New York.

Tosi, J.A., V. Watson y J. Echeverría. 1992. Potential Impacts of Climatic Change on the Productive Capacity of Costa Rican Forests: A case Study. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.

Tricart, J. 1968. Regionalisation et Devolppement. Ed. CNRS, Paris, 287 P.

Tricart, J. 1974. Le Modelé des régions Chaudes. Forêts et Savanas. Ed. SEDES, Paris, 345 P.

Tricart, J. 1978. Geomorphologie Applicable. Ed. MASSON, Paris, 204 P.

Tricart, J & Kilian, J. 1982. "La Ecogeografía y la Ordenación del Medio Natural". Edit. Anagrama. Barcelona, España.

Tricart, J. 1985. L'apport de la géomorphologie à l'aménagement d'un territoire" en Lamotte, M. et al. 1985. "Fondaments rationnels de l'aménagement d'un territoire". De. Masson, Paris. Mc Graw-Hill. Pub. México, D.F.

Tricart, J. 1994. Ecogeographie des espaces Ruraux: Contribution methodologique au Programme International Geosphere-Biosphere. Ed. NATHAN, Paris. 184 P.

Schumm, S. 1977."The Fluvial System". John Wiley & Sons. New York, Estados Unidos de América.

Vannote RL., W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, and C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.

Vega - Mejía, A. 1980. Estudio de limnología. Embalse de Arenal. PP 267-291. En: "Estudio Ecológico de las zonas de afectación del Proyecto Arenal." San José: Centro Científico Tropical.

Veterinarios sin fronteras. 1996 Diagnóstico del Sistema Agrario de Usulután. Proyecto de Unión Europea. 71 p.

Vivas, L. 1984. El Cuaternario. Ed. La Imprenta C.A. Mérida, Ven. 266p.

Ward, J.V. 1976. Comparative limnology of differently regulated sections of a Colorado mountain river. ARCH. Hidrobiol. 78: 319-342

Ward, J.V. 1982. Ecological aspects of stream regulation: responses in downstream lotic reaches, Water Pollution Management Review 2: 1-26

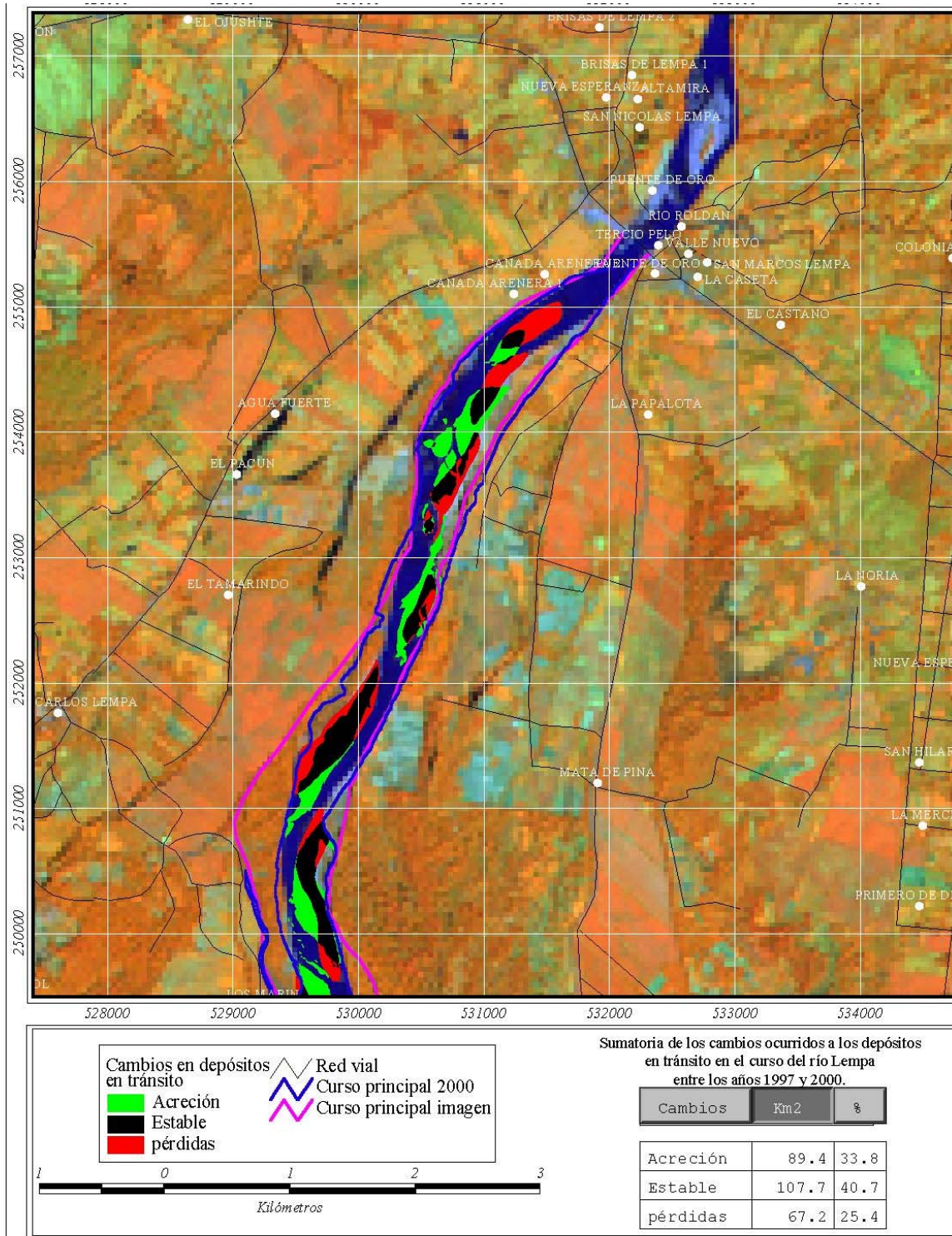
World Commission on Dams.2000. The Social Impact of Large Dams, Equity and Distributional Issues. WCD, Cap Town, 51p.

Wetzel, R.O. 1983. "Limnology." Second edition. New York: Saunders College Publishing, 767p

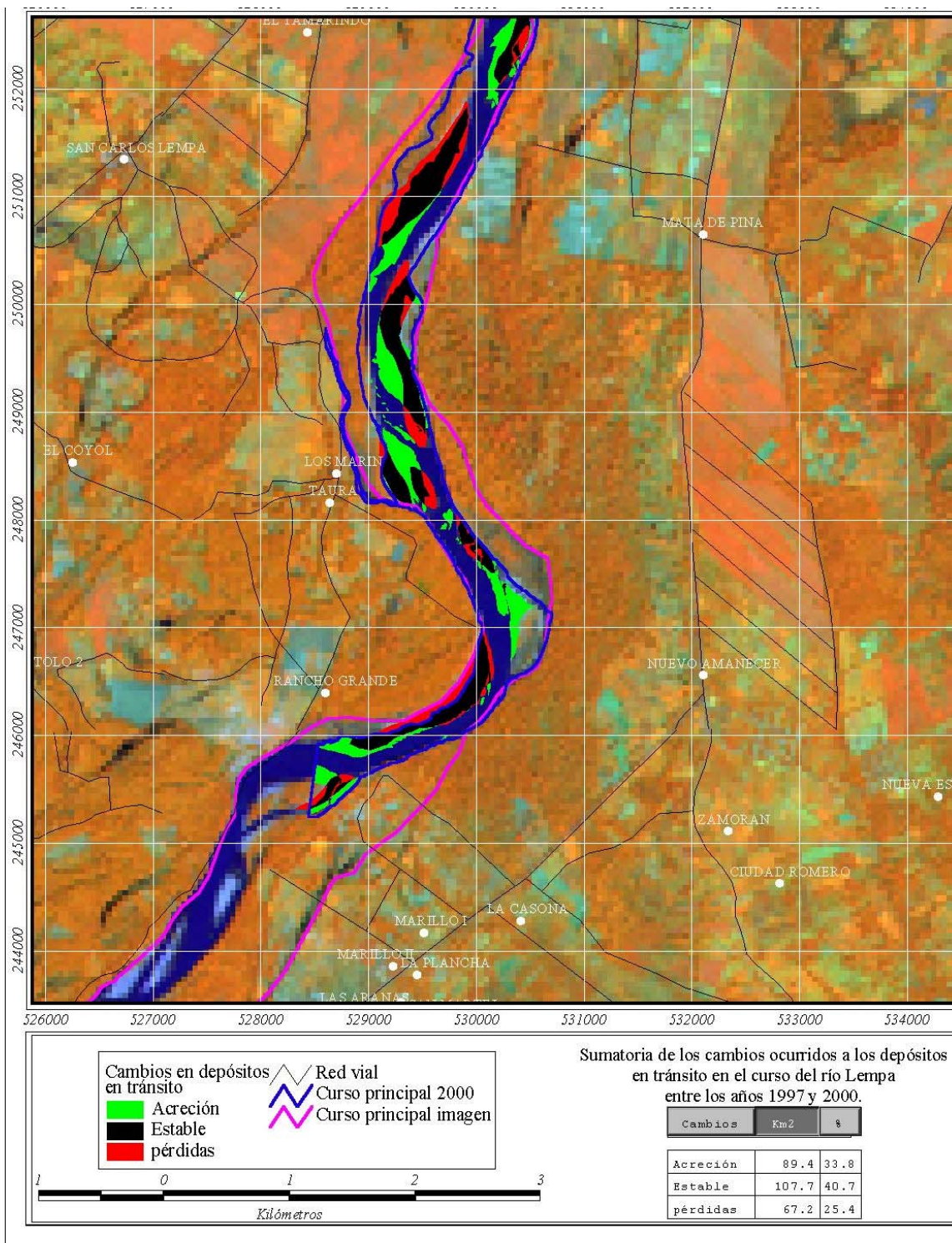
Zadroga, 1992. En Lal, R. & E. Russell. 1981. Tropical Agricultural Hidrology: watershed management and land use. John Wiley & Sons. New York, Estados Unidos de América.

8. IMÁGENES

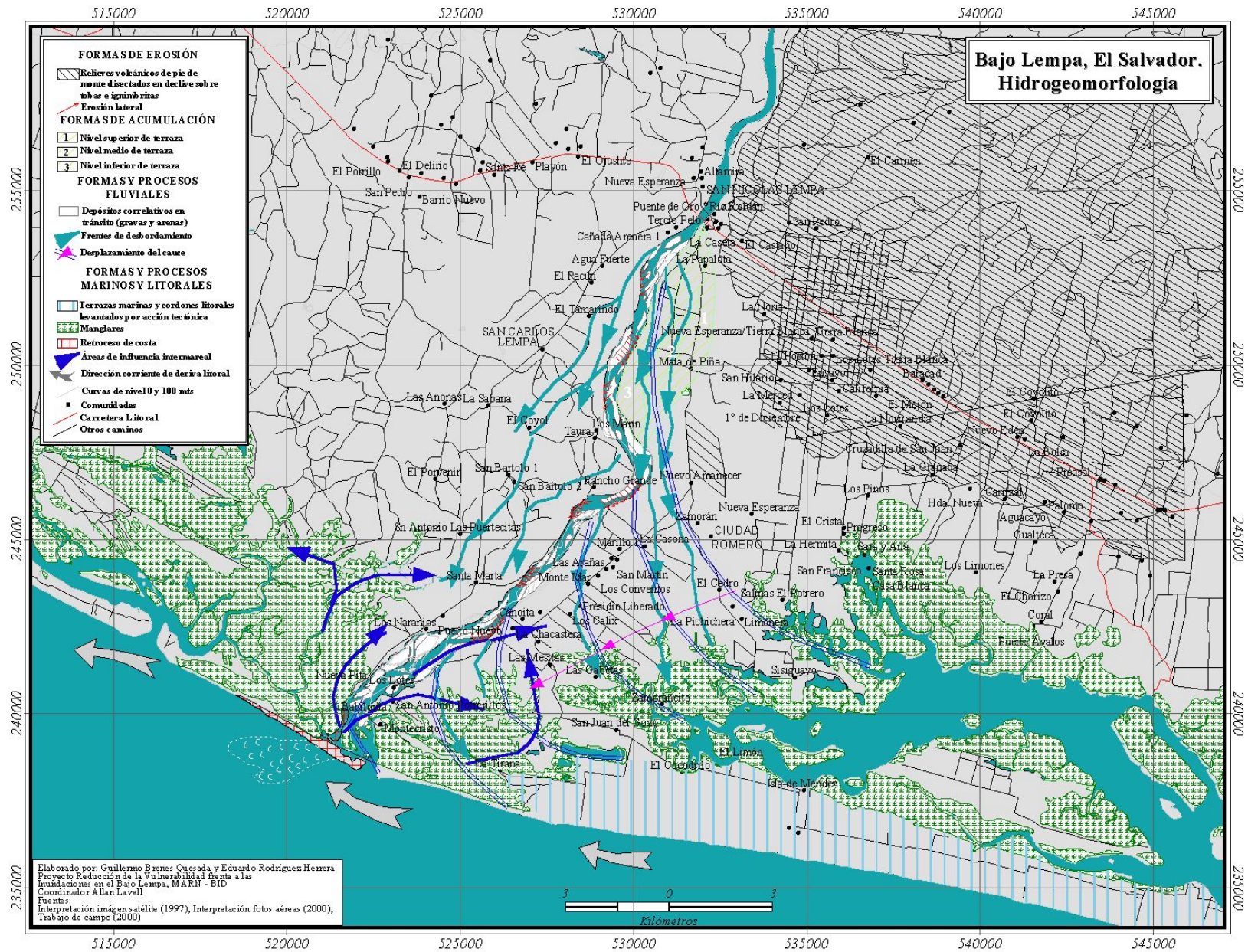
TRANSITO NORTE



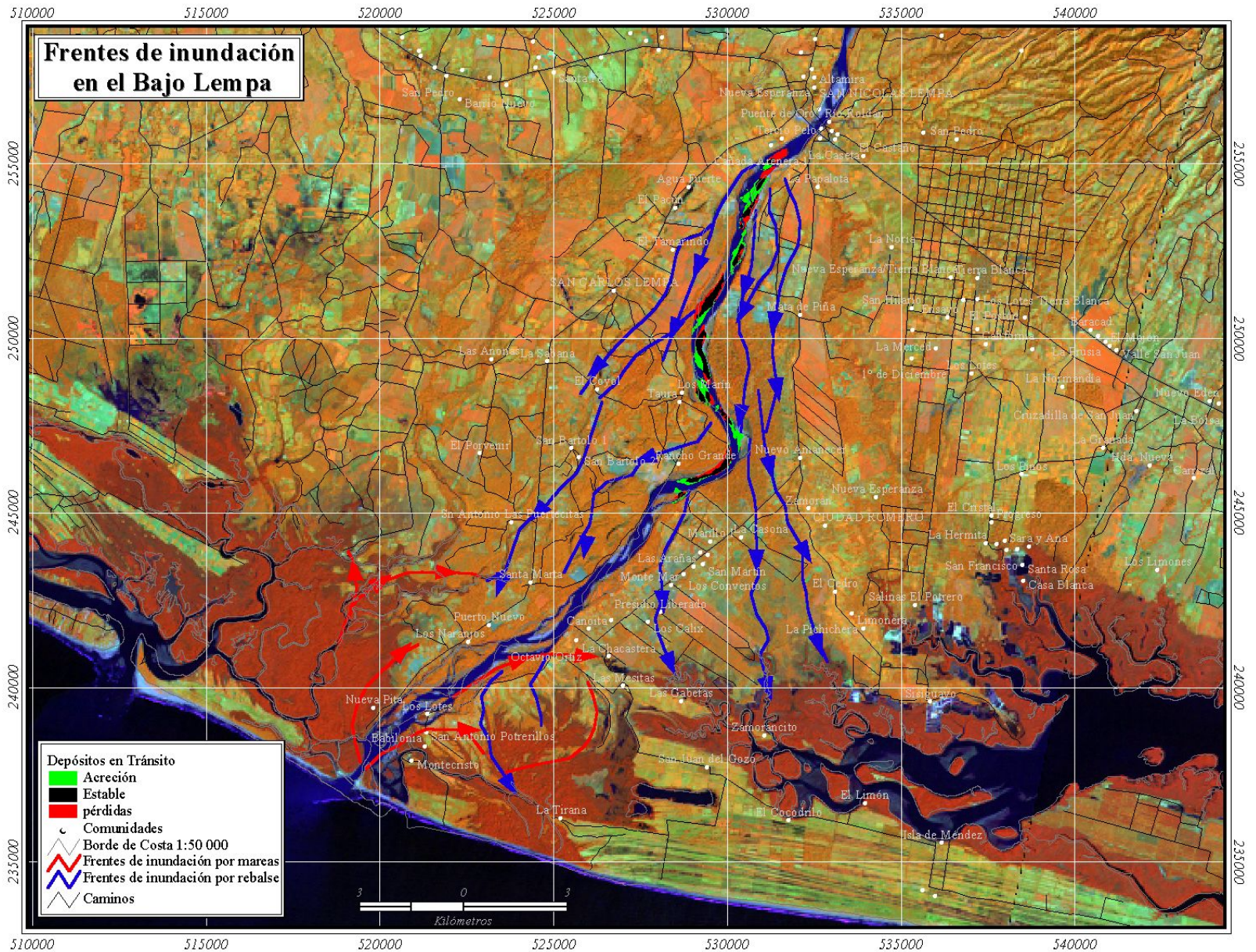
TRANSITO SUR



HIDROGEOMORFOLOGIA DE LA ZONA DEL BAJO LEMPA



FUENTES DE INUNDACIÓN





La litología y las formaciones superficiales que constituyen el basamento de la cuenca del río Lempa en el Salvador, contribuyen al aceleramiento del flujo superficial y al aprovisionamiento de material de carga proveniente del desmantelamiento de superficies amesetadas en la que se combinan flujos tobáceos, tobas de arrastre y mantos ignimbríticos que constituyen el lecho fijo de los cauces (Guajoyo), en los cuales la respuesta hidrodinámica más frecuente es el entalle con rápidos y pilancones , o marmitas de gigante, con un levantamiento de nivel en la sección húmeda, porque los ríos no pueden ajustarse hacia el fondo para calibrar su curso a la carga sólida y caudales disponibles.





El Lempa, el principal recurso hídrico de El Salvador, ingresa a territorio nacional con un flujo torrencial y una alto arrastre de sedimentos en suspensión y carga de fondo. El puente en Metapán recibió los excedentes de caudal del Mitch, gracias a un excelente diseño y construcción, el sitio reúne las características necesarias para la instalación de una estación telemétrica para el registro de caudales y el control de avenidas en el sistema de embalses y represas.

El Embalse de Guija que aprovecha las aguas del río Guajoyo, aporta excedentes y aguas de generación al Lempa, constituyendo el primer componente del sistema hidroeléctrico Salvadoreño.





Embalse y Represa de Cerrón Grande, el único sistema de regulación , en el conjunto de represas del Lempa. El lago se ha ido colmatando con los sedimentos que aporta de tierras hermanas y este proceso agrava el control de inundaciones En el Bajo Lempa.





Represas de los embalses 5 de Noviembre y 15 de Setiembre. El sector de cuenca comprendido entre ambos dispositivos, aporta la mayor parte del caudal del Lempa, sin embargo, la captación se origina en territorio extranjero lo que hace de ello un problema internacional de manejo de cuencas, y reduce las posibles actuaciones al manejo hidráulico del recurso una vez que ingresa al Salvador. Como la Represa 15 de Setiembre está en un vaso estrecho y con poca capacidad de almacenamiento, el control y sobre todo la regulación de los caudales es sumamente importante para la seguridad civil en el Bajo Lempa.





El control de inundaciones en el Bajo Lempa tiene dos dificultades fundamentales, primero la poca capacidad del Embalse de la Represa 15 de Setiembre como regulador de caudales, siendo su área de cuenca la que recibe mayores aportes, y una buena parte de ellos de territorio extranjero, es decir con pocas actuaciones posibles en su cuenca, y la poca capacidad que tienen los drenajes en la cuenca baja para movilizar los excedentes de agua de las precipitaciones locales y el desbordamiento de cauces.

