



**PROGRAMA
REGIONAL
REDD**

Reducción de Emisiones por
Deforestación y Degradación de
Bosques en Centroamérica y
República Dominicana



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

 Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung



BIOMARCC
PROYECTO de Sostenibilidad Múltiple Escalas en Costa Rica, Guatemala
y República Dominicana



 Bundesministerium
für Umwelt Naturschutz
und Reaktorsicherheit

INFORME FINAL

**“ANÁLISIS MULTIESCALA DEL HUMEDAL NACIONAL
TÉRRABA SIERPE Y SU ÁREAS DE INFLUENCIA. UNA
ESTRATEGIA PARA LA EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
Y SU ADAPTACIÓN A ESTRATEGIA REDD”**

Junio 2013
San José, Costa Rica

3 de Mayo, 2.013.

Señor
M.Sc. Carlos Roberto Pérez.
Coordinador
Programa REDD/GIZ-CCAD
Presente

Estimado Señor Pérez

En el marco de la consultoría para el *“Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe y su área de influencia. Una estrategia para la evaluación de la biodiversidad y su adaptación a Estrategia REDD”*, me complace entregar el informe final de la misma.

Cualquier inquietud o información adicional, estaré gustoso de atender.

Cordialmente,

M.Sc. Henry Chaves Kiel
Consultor

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom, positioned to the right of the typed name.

c.c. Ing. Patricia Ruíz
Lic. Sonia Lobo.

“Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe y su área de influencia. Una estrategia para la evaluación de la biodiversidad y su adaptación a Estrategia REDD”

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	i
Índice de figuras.....	ii
Índice de tablas y gráficos.....	ii
Agradecimientos.....	iv
ACRONIMOS.....	v
1. Introducción.....	1
2. Área de Estudio.....	1
2.1 La región Brunca.....	1
2.2 Geomorfología.....	2
2.3 Clima.....	3
2.4 Ubicación político administrativa.....	3
3. El Humedal Nacional Térraba Sierpe (HNTS).....	5
4. Objetivos de la Consultoría.....	10
4.1. Objetivo General.....	10
4.2. Objetivos específicos.....	10
4.3. Creación de la base de datos en Arcgis 10.....	12
4.4. Clasificación de imágenes.....	15
4.5. Consideraciones.....	16
5. Análisis de datos.....	18
5.1. Incidencia de las actividades agro-productivas en el cambio de uso del suelo.....	18
5.2. Sector pecuario.....	20
5.3. Sector Forestal.....	22
5.4. Sector Agrícola.....	24
6. Análisis biogeográfico para determinar ecosistemas naturales críticos.....	28
6.2. Análisis del Paisaje.....	29
6.3. Análisis de datos para el año 1.992.....	55
6.4. Ponderación de bosques para el año 1.992.....	56
6.5. Ponderación de bosques para el año 2.012.....	60
7. Conclusiones.....	64
8. Recomendaciones.....	68
9. Bibliografía consultada.....	71
10. Anexos 1. Categorías de uso y cobertura del suelo propuesta, basadas en el proyecto “Clasificación de sistemas marino costeros de la costa pacífica de Costa Rica”.....	79
Anexos 2. Sistema de clasificación jerárquico utilizado en el proyecto. Adaptados del proyecto “Clasificación de sistemas marino costeros de la costa pacífica de Costa Rica”.....	83
Anexos 3. Hojas cartográficas 1:25000.....	85

Índice de figuras

Figura 1. División política administrativa dentro del área de estudio. Fuente: Atlas de Costa Rica, 2.008.	4
Figura 2. Áreas protegidas por fecha de creación y Área de Conservación en la zona de estudio.	7
Figura 3. Área de estudio, índice de hojas cartográficas a escala 1:25.000 para el año 2.012, con verificación de campo 2.013.	11
Figura 4. Cobertura boscosa para el 1.992. Elaboración propia a partir de imágenes de satélite Lansat TM.....	17
Figura 5. Cuencas hidrográficas en el área de estudio. Fuente: Atlas de Costa Rica, 2.008.	19
Figura 6. Algunos efectos importantes del cambio climático en la agricultura, silvicultura y los ecosistemas, según origen y probabilidad de ocurrencia.....	26
Figura 7. Cobertura boscosa para el año 2.012, elaborado con validación de campo hecha entre a Marzo del 2.013	27
Figura 8. Índice de borde (Relación Área/Perímetro) para el año 1.992	37
Figura 9. Índice perimetral (Relación Perímetro Área) para el año 1.992	40
Figura 10. Índice de diversidad de forma de Patton para el año 1.992	43
Figura 11. Índice de compactación para el año 1.992.	47
Figura 12. Índice de dimensión fractal (D1) para el año 1.992.	50
Figura 13. Índice de continuidad de Vogelmann para el año 1.992.....	52
Figura 14. Grado de fragmentación para el año 1.992.	54
Figura 15. Índice compuesto de riesgos para el año 1.992.....	57
Figura 16. Cambio multitemporal de coberturas boscosas para el periodo 1.992 – 2.012	59
Figura 17. Índice compuesto de riesgos para el año 2.012.....	61
Figura 18. Mapa de zonificación para implementar acciones a corto, mediano y largo plazo.	62

Índice de tablas y gráficos

Gráfico 1. Coberturas de bosques por cuenca hidrográfica para el año 1.992.	18
Gráfico 2. América latina y el Caribe: cambios en el uso de suelo para el periodo 1.990 – 2.005.....	24
Gráfico 3. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de borde por cuencas hidrográficas, 1.992.....	36
Gráfico 4. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice perimetral (relación Perímetro / Área) por cuencas hidrográficas, 1.992	39
Gráfico 5. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de diversidad de borde de Patton por cuencas hidrográficas, 1.992	42
Gráfico 6. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de compactación (IC) por cuencas hidrográficas, 1.992.....	46
Gráfico 7. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de dimensión fractal por cuencas hidrográficas, 1.992.....	49
Tabla 1. Parámetros de las proyecciones empleadas.....	14
Tabla 2. Sub región Sur – Sur: Número de explotaciones ganaderas y número de animales por hectárea 2008.	21
Tabla 3. Actividades forestales según categoría de manejo declarado, expresadas en hectáreas por cantón para el 2007 en la Subregión Sur - Sur.	23
Tabla 4. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de borde, 1.992.....	32

<u>Tabla 5. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de borde (Relación Área / Perímetro) 1.992.</u>	<u>36</u>
<u>Tabla 6. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice perimetral (RPA), 1.992.</u>	<u>39</u>
<u>Tabla 7. Agrupación de los índices de diversidad de Patton.</u>	<u>41</u>
<u>Tabla 8. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de diversidad de borde de Patton, 1.992.</u>	<u>42</u>
<u>Tabla 9. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de compactación (IC), 1.992.</u>	<u>45</u>
<u>Tabla 10. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de dimensión fractal, 1.992.</u>	<u>49</u>
<u>Tabla 11. Valores para el índice de fragmentación.</u>	<u>53</u>
<u>Tabla 12. Criterios de ponderación empleados para las coberturas boscosas de 1992.</u>	<u>56</u>
<u>Tabla 13. Categorización de acuerdo a los índices estimados para el año 1.992.</u>	<u>56</u>
<u>Tabla 14. Extensión coberturas boscosas por cuenca hidrográfica y por tipo de condición según análisis de cambio multitemporal para los periodos 1.992 – 2.012.</u>	<u>58</u>
<u>Tabla 15. Extensión de áreas a trabajar en proyectos REDD por zonas y por tipo de condición.</u>	<u>60</u>
<u>Tabla 16. Caracterización de las zonas definidas para la ejecución de proyectos REDD (Figura 18).</u>	<u>63</u>



Agradecimientos

Agradezco a Patricia Ruiz de la GIZ y Sonia Lobo del SINAC la realización de este proyecto, por su confianza y apoyo incondicional. A Gil Ruiz por su entrega en la coordinación desde el campo. A Jaime González y Nelson Fallas, a los (as) funcionarios de ACOSA y ACLAP que participaron en los talleres. A los vecinos de la zona que apoyaron la labor de campo.

A Gina Brito Quijas, por su apoyo a lo largo del proyecto, en la realización del taller y por su constante motivación para conservar nuestro hábitat y aprender a ser cada día más como las lapas Rojas.

ACRONIMOS

ACLA-P	Área de Conservación Amistad Pacífico
ACOSA	Área de Conservación Osa
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEDARENA	Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales
CBCR	Compañía Bananera de Costa Rica
D1	Índice de dimensión fractal
DAP	Diámetro a la altura del pecho
DGF	Dirección General Forestal
DGVS	Dirección General de Vida Silvestre
ETP	Evo transpiración potencial
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (Food and Agriculture Organization).
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GPS	Global Position System (GPS)
HNTS	Humedal Nacional Térraba Sierpe
IALE	Asociación Internacional de Ecología del Paisaje
IC	Índice de compactación
IF	inventario forestal
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MC	Madera caída
MDL	Mecanismos de Desarrollo limpios
MIRENEM	Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas
MINAET	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
PM	Plan de manejo
PP	Permiso pequeño
PSA	Pago por servicios ambientales
RAP	Relación Área Perímetro
RPA	Relación Perímetro Área
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques
SAF	Sistemas Agroforestales
SICAF	Sistema de Información para el Control del Aprovechamiento Forestal
SEMEC	Sistema de Evaluación del Mejoramiento Continuo de la Calidad
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación

1. Introducción

El presente proyecto se gesta como una iniciativa para definir una estrategia de implementación de un programa para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques¹ (REDD+) en un área considerada como primordial para la conservación de ecosistemas en Costa Rica. En este se detallan los aspectos metodológicos empleados en la realización de proyecto, incluyendo las normas y procesos ejecutados, así como las características de la información empleada para lograr determinar las áreas prioritarias de acción en los próximos años. Así mismo se describe el área del proyecto, algunas de sus características biogeográficas más relevantes y condiciones generales de la misma, y se hace un diagnóstico retrospectivo en un periodo de 20 años para generar las tendencias de deforestación y utilizarlas como base para proyecciones futuras de este fenómeno.

Se generó como parte del proyecto una base cartográfica a escala 1:25.000 para el año 2012 con actualización de campo al 2013, siendo esta la primera base cartográfica realizada a este detalle en Costa Rica para una región de dimensiones tan considerables.

2. Área de Estudio

2.1 La región Brunca

El proyecto se ubica en la región administrativa Brunca, según Amador *et al.*², la región presenta una de las mayores diversidades étnicas existente en el país. En esta zona conviven 6 pueblos indígenas diferentes (entre ellos los Bruncas y Térrabas), población no indígena de diversos orígenes, en su mayoría campesinos (unos provenientes de otras regiones del país, otros venidos de la región de Chiriquí en Panamá, así como también población de origen nicaragüense). Y en menor medida, se encuentra población de origen europeo, así como norteamericanos, y sur americanos.

¹ Entiéndase bosque como el ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP). Definición dada por la Ley Forestal 7575.

² Amador, M; et all. 2.011. Informe Final de Investigación Estudio Regional sobre el Desarrollo Local de los Cantones (Trans) Fronterizos del Pacífico Sur de Costa Rica. Resultados de Investigación según Categorías Generales. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

Los cantones de Osa, Golfito y Corredores, por su parte, comparten la característica de tener una historia reciente más común. Son regiones que se poblaron y desarrollaron sin ninguna estrategia de planificación estatal. Básicamente, se trata de poblaciones que surgen alrededor de la actividad bananera y de la influencia que ejerció la Compañía Bananera de Costa Rica (**CBCR**) en la región. En el caso de Osa y Golfito, la influencia de las actividades de la Compañía es más directa sobre los flujos migratorios que fomentan el crecimiento demográfico y el consecuente surgimiento de nuevos poblados, así como sobre la estructura socioeconómica de los mismos, derivada de este proceso de enclave que duró cerca de 50 años.

2.2 Geomorfología.

La geomorfología del área en estudio es muy variada y se puede caracterizar por la composición de cinco grandes unidades topográficas³:

- Valle de El General y Valle de Coto Brus:

Estos dos valles constituyen una sola unidad geomorfológica que se desarrolla entre la Cordillera de Talamanca y la Fila Costeña. Son básicamente una “gran fosa de hundimiento tectónico” de aproximadamente 110 km de largo y de 15 a 25 km de ancho, que abarca desde San Isidro de El General, en el noroeste, hasta Sabalito y la Unión, en el sureste, en la línea fronteriza con Panamá. Esta área es recorrida por el Río General y el Río Coto Brus, ambos afluentes que conforman el Río Grande Térraba.

- Fila Costeña o Brunqueña:

Es una cordillera paralela a la Cordillera de Talamanca, tiene el mismo origen y se encuentra muy cerca de la línea de costa del Océano Pacífico. Tiene elevaciones como las de los Cerros Anguciana (1.707 msnm), Cedral (1.070 msnm) y Palmital (1.040 msnm).

- Valle de Diques y Valle de Coto Colorado:

Se trata de una unidad formada por tierras bajas en las que alternan llanuras de transgresión marina peniplanizada, en donde el mar penetró y retrocedió una y otra vez, ubicadas en las inmediaciones de la Laguna de Corcovado y la parte sur de los cantones de Osa, Corredores y Golfito.

³ MIDEPLAN, 2003a

- **Golfo Dulce y Península de Osa:**

Esta área se encuentra formada por estructuras volcánicas antiguas (períodos cretáceo y terciario), localizadas en la Península de Osa y Golfito, las cuales forman un arco alrededor del Golfo Dulce.

- **Eje Dominical - Uvita y Ojochal:**

Es el área marino-costera comprendida entre el Océano Pacífico y la Cordillera Costeña; en esta área se ubica un corredor de playas y acantilados de gran belleza escénica que contrastan con las montañas, la vegetación y las aguas que bajan de la Fila Costeña.

2.3 Clima⁴

La zona de estudio se caracteriza por tener sus variaciones climáticas, debido a aspectos tales como fisiografía, orientación orográfica y corrientes marinas y de aire. Predomina un clima tropical húmedo seco muy lluvioso, alternando masas de aire húmedo con masas de aire seco. El promedio de temperatura es de alrededor de 23,8°C y 24,2° C en Buenos Aires, y de 27,6° C y 26,5° C en las partes bajas de la región Osa, Corredores y Golfito.

En lo que corresponde a las precipitaciones en el área de Golfito y Palmar Sur, se reportan promedios anuales de 4.817,7 mm. y de 3.706,8 mm., mientras que en Buenos Aires los promedios son de 2.934,5 mm. y 3.666,8 mm.

2.4 Ubicación político administrativa.

Administrativamente el área de estudio se ubica en la provincia de Puntarenas, y concentra mayormente dos cantones, Buenos Aires y Osa, con una pequeña porción del Cantón de Pérez Zeledón (Provincia de San José) y del Cantón de Golfito (Figura 1).

⁴ MIDEPLAN, 2003b

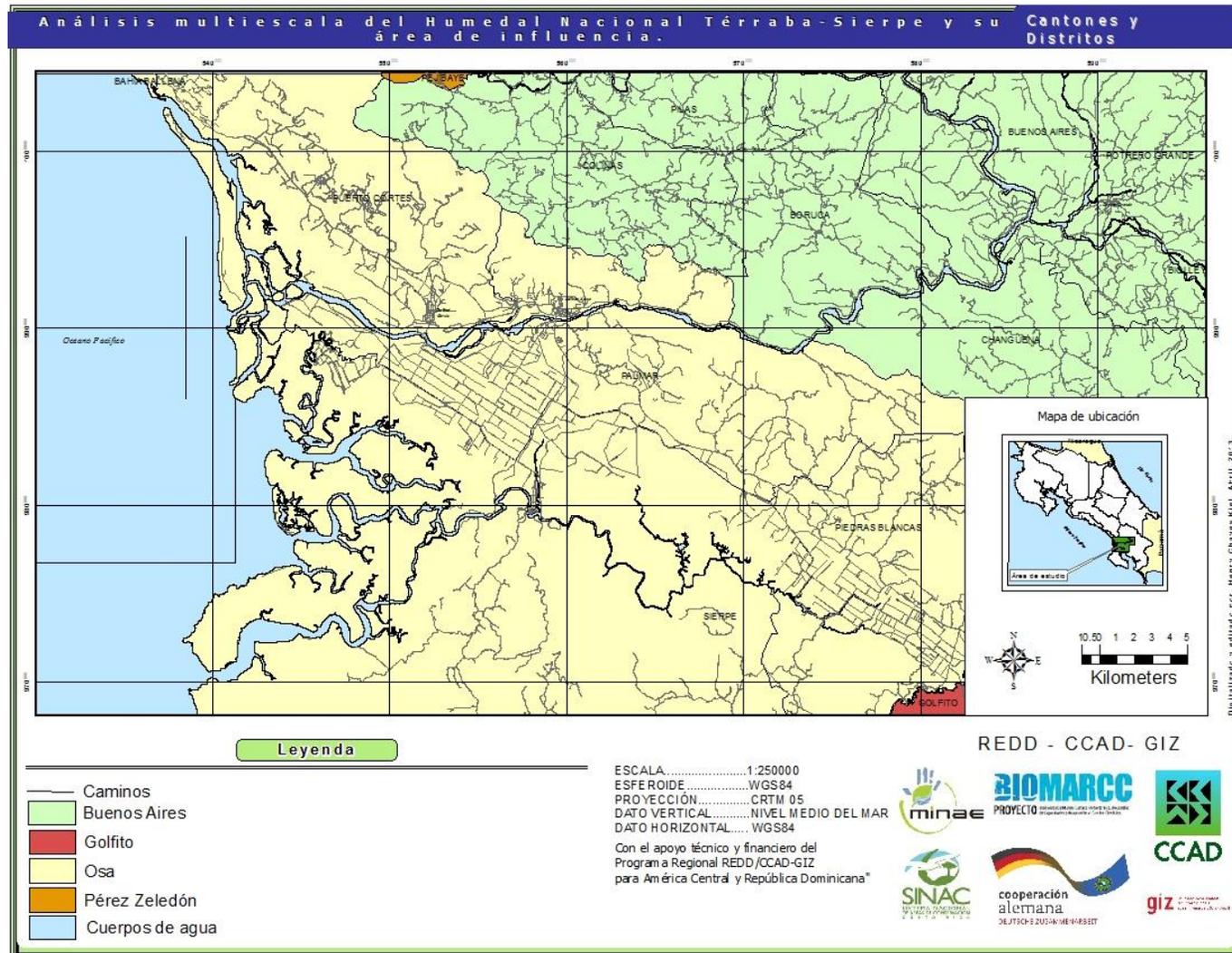


Figura 1. División política administrativa dentro del área de estudio. Fuente: Atlas de Costa Rica, 2.008.

3. El Humedal Nacional Térraba Sierpe (HNST)⁵

Los manglares de Térraba fueron declarados Reserva Forestal en 1.977 (Decreto Ejecutivo No. 7210-A, del 4 de Agosto de 1.977) y la administración se otorgó a la Dirección General de Vida Silvestre (**DGVS**) entonces ubicada en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (**MAG**) (Cordero Pérez y Solano Castro, 2000).

Posteriormente en 1.979, mediante Decreto Ejecutivo No. 10005-A, los bosques de manglar pasan a ser administrados por la Dirección General Forestal (**DGF**), también del **MAG** y se estipula que cualquier aprovechamiento o extracción de madera debe realizarse exclusivamente dentro de un “plan de manejo” aprobado por la **DGF** (Cordero Pérez y Solano Castro, 2000).

En diciembre de 1994, mediante el Decreto Ejecutivo No. 22550-**MIRENEM**, se declaran humedales todas las áreas de manglar y, mediante Decreto Ejecutivo No. 22993-**MIRENEM**, se declara como “Humedal Nacional Térraba-Sierpe (Cordero Pérez y Solano Castro, 2000). Finalmente en 1995, el Humedal Nacional Térraba-Sierpe fue declarado Humedal de Importancia Internacional según la Convención Ramsar (Cordero Pérez, 2000).

Los humedales de la cuenca baja de los ríos Sierpe y Térraba se ubican en una sección de la costa del Pacífico Sur de Costa Rica, que corresponde al denominado “Valle del Diquís”, formado por los sectores bajos de los ríos Térraba y Sierpe y sus afluentes; delimitados por la fila Costeña y la serranía de la península de Osa. Según la división político-administrativa de Costa Rica, están incluidos en el cantón de Osa y ocupan parte de los distritos de Cortés y Sierpe de la provincia de Puntarenas. Ubicado entre las coordenadas 9°04’02” y 8°48’36” latitud norte y los 83°39’05” y 83°34’32” longitud oeste.

El Humedal de Térraba está conformado por un bosque de manglar, con una superficie aproximada de 14.637 hectáreas. Tipificado como un humedal estuarino intermareal, asociado con un humedal palustrino boscoso. Su clasificación paisajística, está caracterizada por bosques inundados por la influencia de las mareas (Córdoba Muñoz et al. 1.998).

⁵ Tomado de: **ACOSA**, et. al. 2008. Documento para oficialización del plan de manejo del Humedal Nacional Térraba Sierpe. 129 p.

Con altitudes comprendidas entre los 0-5 msnm y una temperatura media de 26,7°C. Posee dos zonas de vida según la clasificación de Holdridge Ecológicamente, el Humedal de Sierpe presenta tres zonas de vida: bosque muy húmedo pre montano transición a basal, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical (Pizarro et al. 2.001).

Las especies de mangle presentes en el Humedal de Térraba pertenecen a cinco géneros y cuatro familias: Familia Rhizophoraceae con las especies *Rhizophora mangle*, *R. harisonii* y *R. racemosa*; Familia Combretaceae con las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*; Familia Pellicieraceae con la especie *Pelliciera rhizophorae* y la Familia Avicenniaceae con las especies *Avicennia germinans* y *A. tanzuzii*. Entre las especies vegetales asociadas más destacadas están: *Achrostichum aureum* (Adiantaceae), *Mora oleifera* (Fabaceae), *Conocarpus erecta* (Combretaceae) e *Hibiscus tiliacens* (Malvaceae) (Córdoba Muñoz et al. 1.998).

El paisaje, representado por marisma (terrenos bajos que se inundan por el agua de mar) y pantanos permanentes y temporales con influencia marina, está dominado por un bosque de palma (*Raphia taedigera*) denominado yolillal, seguido por un bosque arbóreo anegado con especies dominantes como el cerillo (*Symphonia globulifera*) asociados con espavel (*Anacardium excelsum*), lechuga de agua (*Pistia stratiodes*), sangrillo (*Pterocarpus officinalis*), y un pantano herbáceo (Pizarro et al. 2.001).

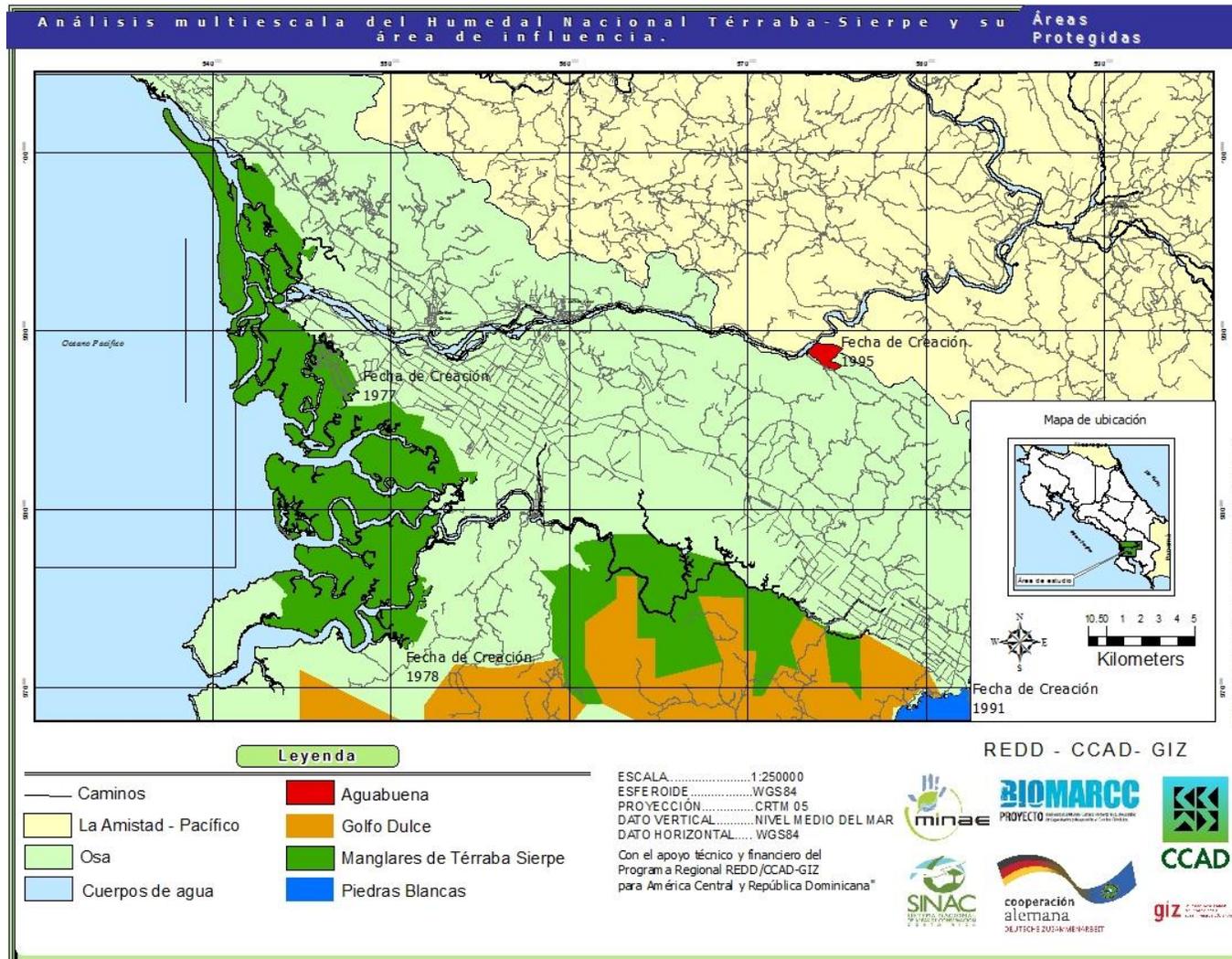


Figura 2. Áreas protegidas por fecha de creación y Área de Conservación en la zona de estudio.

El **HNTS** presenta actividades en las áreas aledañas relacionadas con el cambio de uso del suelo y actividades productivas como son el cultivo de la palma africana, arroz, plátano, banano, así como desarrollo turístico e hidroeléctrico el cual se espera inicie operaciones en algunos años.

3.1. La Fila Costeña

La fila Costeña, es un cordón menor en altura y en significación geográfica, se extiende al Sur del valle del General - Coto Brus; presenta alturas ligeramente arriba de los 500 msnm y hasta los 1.500 msnm al Noroeste y al Sureste del curso medio del río Grande de Térraba. Compuesto de depósitos marinos clásticos, parálicos y con facies locales de caliza, este rasgo de relieve menor resulta particularmente interesante por la reserva de materia prima para la industria del cemento y porque constituye una pequeña barrera pluvial para el valle del General⁶.

La Fila Costeña posee un clima estacional marcado, ocasionando escasez de agua en las zonas bajas durante la estación seca, posee bosques caracterizados como relictos de bosque latitudinal y altitudinalmente.

Es una región prioritaria para la conservación con un alto endemismo, especies amenazadas de extinción y al menos 40 especies maderables y forma parte de un corredor biológico. Suelos poco desarrollados, jóvenes, poco profundos, donde la roca madre se encuentra a 40 o 60 cm. de profundidad, algunas veces expuestos a la superficie y susceptibles a la erosión. La topografía es muy empinada y contiene una red importante de ríos y riachuelos con un fuerte cambio en la cobertura vegetal, provocando la aceleración de los procesos erosivos. Los bosques de la Fila Costeña tienen un grado alto de aislamiento y fragmentación, los cuerpos de agua se ven afectados por aporte de sedimentos que llegan al mar y pueden afectar a los arrecifes y comunidades coralinas. Estos fenómenos son causados principalmente por la construcción de infraestructura turística, complejos habitacionales, tendidos eléctricos y acueductos. Es decir que las actividades humanas en la fila Costeña, han redundado hasta ahora en la degradación de los bosques, las cuencas y las zonas fluviales.

La baja latitud (sólo 8° a 9°N) influye tal vez menos que la situación en las características del clima o de los climas regionales. La primera determina el fuerte calor que domina en las llanuras (30° y 32°C. en Puerto Cortés y Buenos Aires y otras localidades más. Por su

⁶ Silva, F., Eusebio. 1.999. **EUNED**, 372 p. Geografía de Costa Rica, Volumen 3.

situación en el Pacífico, la región está bajo la acción de los vientos húmedos que vienen desde el sur, los cuales soplan todo el año, aunque el esquema los muestra en los meses extremos, enero y julio.

3.2. El Valle del Diquís y la Cuenca del Río Grande de Térraba

Con dos estaciones climáticas bien marcadas, la época lluviosa que va de abril a diciembre con un promedio de precipitación de 2.550 mm. La época seca es de diciembre a abril. Las temperaturas oscilan entre 27°C y 37°C. Los suelos son pobres, profundos, rojizos, con problemas de acumulación de óxido de hierro y de aluminio, o bien son profundos pardo-rojizo, con influencia de cenizas volcánicas. Algunos se clasifican aptos para cultivos permanentes, para ganadería o bosque. La topografía es escarpada y montañosa con terrenos de una topografía tal que limita la capacidad de uso de dichos suelos para ser dedicados a la agricultura y aún a la ganadería. Las características propias de la topografía obligan a la clasificación de dichos terrenos como exclusivamente forestales.

En este sector se ubican los tres territorios indígenas, la Reserva Indígena Brunka de Boruca, la Reserva Indígena Brunka de Curre y la Reserva Indígena de Térraba. Ellas abarcan una extensión de aproximadamente 32.834,48 hectáreas, de las cuales su mayoría se encuentran cubiertas de áreas de pastoreo y algunas en aparente abandono. Estas comunidades pasaron desde la década de los 90 por procesos de venta de madera en pie como forma de generación de recursos económicos, razón por la cual su cobertura boscosa cambio drásticamente hasta antes de entrar en vigor la Ley Forestal 7575 en 1.996.

Actualmente, la zona está en procesos avanzados para el desarrollo del proyecto Hidroeléctrico Diquís, el cual pretende crear un embalse sobre la cota de 320 msnm para la generación de energía hidroeléctrica.

4. Objetivos de la Consultoría

4.1. Objetivo General

- Realizar un análisis de escenarios espaciales futuros de deforestación y degradación del manglar a gran escala (1:25.000, Figura 3) , que sirvan para identificar áreas prioritarias de acción y medir la incidencia de los impactos del desarrollo agrario en la deforestación y degradación de manglares y aquellos bosques prioritarios en la zona de influencia para definir políticas **REDD+** que contribuyan a la estabilización de fronteras agropecuarias y que maximicen los beneficios ambientales y sociales que se pueden generar a partir de un esquema **REDD+**.

4.2. Objetivos específicos

- Definir de escenarios espaciales futuros de deforestación y degradación de manglar y ecosistemas asociados.
- Identificar las causas de degradación (cambio en estructura y composición del manglar y ecosistemas asociados, deforestación, etc.) para su mapeo y preparación para ser incorporados en escenarios de manejo futuro.
- Realizar un análisis multicriterio y multiescala (1:5.000-1:25.000) de escenarios, contemplando escenarios con y sin políticas de REDD+ Diseñar un análisis de escenarios espaciales futuros de deforestación y degradación del manglar a gran escala (1:25.000), que sirvan para identificar áreas prioritarias de acción y medir la incidencia de los impactos del desarrollo agrario en la deforestación y degradación de manglares y aquellos bosques prioritarios en la zona de influencia para definir políticas REDD+ que contribuyan a la estabilización de fronteras agropecuarias y que maximicen los beneficios ambientales y sociales que se pueden generar a partir de un esquema REDD+.
- Aplicar las métricas de paisaje requeridas para estimar el estado de conservación de los manglares y parches de bosque del HNTS y su área de influencia; determinar la probabilidad de perturbación, degradación y desaparición de bosques dentro del manglar y ecosistemas asociados en el área de estudio y su área de influencia directa.

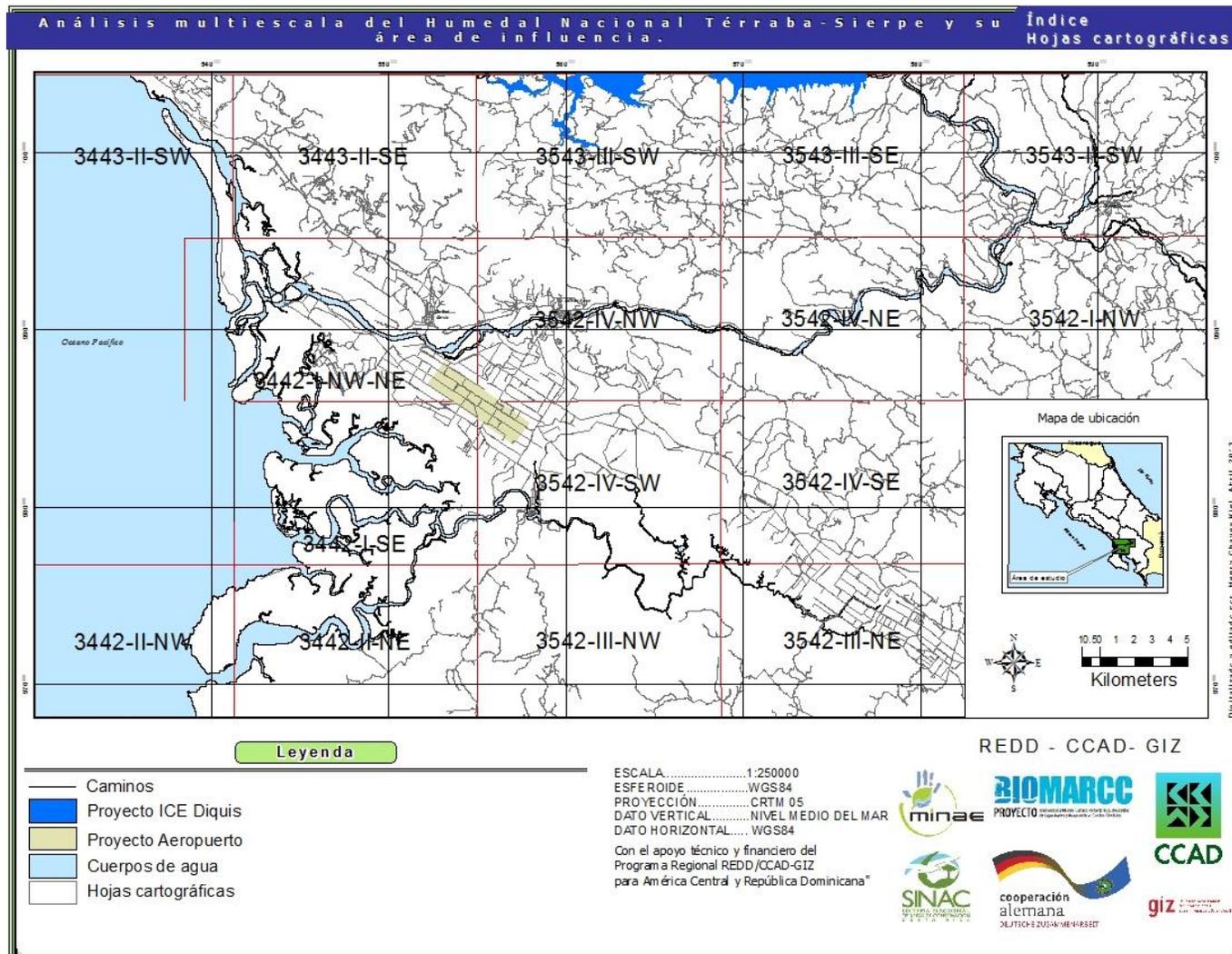


Figura 3. Área de estudio, índice de hojas cartográficas a escala 1:25.000 para el año 2.012, con verificación de campo 2.013.

- Raster

Se utilizaron 9 imágenes de satélite Rapideye SD versión 3.0 de resolución de 5 metros del año 2.012 con las cuales se generaron los mapas de uso y cobertura del suelo para ese año. Los procedimientos de interpretación y clasificación se describen en el punto C.i. Las imágenes utilizadas fueron las siguientes: 1743002_2012-01-29_RE4_3A_142490, 1743102_2012-03-26_RE4_3A_142490, 1743103_2012-01-29_RE4_3A_142490, 1743104_2012-01-29_RE4_3A_143711, 1743202_2012-03-29_RE2_3A_142490, 1743203_2012-03-02_RE3_3A_142490, 1743204_2012-03-02_RE3_3A_142490, 1743204_2012-03-07_RE4_3A_142490, 1743205_2012-03-07_RE4_3A_142490.

Para el análisis histórico, se emplearon 3 imágenes de satélite Lansat TM de 1.992 con una resolución nominal de 30 metros. Las imágenes utilizadas fueron las LT40140541992167XXX02, LT40150541992094XXX02 y LT50140541992063XXX02.

Todos los insumos fueron provistos por parte del programa **REDD/CCAD – GIZ**, por intermedio de la Gerencia de Manejo del **SINAC**.

- Vectores.

Se utilizaron bases de datos en formatos Shape para Arcgis con información suministrada por **FONAFIFO**, **SINAC** y **CEDARENA** sobre coberturas de interés al proyecto, la escala de origen y fuentes se detallan en los metadatos suministrados por la partes.

- Bases de datos digitales

Se han provisto de las bases de datos provenientes de **FONAFIFO** con información sobre los pagos de servicios ambientales por año y tipo de PSA, así como alguna otra información de uso y cobertura hechos a escala 1:50.000 o 1:200.000.

4.3. Creación de la base de datos en Arcgis 10

Las bases de datos se crearon con base a las hojas cartográficas 1:25.000 de Costa Rica, siguiendo las normas y estándares para la creación de cartografía analógica y digital para dicha escala. La escala 1:25.000 permite la fácil identificación y manejo de datos en campo, con la facilidad que las mediciones realizadas en campo, bien pueden llegar a alcanzar la exactitud y precisión de equipos de GPS manuales de bajo costo, con un error proximal a los 25 metros en material analógico.

- Conversión de coordenadas

Las coordenadas empleadas en el trabajo fueron las UTM Zona 17 y 16 Norte, Latlong WGS84 para las labores de edición, esto por cuanto las imágenes de satélite vienen en esa proyección. Posteriormente se re proyectaron a CRTM05 para fines de entrega.

- Digitalización

El proceso de digitalización realizado fue utilizando los comandos dados por defecto del programa Arcgis 10 en la extensión “Editor”, con una tolerancia de 1 metro en modo Streaming y de 5 metros en puntero. La unión de polígonos se realizó con el comando Merge, así como los comandos Reshape features, Clip features y Edit vértices.

- Buffer

Para la creación de archivos de caminos (ya que estos se pierden o no se rescatan completos en un proceso de clasificación en áreas con condiciones montañosas como las encontradas) se generaron primeramente como arcos al centro de calle, luego con el comando Buffer, se les asignó un ancho de 7 metros (3,5 metros a cada lado de la línea o arco). Aun cuando el ancho de caminos en zonas rurales puede ser menor a esa cifra (de hasta 3,5 metros de rodamiento, conforme el ancho de calzadas dado en vías secundarias⁷) esto permite representar bien dichas entidades y en relación a la escala de salida de los mapas 1:25000 se apega a las normas establecidas para tal cartografía.

- Unión

La unión entre archivos vectoriales de uso y cobertura del suelo, carreteras, ríos y otros se realizó con el comando “Union”. Manteniendo siempre la integridad de cada entidad y asignando un valor numérico a cada tipo de cobertura.

⁷ Reglamento para el Control Nacional de Fraccionamiento y Urbanizaciones, Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, sesión No. 2.408 celebrada el día 5 de junio de 1.973.

Tabla 1. Parámetros de las proyecciones empleadas.

PROYECCIÓN		PROYECCIÓN	
Projected Coord. System:	WGS_84_UTM_zone_17N	Projected Coord. System:	WGS_84_UTM_zone_16N
Projection:	Transverse_Mercator	Projection:	Transverse_Mercator
false_easting:	500.000,00000000	false_easting:	500.000,000000
false_northing:	0,00000000	false_northing:	0,000000
central_meridian:	-81,00000000	central_meridian:	-87,000000
scale_factor:	0,99960000	scale_factor:	0,999600
latitude_of_origin:	0,00000000	latitude_of_origin:	0,000000
Linear Unit:	Meter	Linear Unit:	Meter
PROYECCIÓN		PROYECCIÓN	
Projected Coord. System:	Proyección CRTM05	Projected Coord.System:	LAMBERT NORTE
Projection:	Transverse_Mercator	Projection:	Lambert_Conformal_Conic
false_easting:	500.000,000000	false_easting:	500.000,000000
false_northing:	0,000000	false_northing:	271.820,522000
central_meridian:	-84,000000	central_meridian:	-84,333333
scale_factor:	0,999900	Standard_Parallel_1	9.933333
latitude_of_origin:	0,000000	Standard_Parallel_2	11,000000
Linear Unit:	Meter	latitude_of_origin:	10,466667

4.4. Clasificación de imágenes

- Clasificación supervisada

Se ejecutó clasificación supervisada en una serie de 3 bandas del raster de entrada usando el comando de clasificador de imágenes, esta herramienta mostro después de varias pruebas ser la de mejor ajuste a las imágenes existentes. Se genera como salida un raster clasificado y opcionalmente, genera como salida un archivo de firmas espectrales.

La clasificación supervisada utiliza firmas espectrales obtenidas de los sitios de entrenamiento para clasificar una imagen. Con la ayuda de la barra de herramientas de Clasificación de imagen. Sobre los sitios de entrenamiento y previo a la selección de estos, se corrió un histograma de las bandas de la imagen para determinar el número de clases y su significancia.

El archivo de firmas resultante de esta herramienta se puede utilizar como entrada para otra herramienta de clasificación, como Clasificación de máxima verosimilitud, para un mayor control de los parámetros de clasificación en análisis posteriores.

- Majority filter

Para filtrar o suavizar los archivos generados, se utilizó el comando Majority filter. Este comando reemplaza las celdas en un raster según la mayoría de sus celdas vecinas contiguas. Antes de utilizar la herramienta Filtro mayoritario se debe satisfacer dos criterios: 1-primero que la cantidad de celdas vecinas de un valor similar debe ser suficientemente grande (ya sea la mayoría o la mitad de todas las celdas) y esas celdas deben ser contiguas en relación al centro del kernel del filtro. 2-debe considerar la conectividad espacial de las celdas lo que minimiza la corrupción de patrones espaciales celulares.

Se usó la opción de Eight para que suavizara las esquinas de las regiones rectangulares y el comando HALF como umbral de reemplazo lo que permite un filtro más extensivo.

- Resample

Para cambiar el tamaño de las celdas de 5x5 a 10x10 metros se utilizó el comando Resample, el cual cambia el tamaño de celda mediante remuestreo, manteniendo la extensión del dataset al tamaño de la carta topográfica.

Se utilizó la NEAREST, que realiza una asignación de vecino más cercano, el cual es el método de interpolación más rápido. Se utiliza principalmente para datos discretos, como

la clasificación del uso del suelo, ya que no cambiará los valores de las celdas. El error espacial máximo fue igual a la mitad del tamaño de celda.

- **Conversión de datos raster a vectoriales.**

Se utilizó el comando Raster to polygon el cual convierte un dataset raster en entidades vectoriales, en este caso polígonos, utilizando el grid_code como identificador de clases, se omitió el suavizado de polígonos para mantener la mayor fidelidad a los raster generados.

4.5. Consideraciones

Se definió el año 1.992 como año base para las estimaciones, considerando que:

- La Ley Forestal que define los criterios de bosque, así como que incorporó grandes cambios en el control de permisos de aprovechamiento forestal que entró a regir hasta 1.996
- así mismo hasta en diciembre de 1.994, mediante el Decreto Ejecutivo No. 22.550-MIRENEM, se declaran humedales las coberturas de manglar
- El **HNTS** es declarado como patrimonio por Ramsar hasta el año 1.995, por consiguiente con la selección de imágenes del año 1.992 se trata de evaluar un escenario sin el ejercicio de la legislación forestal actual, así como con el reconocimiento de incentivos a la conservación del bosque.

Con estas imágenes se realizó un análisis retrospectivo, partiendo de las imágenes del 2012 como base y considerando los siguientes supuestos:

- a. Las coberturas boscosas existentes en el 2.012 indicarían aquellos parches de bosque coincidentes en 1.992, los cuales darían una idea de antigüedad del bosque.
- b. Las coberturas nuevas (no existentes en 1.992 pero si en el 2.012), darán la pauta de evaluación de adicionalidad en un periodo de 20 años en dichos parches.

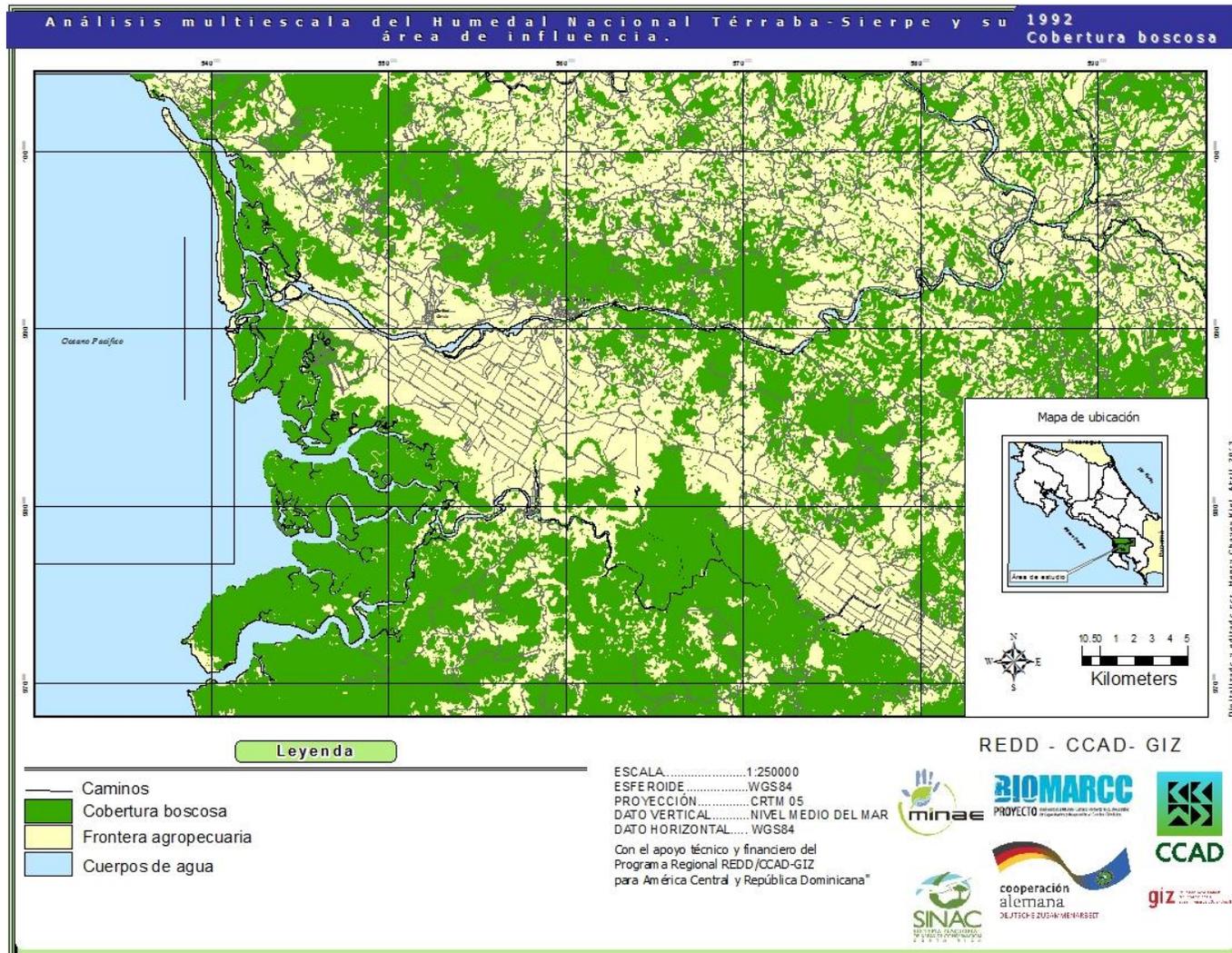


Figura 4. Cobertura boscosa para el 1.992. Elaboración propia a partir de imágenes de satélite Lansat™

5. Análisis de datos

5.1. Incidencia de las actividades agro-productivas en el cambio de uso del suelo.

Haciendo una rápida evaluación por cuenca hidrográfica (Figura 5), la cobertura boscosa para el año 1.992 representaba el 52,02% del área total de las cuencas evaluadas, siendo las cuencas insulares (Pacífico Sur y Pacífico central) las de mejor estado de conservación, seguida por la cuenca de Golfo Dulce por orden de aporte de área (Figura 4). Las cuencas hidrográficas del Río Grande de Térraba y Costero Pacifico Central presentaban los índices más altos de deforestación, seguida por la cuenca Costero Pacifico Sur - Península de Osa (Gráfico 1). Lo cual es concordante con los índices estimados de Fragmentación y de Continuidad (Figuras 13 y 15).

Esta situación asociada al pobre desarrollo económico en el área de estudio, limitado a unos cuantos rubros agrícolas, daba como indicio la presión sobre las coberturas naturales como fuentes de provisión de madera para el mercado nacional. Con entrada en vigor de la Ley Forestal N° 7575 en el año 1.996, se vienen a implementar mayores controles sobre el sector forestal, sobre la tala ilegal y la movilización de madera en carreteras, razones por la cuales se empezó a notar una ligera disminución en la deforestación. Muchos de los terrenos que fueron sometidos a cambios de uso del suelo especialmente de forestal a pecuario, presentan características de un manejo deficiente o de abandono, principalmente en las zonas comprendidas al noreste y noroeste del Río Grande de Térraba, en tanto que las zonas bajas, se dedicaron a la agricultura permanente, especialmente de arroz y palma africana, actividades que se mantienen hasta la fecha.

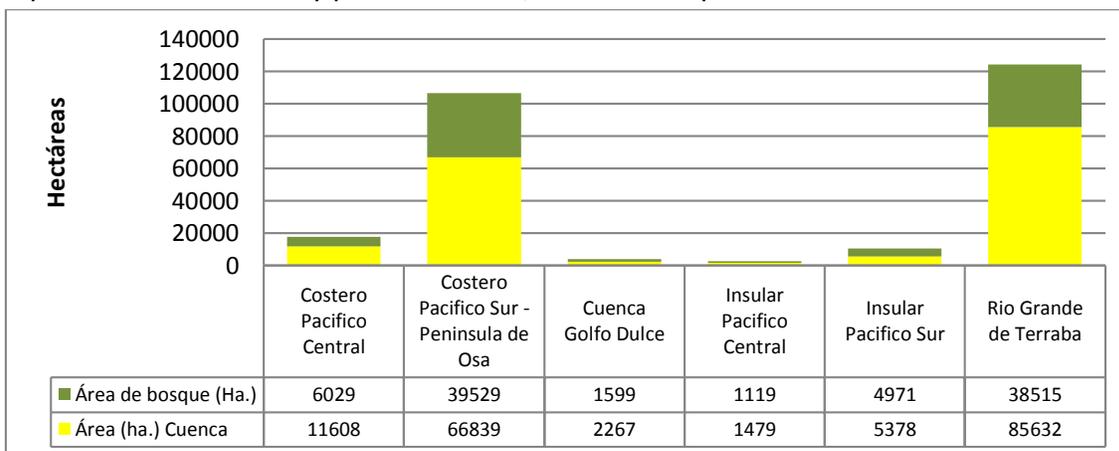


Gráfico 1. Coberturas de bosques por cuenca hidrográfica para el año 1.992.

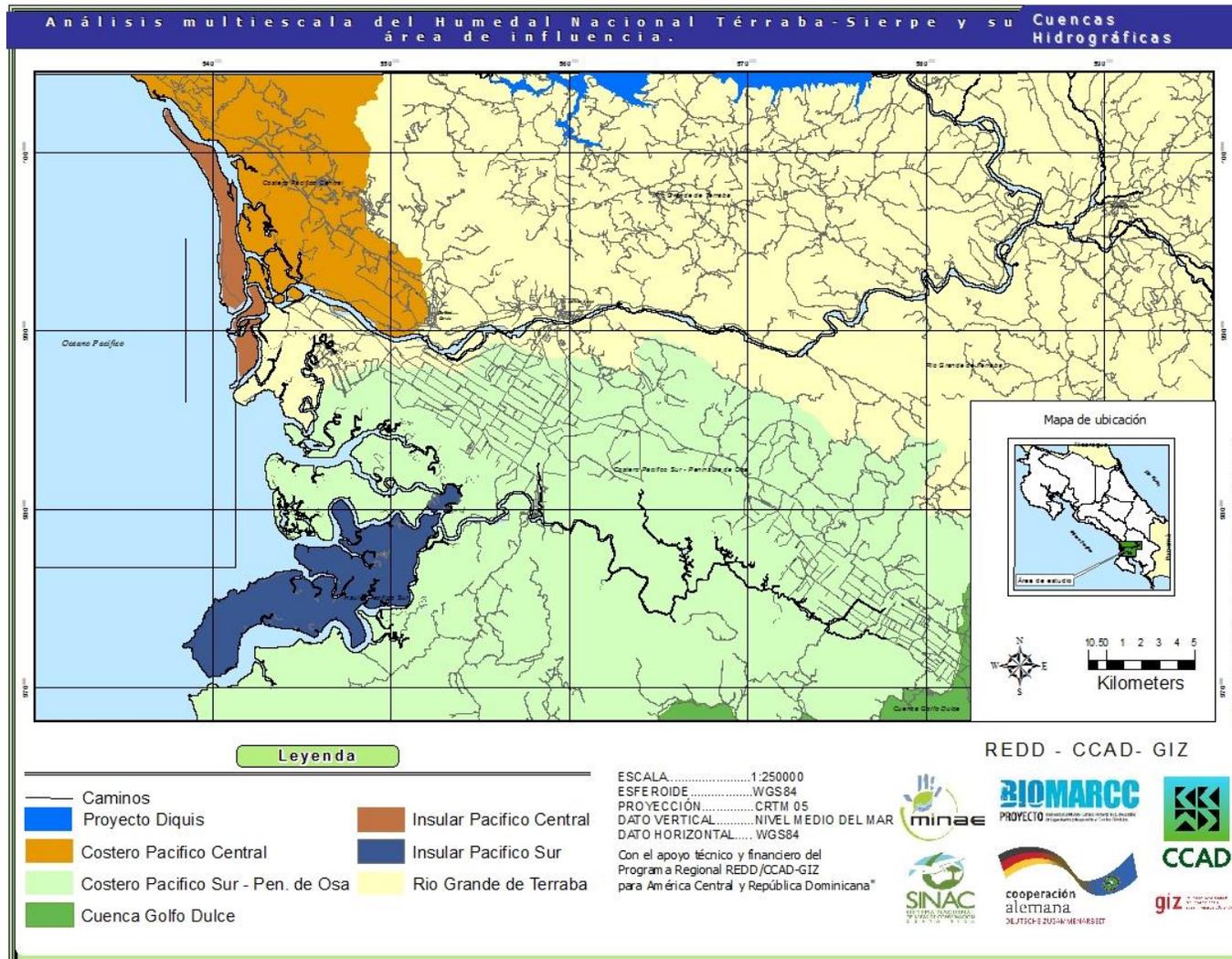


Figura 5. Cuencas hidrográficas en el área de estudio. Fuente: Atlas de Costa Rica, 2.008.

Algunos estándares de certificación para programas **REDD+** distinguen entre la deforestación planeada⁸ y no planeada o ilegal, de igual manera distinguen entre configuraciones espaciales de la deforestación asociadas a estos procesos.

La deforestación no planeada⁹ o ilegal se puede presentar en dos formas, a manera de mosaicos y como frontera. En el primer caso se presenta en la parte baja de las cuencas y en orillas del **HNTS**, siendo visible en el análisis como paulatinamente se ha dado la ampliación de la frontera agropecuaria a costas de la erradicación de cobertura boscosa. El segundo caso se da principalmente en torno a las grandes áreas pecuarias en las zonas medias y altas de las cuencas en el área de estudio. Uno de los fenómenos asociados al proceso de cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios es el de socolamiento¹⁰ del bosque.

El cambio de uso de suelos, incluida la conversión de bosques a suelo agrícola y de pastoreo, junto con el normal funcionamiento de la agricultura, se ha traducido en un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂ y N₂O)¹¹.

5.2. Sector pecuario

Según datos del Censo Ganadero del 2.000, la Región Brunca ocupa el segundo lugar a nivel nacional con 7.158 fincas dedicadas a esta actividad, lo cual representa el 18,7% del total de fincas en el territorio nacional, y la Subregión Sur – Sur representa el 12,22% con 4679 fincas. En el año 2.000¹², en la sub región Sur - Sur se dedicaron 266.622,00 hectáreas a la actividad ganadera. Además, en la sub región se produjeron 137.898,00 cabezas de ganado para el año 2.000, lo cual represento el 10% de la población de ganado nacional. De esta producción regional, el ganado se utilizó en un 79% para la producción de carne, 15% con doble propósito y 6% para la producción de leche.

Para el año 2.000 la actividad ganadera se realizaba en todos los cantones de la sub región, siendo Buenos Aires el que mayor extensión de territorio dedica a la actividad (106.721 ha). Le siguen, en orden descendente, Osa, Golfito, Coto Brus y Corredores¹³.

⁸ La deforestación planeada es la conversión de tierras forestales a no forestales legalmente autorizada y documentada.

⁹ **REDD/CCAD-GIZ**, 2.012. Sistematización de Estándares Internacionales para el Desarrollo de Proyectos de Carbono Forestal.

¹⁰ Fuertes intervenciones donde se abre un espacio que permite el establecimiento de especies forrajeras o agronómicas.

¹¹ Samaniego, J.L: Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe, 2007.

¹² **MAG** 2.007.

¹³ **MAG**, Proyecto EXPIDER II Costa Rica, 2.007

El tamaño promedio de las fincas ganaderas en la sub región es de 56,98 hectáreas, siendo más grandes al promedio nacional (35 hectáreas). Las fincas que se dedican a la producción de carne tienen en promedio 33,74 hectáreas de pastos y 29 cabezas de ganado. La relación de cabezas por hectárea es de 0,87.

Además, respecto del uso del suelo, existe una contradicción entre el tipo de actividades agropecuarias y su capacidad de uso. Como ejemplo de esto, está el hecho de que la actividad ganadera y los cultivos agrícolas se realizan en terrenos cuyo potencial es el de conservación o forestal. Como resultado, se puede constatar¹⁴.

- La eliminación del componente arbóreo.
- La degradación y desprendimiento del suelo.
- El surgimiento de efectos negativos en acuíferos y desaparición de nacientes en fincas.
- La pérdida de la biodiversidad y fragmentación del hábitat.
- A partir de la implementación de las políticas de ajuste estructural, las actividades agrícolas en la Región Sur, han tendido hacia la disminución de la producción de cultivos tradicionales, el resurgimiento de actividades agroindustriales de monocultivo y una leve diversificación productiva.

Tabla 2. Sub región Sur – Sur: Número de explotaciones ganaderas y número de animales por hectárea 2008.¹⁵

Cantón	Número		Pastos N° Has	Promedio Pastos	Total Ganado	Promedio Anim/Ha
	Fincas	Hectáreas				
Buenos Aires	1.595	106.721	68.146	0,64	48.134	0,71
Coto Brus	789	41.974	23.478	0,56	17.970	0,77
Osa	830	56.178	30.004	0,53	26.952	0,90
Golfito	1.013	48.189	27.567	0,57	33.181	1,20
Corredores	452	13.560	8.654	0,64	11.661	1,30
Total	4.679	266.622	157.849	0,58	137.898	0,87

¹⁴ MIDEPLAN, 2007.

¹⁵ MAG, Diagnóstico socioeconómico de la región Brunca, 2.008.

5.3. Sector Forestal

Con respecto a la producción de madera, se pueden identificar terrenos dedicados a esta actividad en todos los cantones ubicados de la Región. Se puede destacar, como principal productor de madera al cantón de Corredores, con más de 50.000 hectáreas de bosque en diferentes categorías de manejo para el año 2.007.

Una característica de los productores de madera en esta Región es que tradicionalmente no han considerado el componente forestal como una parte del manejo de su finca ni como una forma de diversificar sus ingresos, pero, dadas las necesidades regionales de disponibilidad de tierras para uso agropecuario y protección de suelos, se ha incorporado el sistema productivo denominado “agroforestería”, cuyo concepto apunta a integrar plantas leñosas, principalmente árboles y arbustos, en sistemas agrícolas, incluyendo ganadería ¹⁶.

El sistema productivo de la agroforestería se aplica con el fin de aprovechar beneficios de la unidad productiva con un enfoque más integral, mediante la combinación de cultivos para la producción de alimentos (incluyendo especies arbóreas), con especies forestales y animales. En este sentido, particularmente en el Área de Conservación Osa, alrededor de un 48% de su territorio (incluyendo áreas protegidas) presenta plantaciones agrícolas y forestales, junto con pastizales y matorrales.

Respecto a la extracción de madera en la región, existen varias zonas de bosque protegidas, en las que se prohíbe completamente la tala, en tanto que en otros se permite la extracción mediante planes de manejo, y permiten la corta selectiva y la replantación. Sin embargo, los planes de manejo son ineficientes, y en la realidad lo que se da es una extracción insostenible de la madera. Un ejemplo de este descontrol se pudo notar en el período 1.991 – 1.995, donde la extracción de madera anual permitida para la Reserva Forestal Golfo Dulce era de 16.280 m³/año, pese a que se reportó una extracción de 21.400 m³/año¹⁷.

En este sentido, es preciso indicar que la subregión Sur - Sur¹⁸ se ha dado una permanente extracción de madera, y su historia reciente está saturada de denuncias sobre la tala ilegal y el uso irregular de este recurso. Así por ejemplo, para el caso del Parque Nacional Piedras Blancas, se han detectado casos de extracción no organizada de especies maderables para la construcción, entre las especies más buscadas se encuentra el

¹⁶ CATIE, 2.001.

¹⁷ UNED, 2.007.

¹⁸ Entiéndase como la parte de la Región Brunca integrada por los cantones de Buenos Aires, Coto Brus, Osa, Corredores y Golfito, todos de la provincia de Puntarenas.

cachimbo, caobilla, cedro amargo, cedro macho, amarillón, chicano, nazareno, pilón, palo de mayo y el mangle¹⁹.

Tabla 3. Actividades forestales según categoría de manejo declarado, expresadas en hectáreas por cantón para el 2007 en la Subregión Sur - Sur. ²⁰

Modalidad de plantación	Cantón					Total
	Buenos Aires	Coto Brus	Osa	Golfito	Corredores	
Reforestación	301	164	564	127,5	273	1.429,5
Protección del bosque	14	803	24.430	12.914	48.798	86.959
Manejo del bosque	0	0	918	27	945	1.890
Protección del recurso hídrico ¹	0	0	0	225	0	225
Total	315	967	25.912	13.293,5	50.016	90.503,5
	N° de árboles					
Sistemas Agro-forestales (SAF) ²	0	121,5	7.708	10.576	0	18.284

¹. FONAFIFO, 2006.

De acuerdo con información del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (**FONAFIFO**), en el Área de Conservación Osa se aprobó para el año 2002 un total de 15 contratos para 945 hectáreas en la modalidad de “manejo del bosque”. Estos correspondieron a 14 contratos en el cantón Osa y se manejó un área de 918 hectáreas, para Golfito se aprobó sólo un contrato en un área de 27 hectáreas. Esta modalidad de manejo del bosque fue derogada entre los años 2002-2004.

En lo que se refiere a permisos forestales aprobados mediante Resolución Administrativa por las Áreas de Conservación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (**SINAC**), en la Región Brunca éstos correspondieron a las siguientes modalidades: permiso pequeño (**PP**), inventario forestal (**IF**), plan de manejo (**PM**) y madera caída (**MC**).

En comparación con las modalidades de permisos solicitados y aprobados, la modalidad de permisos pequeños es la que tiene la mayor cantidad, contrastante con la dinámica de aprovechamientos de fincas pequeñas y normalmente solicitadas para mejoras en la finca (**FONAFIFO**, 2006).

¹⁹ MIDEPLAN, 2.006, p. 139.

²⁰ MAG, Proyecto EXPIDER II Costa Rica, 2.007.

5.4. Sector Agrícola

La actividad agrícola en la zona representa sin duda alguna un aporte importante en la economía local y en el aprovisionamiento alimentario nacional, sin embargo debe tenerse en cuenta que la agricultura representa aproximadamente la quinta parte de los efectos previstos de los gases de efecto invernadero, que producen alrededor del 50% y el 70% respectivamente de las emisiones antrópicas globales de CH₄ y CO₂; las actividades agrícolas (sin incluir la conversión forestal) representan en torno al 5% de las emisiones antrópicas de CO₂. De las reducciones globales totales, aproximadamente el 32% puede deberse a las reducciones de las emisiones de CO₂, el 42% a las compensaciones de carbono mediante la producción de biocombustibles en la tierra cultivada actualmente, el 16% a la reducción de las emisiones de CH₄, y el 10% a la reducción de las emisiones N₂O²¹. Por tanto el trabajo conjunto con los productores agrícolas constituye una razón importante de mitigación del efecto invernadero. Debe haber un claro reconocimiento por parte de los productores que sus actividades son fuentes generadores en mayor o menor parte del problema.

Este fenómeno es generalizado en América Latina, aun cuando ha decrecido ligeramente el ritmo de expansión de rubros agrícolas, este se ha abierto espacio a costas de la erradicación de coberturas boscosas.

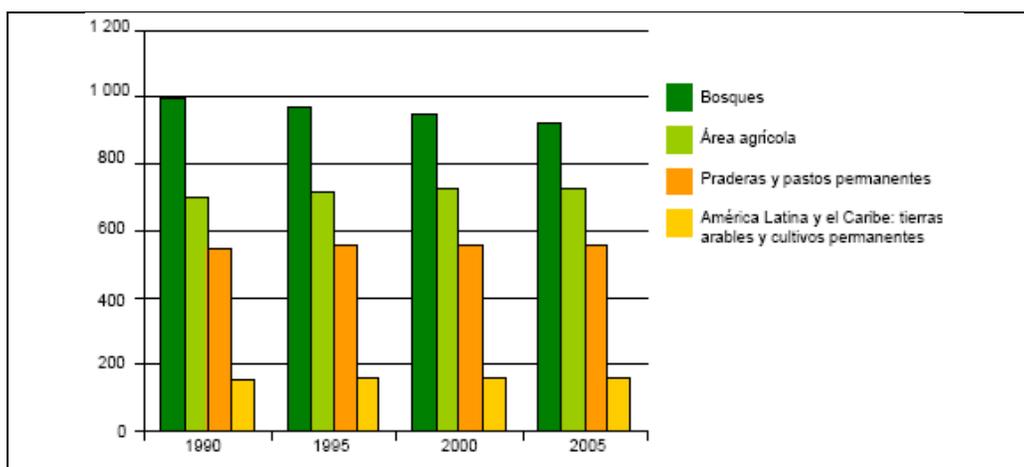


Gráfico 2. América latina y el Caribe: cambios en el uso de suelo para el periodo 1.990 – 2.005²².

Para el periodo de tiempo analizado (1.992 - 2012) es posible determinar que “terrenos de uso agropecuario sin bosque”²³ principalmente en la parte alta del área de estudio, han

²¹ Tomado de: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. **FAO, 2006.**

²² Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**), Situación de los bosques del mundo, Roma, 2.007.

sido abandonados o se encuentran con bajos niveles de aprovechamiento, siendo estos también áreas de vital importancia en la recarga hídrica y con ello para el mantenimiento de ecosistemas en las partes bajas, especialmente en el área de influencia directa de **HNTS**. Son precisamente estos parches de bosque en terrenos agropecuarios en abandono los que presentaron mayores tasas de recuperación.

Aun cuando en la actualidad existen mayor cantidad de restricciones a la agricultura en relación al año 1.992, también existen certificaciones de producción más limpia y sostenible, la mitigación en la agricultura enfrenta dificultades adicionales derivadas de los acuerdos internacionales, por ejemplo, el secuestro de carbono en los suelos agrícolas de América Latina y el Caribe tiene potencial de mitigación, pero su exclusión del mecanismo para un desarrollo limpio (**MDL**) no contribuye a una mayor adopción de prácticas climáticamente positivas como la labranza cero²⁴.

Según el **IPCC** los impactos en la agricultura, la silvicultura y otras áreas del desarrollo humano serán perceptibles al muy corto plazo o estas ya se están dando, por ello, la participación del sector agropecuario es importante de considerarse como activa, ya que la sostenibilidad de dicha actividad estará dada por el nivel de compromiso de todos los productores, mejorando sus sistemas de producción y tomando conciencia de que el entorno natural es vital para el mantenimiento de los ciclos naturales del agua, carbono y otros elementos vitales para la producción.

²³ Son aquellas fincas privadas con la presencia de árboles no establecidos bajo un sistema agroforestal o fincas que tienen áreas con cobertura boscosa menores a dos hectáreas.

²⁴ IPCC, 2.007. Climate Change 2.007 - Mitigation on Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press.

ALGUNOS EFECTOS IMPORTANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA, LA SILVICULTURA Y LOS ECOSISTEMAS, SEGÚN ORIGEN Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		
Como resultado de las siguientes alteraciones climáticas	Podría afirmarse que es...	Que se produzcan los siguientes efectos
Días y noches más cálidos y menos fríos y mayor frecuencia de días y noches calurosos en la mayoría de las regiones terrestres	Prácticamente cierto	Aumento del rendimiento en ambientes más fríos, disminución en los medios más cálidos y aumento de las plagas de insectos
Mayor frecuencia de períodos/oleadas de calor en la mayoría de las regiones terrestres	Muy probable	Reducción del rendimiento en las regiones más cálidas debido al estrés térmico y aumento de los incendios incontrolados
Mayor frecuencia de precipitaciones intensas en la mayoría de las regiones terrestres	Muy probable	Daños a los cultivos, erosión del suelo, imposibilidad de cultivar tierras por saturación hídrica de los suelos
Aumento de las zonas afectadas por la sequía	Probable	Degradación de la tierra, menor rendimiento, daños e inhabilitación de los cultivos, aumento de la muerte del ganado y mayor riesgo de incendios incontrolados
Aumento de la actividad ciclónica tropical intensa	Probable	Daños a los cultivos, árboles descuajados por el viento y daños a los arrecifes de coral
Aumento de la incidencia de niveles del mar extremadamente altos (excluidos los tsunamis)	Probable	Salinización del agua de riego, estuarios y sistemas de agua dulce

Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto informe de evaluación del IPCC. Resumen para responsables de políticas*, M.L. Parry y otros (eds.), Cambridge University Press, 2007.

Figura 6. Algunos efectos importantes del cambio climático en la agricultura, silvicultura y los ecosistemas, según origen y probabilidad de ocurrencia.

Uno de los cambios que el Estado realizó posterior al año 1.992 fue el establecimiento de mecanismos de control más eficientes y comprobables, al día de hoy y mediante el uso de los **SICAF** (Sistema de Control de Aprovechamiento Forestal) y el **SEMEC** que lleva el **MINAET** para el control de permisos de aprovechamiento de árboles según lo establecido en la Ley Forestal N° 7575 y su reglamento se puede hacer una estimación de la deforestación planeada, tal y como se establece en los programas de **REDD+**.

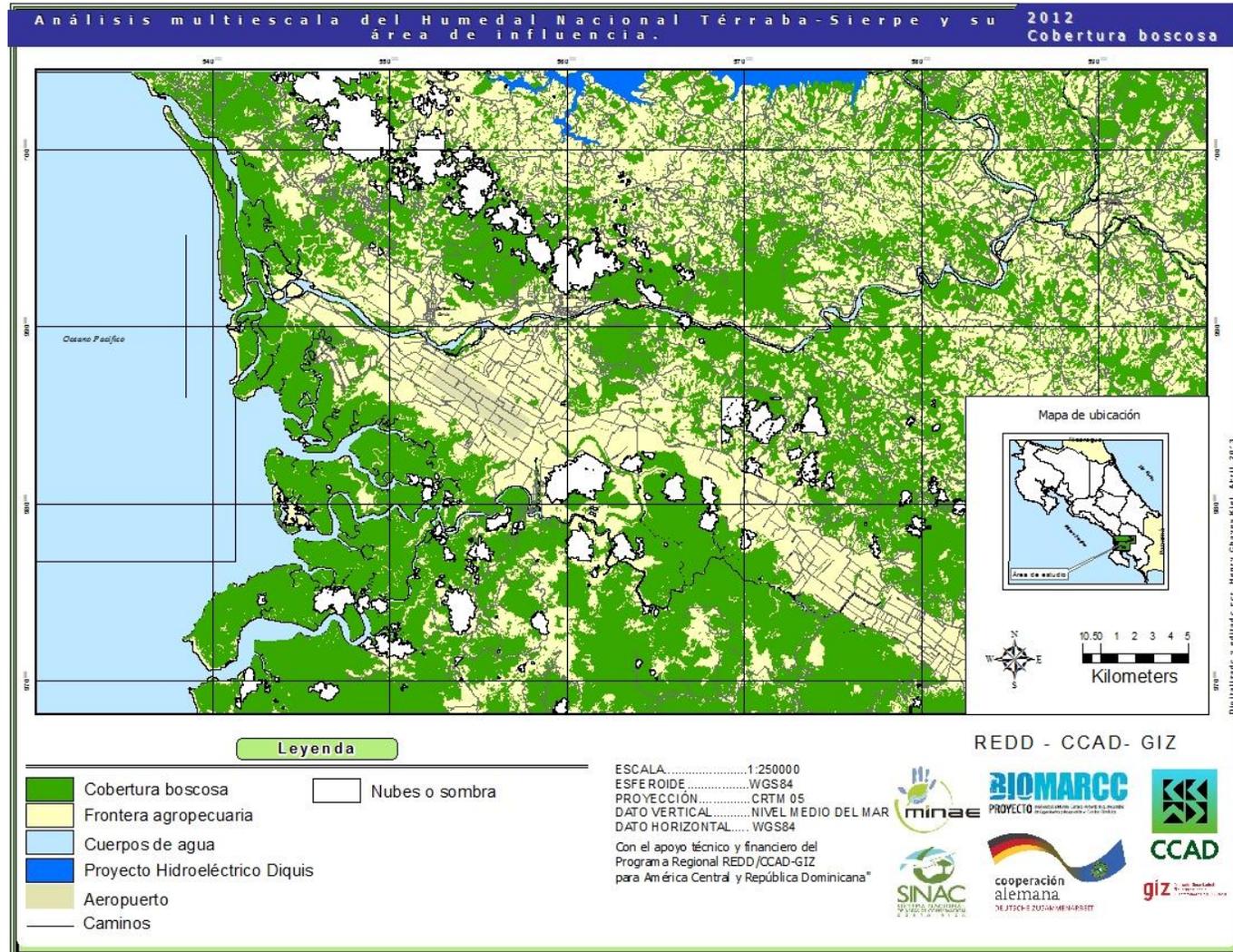


Figura 7. Cobertura boscosa para el año 2.012, elaborado con validación de campo hecha entre a Marzo del 2.013

6. Análisis biogeográfico para determinar ecosistemas naturales críticos

6.1. Reseña

El término Geoecología o Ecología del Paisaje fue acuñado por el biogeógrafo alemán C. Troll en 1.939 y guarda una estrecha relación con la Geografía de los Paisajes desarrollada por los geógrafos rusos desde finales del siglo XIX.

El campo de acción de la ecología del paisaje se basa en la estructura, función y dinámica de los ecosistemas, mediante el entendimiento de la interacción de la ecología (relación de los factores bióticos con los abióticos) y los factores geográficos, en una escala temporal y espacial, lo que permite estudiar y evaluar los recursos naturales, dictar las políticas de aprovechamiento, conservación o restauración y, con base en esto, lograr un desarrollo sostenible en el tiempo, para garantizar su permanencia para las futuras generaciones.

Los ecosistemas aportan una gran cantidad de servicios y bienes a través de lo que se denomina funciones ambientales. Entre ellas destacan la capacidad de proveer recursos y asimilar desechos. Sobresalen en el primer grupo el agua, el suelo, el aire, recursos forestales, etc. Con respecto al suelo se debe considerar la capacidad de la tierra para producir, ya sea desde el punto de vista agrícola, pecuario o forestal, en los que la sustentabilidad de los procesos de desarrollo exige que la utilización de los recursos naturales renovables no exceda la capacidad de renovación, que se respete la capacidad de carga de los sistemas naturales y que los beneficios de su explotación permitan generar alternativas que prevean su agotamiento.

Según la Asociación Internacional de Ecología del Paisaje (**IALE**) creada en los años 80, ampliamente difundida en Europa y Norteamérica y cuyos objetivos básicos son desarrollar la Ecología del Paisaje como la base para el análisis, planificación y gestión de los paisajes del mundo, la Ecología del Paisaje es: "el estudio de la variación espacial de los paisajes a escalas diversas, incluyendo las causas y consecuencias biofísicas y sociales de la heterogeneidad de los mismos" (**IALE**; 1.998).

El propio desarrollo de la Ecología del Paisaje en las últimas tres décadas permite establecer dos direcciones básicas en sus estudios, las cuales están asociadas en muchas ocasiones con la formación académica y actividad investigativa de los especialistas que las

desarrollan, estas dos direcciones a saber son: la ecológica y la de ordenamiento o gestión (Domon, G. y A. Leduc, 1.995).

Se hace énfasis en los aspectos ecológicos, relacionados con la heterogeneidad espacial, preocupándose más de las relaciones horizontales del paisaje. Algunos de los principales exponentes de esta dirección son: F. Golley; C. Troll; R.T.T. Forman; M. Godron y G. Merriam entre otros quienes consideran a la Ecología del Paisaje como: "la ecología de los sistemas móviles y heterogéneos, estudiando entonces la influencia de la estructura del paisaje sobre los procesos ecológicos, tanto a escala local como regional" (Merriam, G. 1.993).

6.2. Análisis del Paisaje

El análisis del paisaje geográfico, geosistema, landshaft, landscape, etc.; es concebido como: una categoría científica general de carácter transdisciplinario definida como: "un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en constante intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales". (NC-93-06-101; 1.987, Mateo, J.; 1.991 y Salinas E. 1.991 y 1.997).

En los últimos años se aborda por muchos autores la concepción del paisaje como un sistema de conceptos lo que muestra claramente su carácter transdisciplinario. Este término, sinónimo de Geografía del paisaje para algunos y para otros como una concepción más de análisis que de descripción, será retomado en el transcurso del documento en diferentes aplicaciones.

- Tamaño.

Tamaño: Corresponde al área y perímetro de los ecosistemas, respecto a una unidad espacial y al tipo de ecosistema. Entre las ideas clásicas de la biología de la conservación está la conocida SLOSS (pocas áreas grandes o muchas pequeñas). El debate relativo a la importancia que tiene el tamaño del área protegida para mantener la diversidad que se desea proteger (Danielson 1.994, Pulliam y Dunning 1.994, Wilcox y Murphy 1.985). Bajo esta hipótesis de trabajo, se recomienda que para proteger la biodiversidad es recomendable pocas áreas de gran tamaño y no muchas áreas pequeñas. En tanto y

cuanto dichas áreas de gran tamaño mantengan la integridad ecosistémica y la diversidad de elementos requeridos para la sostenibilidad de nichos particulares.

Es probable que los ecosistemas grandes sean mejores para mantener especies individuales, poblaciones mínimas viables, biodiversidad y procesos ecológicos y evolutivos como lo es el **HNTS** que los ecosistemas pequeños que aún existen fuera de los límites de las áreas protegidas. Ecosistemas de mayor tamaño podrían "capturar" a un mayor número de nichos y especies animales que en ecosistemas pequeños. La persistencia de una especie animal puede depender de su tamaño (especies grandes se pierden en ecosistemas pequeños, *e.g.* el Cocodrilo). A mayor tamaño de los ecosistemas es más probable contar con hábitats de buena calidad para permitir la persistencia de poblaciones viables.

Los estudios de biogeografía de islas (Harris 1.984, MacArthur y Wilson 1.967, Meffe y Carroll 1.994) han descrito como la riqueza de especies de aves se incrementa con el tamaño del parche en hábitat terrestre cuando el hábitat es homogéneo. Esta relación ha sido demostrada por Brown y Dinsmore (1.988) para llanuras inundadas, y para aves acuáticas que nidifican en ecosistemas (Gibbs *et al.* 1.991). Ecosistemas de gran tamaño pueden representar hábitats vitales para especies cuyas poblaciones son sensibles al área, como muchas especies de aves migratorias (Maurer y Heywood 1.993).

Para algunas especies (*e.g.* ciertos anfibios) los ecosistemas pequeños pueden ser más valiosos que los grandes por su especial régimen ecológico (morfología, substrato, geología, calidad de aguas). A pesar de que no es frecuente, ecosistemas grandes también pueden contener estas especiales condiciones en forma local.

Para aves, especialmente migratorias, se han encontrado relaciones más interesantes con el perímetro del ecosistema que con su área. Por ejemplo, las aves acuáticas migratorias son altamente oportunistas y con capacidad de adaptación ante la transformación de sus hábitats (*e.g.* sequía), pudiendo concentrarse y sobrevivir en pequeñas áreas de ecosistemas. Para algunas poblaciones de aves acuáticas es más importante la longitud de la orilla del ecosistema que su área total, debido, entre otras, a su comportamiento social y de alimentación, situación que se da fuertemente en el **HNTS**. En algunos casos, varios pequeños ecosistemas son más importantes que un único ecosistema de igual área, debido simplemente a la alta relación perímetro-área de los pequeños ecosistemas. Similarmente, para especies que no son sensibles al área, y que tienen pequeños territorios o rangos de hogar, la presencia de varios pequeños ecosistemas en una área

geográfica limitada puede representar una situación más valiosa que un gran ecosistema de igual área (McCoy y Mushinky 1.994).

Una idea básica en ecología es que la diversidad de la vida silvestre se incrementa con la diversidad de hábitat (Boecklen 1.986, Flather et al. 1.992, Freemark y Merriam 1.986, Harris et al. 1.983, Martin 1.986, May 1.986). La diversidad de clases de ecosistemas puede servir de indicador de biodiversidad ya que cada tipo de ecosistema ofrece condiciones distintas para mantener distintos ensambles de vida silvestre (Golet y Larson 1.974). El número de diferentes hábitats presentes en un ecosistema (riqueza de clases de ecosistemas), y la uniformidad relativa de áreas de estos hábitats, tiene efectos muy importantes, aunque separados, en la diversidad y abundancia de la vida silvestre del ecosistema (Golet *et al.* 1.994).

Chaves²⁵ (1.998) encontro que para Costa Rica, en cuanto mayor diversidad ecosistémica (usando la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge), se encontraba mayor diversidad de endemismos y especies raras o con estatus especial.

Las diferentes clases de ecosistemas representan diferencias en las formaciones vegetales dominantes, número y tipo de comunidades vegetales, composición de especies, régimen de agua, tipo de suelo, microrelieve y química del agua. Basado en lo anterior, Golet *et al.* (1.994) aseguraron que la riqueza de clases de ecosistemas es un fuerte predictor de la capacidad de estos ambientes para mantener biodiversidad abundante.

- Índices de forma

La forma de los fragmentos de bosques puede ser determinada desde la tipología o matriz circundante a estos fragmentos, y es aceptado que esta forma puede afectar directamente la dinámica del ecosistema que estos fragmentos constituyen, ya que formas compactas son resistentes a los efectos negativos de esta matriz, mientras que las formas amorfas, o formas irregulares, pueden tener un perímetro más largo por unidad de área y ser significativamente sensibles a los efectos negativos externos. Para el presente proyecto se utilizaron los siguientes índices:

²⁵ **Henry Chaves Kiel**, Presentación oral el Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, La Ceiba, Honduras, 1.998.

Tabla 4. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de borde, 1.992.

Estimador	Formula	Características	Implicación ecológica	Consideraciones
Índice de borde. Relación Área/Perímetro	A/P	En esta relación en cuanto menor es la función del área versus perímetro, mayor exposición a la matriz externa, por lo cual se da la pérdida de la integridad del ecosistema.	Constituye un factor determinante para regular los patrones de abundancia y diversidad de la vida silvestre así como en la dinámica de emigración e inmigración hacia y desde el ecosistema.	No es invariante en escala. La eficiencia predictiva aumenta al aumentar el área.
Índice de fragilidad de borde. Relación Perímetro/Área	P/A	La complejidad de forma es mayor en parches pequeños y menor en parches grandes, lo que los asocia a la posibilidad de fragmentarse. También llamado Índice de complejidad de borde.	Esto tiene severas implicaciones para la viabilidad futura de estos ecosistemas, los que son potencialmente más sensibles al efecto adverso de la matriz que los rodea, fragmentándolos y aislándolos, lo que repercute en aislamiento biogeográfico.	No es invariante en escala. La eficiencia predictiva aumenta al aumentar el área.
Índice de diversidad de forma de Patton	$\frac{P}{\sqrt{\pi A}}$	Cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento semeja un círculo, y a medida que éste va en aumento, la forma se torna más compleja y aumenta el efecto de borde.	Ecosistemas boscosos con altos índices de diversidad de forma son más propensos a la transformación por acción de la matriz de entorno.	No es invariante en escala. La eficiencia predictiva aumenta al aumentar el área.
Índice de Compactación	$\frac{1}{DI}$	Aquellos fragmentos más cercanos o con valor igual a 0 son considerados más frágiles; y los fragmentos más cercanos a un valor igual a 1 son menos frágiles a la matriz antrópica circundante	Ecosistemas más compactos son más resistentes a eventos estocásticos y a la presión por la matriz de entorno.	No es invariante en escala. Depende de las estimaciones de Patton para su cálculo.
Índice de dimensión fractal	$2 \frac{\log(P)}{\log(A)}$	La dimensión fractal (D1) varía entre uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos), y de 1,001 a 2 para formas complejas análogas a objetos fractales.	La dimensión fractal es una medida cuantitativa de la complejidad del paisaje, es considerada el descriptor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes.	Es invariante en escala
Índice de Vogelmann	$\log \frac{\sum A}{\sum P}$	En cuanto mayores sean los valores obtenidos se estima una mayor continuidad del bosque en la cuenca hidrográfica y en cuanto más bajos sean los valores se estima una mayor fragmentación lo que implica mayor aislamiento entre los parches.	La continuidad espacial del bosque garantiza el que se perpetúe mediante el intercambio continuo de genes, la dispersión por parte de la fauna silvestre.	Es invariante en escala. Se aplica a unidades espaciales definidas.
Índice de fragmentación	$F = \frac{\sum a}{ai}$	La fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación entre el área de bosque y el área total dentro de una unidad espacial.	Los valores de F oscilan entre 0 y 1. También llamado grado de fragmentación.	No es invariante en escala. Se aplica a unidades espaciales definidas.

- Índice de borde (Relación Área/Perímetro)

$$RAP = \frac{\text{Área del parche de bosque}}{\text{Perímetro del parche de bosque}}$$

El borde de un ecosistema representa un tipo de hábitat diferente al resto del hábitat (Forman y Godron 1.986, Forman 1.995). El borde puede constituir el hábitat primario para ciertas especies, o funcionar como un puente entre hábitats, para otras especies. En general, la biomasa es mayor por unidad de área en el borde de un hábitat (Forman 1.995), y en los ecosistemas esto es claro cuando se trata de biomasa de invertebrados consumidos por aves de orilla (*e.g.* chorlos y playeros).

El borde constituye un factor determinante para regular los patrones de abundancia y diversidad de la vida silvestre del ecosistema (Gibbs y Faaborg 1.990, Harris 1.988, Laurence 1.991, Laurence y Yensen 1.991). Sin embargo, el borde también puede reducir la biodiversidad por un mal manejo del ecosistema por actividades antrópicas ya que el borde es producto de una mayor complejidad estructural y por ello es más sensible al efecto deteriorante de la matriz circundante.

Simberloff (1.992) comentó que hábitats alargados y estrechos pueden ser más visibles para las especies inmigrantes, y que grandes perímetros pueden tener más "efecto de borde". Game (1.980) demostró matemáticamente que si la tasa de inmigración es mayor a la de extinción, esto se debe a la forma del hábitat, y que la forma óptima no es necesariamente la redonda.

El borde del ecosistema tiene gran impacto ya que determina la dinámica de emigración e inmigración hacia y desde el ecosistema (Franklin y Forman 1.987, Harris 1.984). En una reserva pequeña se reduce la distancia entre el borde y el área núcleo, incrementándose los efectos de la matriz circundante (Janzen 1.983, 1.986).

Esto ha sido una fuente de problemas, solucionado parcialmente al mantener a las reservas con áreas de amortiguamiento para minimizar la diferencia entre el área núcleo y el área adyacente inmediata (Meffe y Carroll 1.994).

Cuando se incrementa el tamaño del ecosistema, el tamaño relativo del núcleo del ecosistema también crece, y los efectos adversos (*e.g.* predación, parasitismo de nidos) del borde ("efecto de borde") para la vida silvestre decrecen (Andren *et al.* 1.985, Andren

1.992, Angelstam 1.986, Bostrom y Nilsson 1.983, Santos y Telleria 1.992, Wilcove 1.985). El efecto de borde puede ser correlacionado con la clase de ecosistema y esto tiene efectos sobre la vida silvestre (Golet *et al.* 1.994). Grandes ecosistemas son vitales para "especies-áreas sensitivas" como muchas aves migratorias neotropicales terrestres (Maurer y Heywood 1.993). El impacto humano también es menor en ecosistemas con área núcleo de mayor tamaño (Golet *et al.* 1.994).

Esta relación expresa la exposición de un parche de bosque o cobertura natural a la matriz externa. En esta relación en cuanto menor es la función del área versus perímetro, mayor exposición a la matriz externa, por lo cual se da la pérdida de la integridad del ecosistema. Dicha pérdida de la integridad es progresiva, la invasión o intromisión de especies pioneras, ocasiona que aumente paulatinamente el cociente de mezcla de la cobertura, y por consiguiente se pierde el valor de origen de dichas coberturas.

Loetch (1.972, citado por Chaves y Fallas, 1.996.) menciona que la relación área / perímetro permite definir el efecto de borde, su enunciado dice que "en cuanto mayor es la relación área / perímetro, menor debe ser el efecto de borde de una figura geométrica". Esto se puede relacionar al riesgo de fragmentación de una mancha de bosque cualquiera, en cuanto mayor sea el efecto de borde mayor, la exposición a la matriz antrópica, lo cual producirá un mayor ecotono. Esto puede tener consecuencias positivas y negativas desde el punto de vista ecológico.

Toda cobertura natural guarda en sí misma la representatividad de procesos y condiciones particulares, mismas que le confieren la capacidad de sustentar a un número determinado de especies de flora y fauna.

Los efectos de los cambios en el patrón de paisaje (e.g. fragmentación) de los hábitats tiene consecuencias negativas: pérdida de hábitats, hábitats remanentes más pequeños, aislamiento de parches, incremento del efecto de borde, reducción de poblaciones de vida silvestre, desaparición de algunas especies, mayor vulnerabilidad de las especies remanentes, menor biodiversidad y cambios en la composición de la comunidad de especies.

La relación positiva entre el tamaño de una unidad de paisaje y la biodiversidad que contienen es más clara en ambientes terrestres, donde el ideal es contar con reservas grandes y de formas regulares. Pero generalmente los humedales como los presentes en la zona, por naturaleza no son de gran tamaño, y tienen formas irregulares. Por ello tienen

mucho borde que favorece a los grupos de fauna que los usan eficientemente como las aves acuáticas, pero simultáneamente los hace potencialmente vulnerables a los efectos de la matriz antrópica circundante.

Estos parches son propensos a perder en tiempo aún no determinado (influye en la determinación del tiempo, la matriz, métricas de los parches, etc.) su estructura y composición (integridad) debido a las transformaciones e incorporación de nuevas especies debido a la gran cantidad de ecotonos²⁶ que poseen. Si bien es cierto, la heterogeneidad ambiental proveerá la obtención de alimento, cobertura y abundantes bordes para muchas especies de fauna, esto también puede ser un grave riesgo para especies especialistas.

Las áreas de alto riesgo al efecto de borde, son aquellas que poseen mayor extensión, pero aun así estas tienen características divergentes en su estructura y composición en relación a las áreas núcleos. Algunas de estas deben consideración para realizar labores de restauración y enriquecimiento vegetativo (incorporación de especies vegetales nativas a baja intensidad y con distribución al azar con el fin de mejorar las condiciones bióticas de un sitio) siendo las opciones más económicas y de mejor resultado ecológico que la reforestación.

Las áreas de bajo riesgo, son y entiéndase en este caso, además de parches de bosques pequeños, aquellas categorías tales como agricultura, pastos y otras de origen antrópica, aquellas que ofrecen presión a las coberturas naturales, pero aun así pueden albergar de manera estacional o permanente un nivel de biodiversidad importante, o bien ser fuentes de alimentación (cultivos de arroz, maíz, etc.) y en dicho caso provocarían un efecto negativo en los patrones de comportamiento de las especies.

Para el año 1.992 se registraron 6.779,00 parches de bosque con condición de riesgo alto, los cuales oscilaban entre 0,012 ha. y 29,79 ha para un total de 4.207,97 ha. La mayor parte se ubican en la Cuenca del Río Grande de Térraba, seguidamente por la cuenca Costero Pacífico Sur - Península de Osa y la cuenca Costero Pacífico Central.

Estos parches de bosque son esencialmente importantes en la retención del suelo en las cuencas, evitando su transporte hasta el delta de los Ríos Térraba y Sierpe, evitando con ello la sedimentación de las márgenes de los manglares y otros humedales.

²⁶ Zona de transición que suele existir entre dos o más comunidades próximas o yuxtapuestas. Esta zona de unión puede tener una extensión lineal considerable pudiendo ser más angosta que las áreas de las comunidades adyacentes.

Tabla 5. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de borde (Relación Área / Perímetro) 1.992.

Cuenca	Relación Área/Perímetro (ha)	
	Nivel de riesgo bajo	Nivel de riesgo alto
Costero Pacifico Central	5.811,08	218,09
Costero Pacifico Sur - Península de Osa	38.594,60	934,57
Cuenca Golfo Dulce	1.564,32	35,14
Insular Pacifico Central	1.101,59	17,30
Insular Pacifico Sur	4.958,22	12,29
Río Grande de Térraba	35.524,07	2.990,58

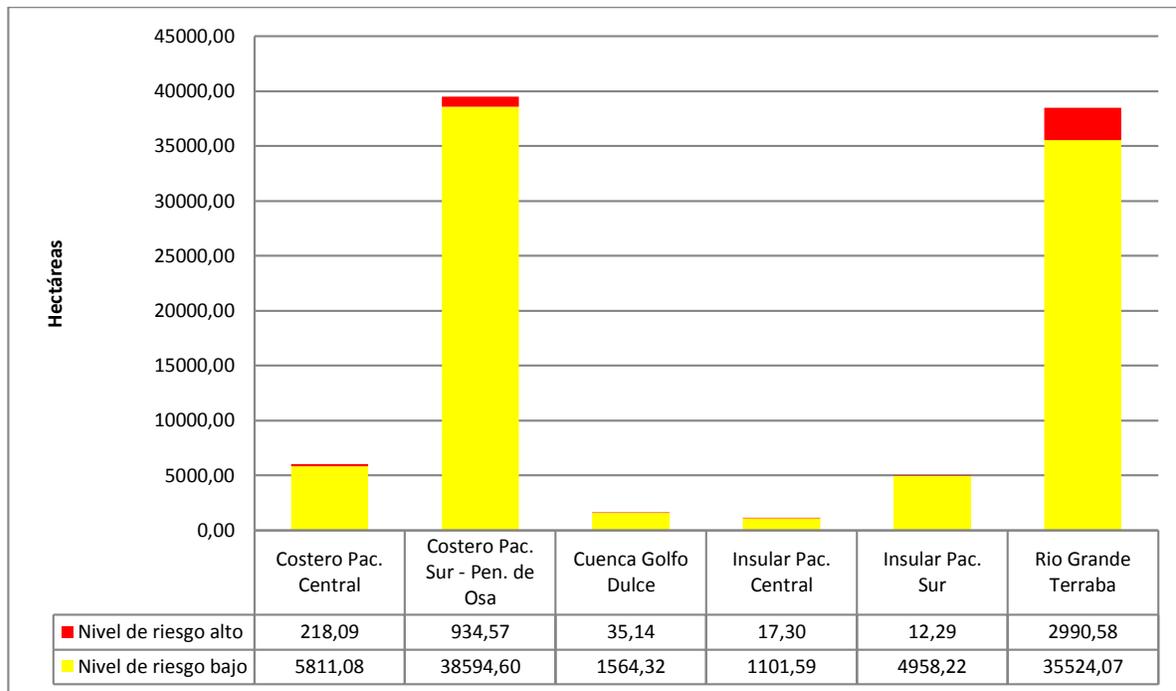


Gráfico 3. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de borde por cuencas hidrográficas, 1.992.

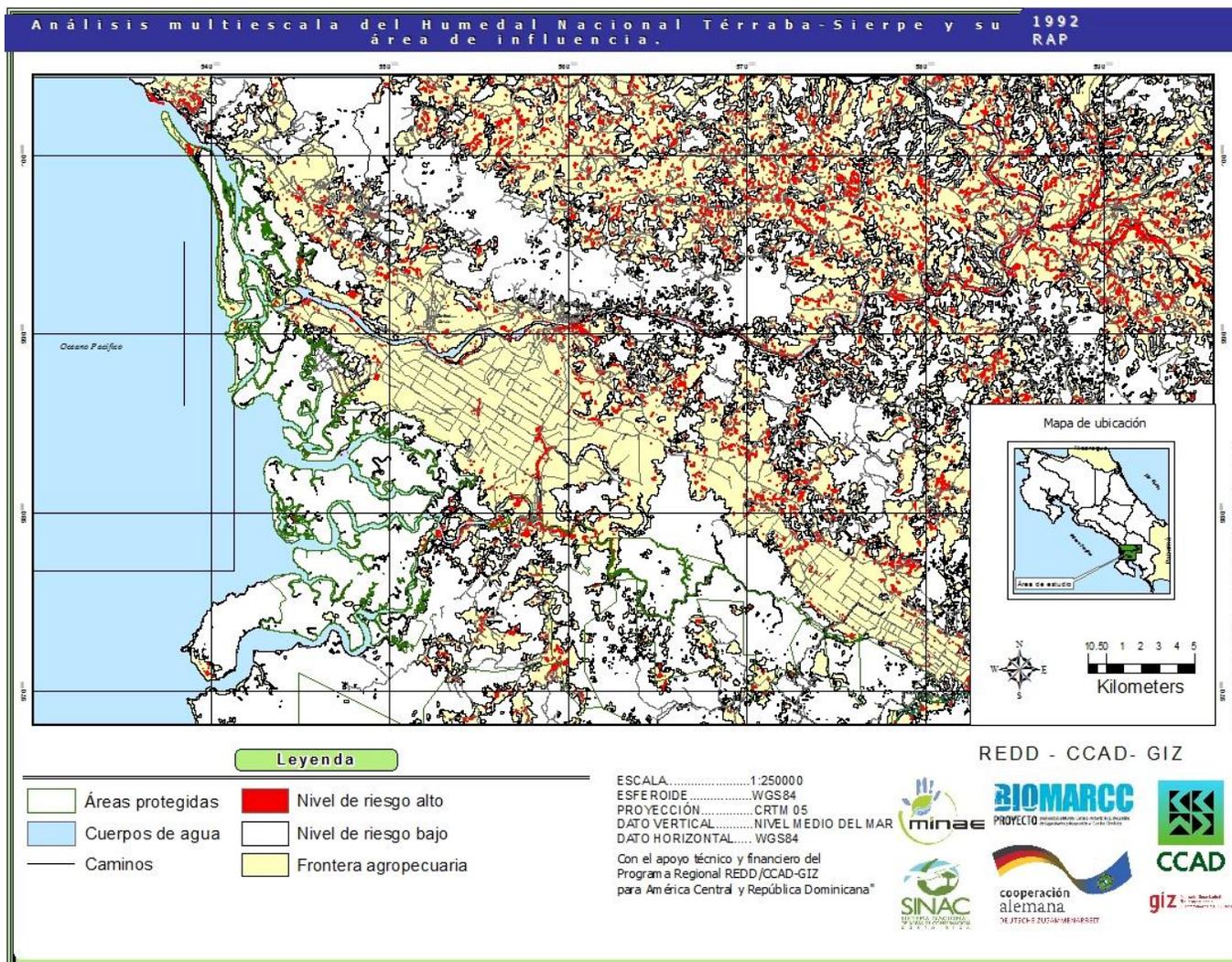


Figura 8. Índice de borde (Relación Área/Perímetro) para el año 1992

- Índice perimetral (RPA)

RPA = (perímetro del parche de bosque)/(área parche de bosque).

$$RPA = \frac{\text{Perímetro del parche de bosque}}{\text{Área del parche de bosque}}$$

Este índice no es invariante de escala. Los valores altos indican fragmentos pequeños de formas elongadas y perímetros dentados. Los valores pequeños indican fragmentos con formas compactas y perímetros no dentados (Heltzer y Jelinski 1.999). La complejidad de forma es mayor en parches pequeños y menor en parches grandes.

Esto tiene severas implicaciones para la viabilidad futura de estos ambientes Los cuales son potencialmente más sensibles al efecto adverso de la matriz que los rodea. Además, considerando que esta clase de parches es rara para Costa Rica, por su escasa representación en superficie deben de contener una biodiversidad importante, especialmente con especies de distribución restringida.

En estudios desarrollados en Suramérica por Barrantes, Chaves y Binuesa²⁷, se logró determinar que parches con los valores altos en la relación perímetro área, fueron los más propensos a la fragmentación en un periodo de 10 años de análisis de cambio multitemporal.

En este caso nuevamente los parches más pequeños (menos a 1 ha. y hasta 2,5 ha.) ubicados en zonas pecuarias, son los más propensos a la fragmentación, estos representan aproximadamente 2.382,04 ha del total del área de estudio y un total de 6.369 parches de bosque (con áreas mínimas de 0,012 ha y un máximo de 11,97 ha) los cuales se encuentran mayormente en la cuenca del Río Grande de Térraba.

Los parches de mayor tamaño en esta condición corresponden a manglares y/o humedales, siendo esta una condición natural por la dinámica de la región y de los propios ecosistemas, esto debe interpretarse como ecosistemas que pueden ser especialmente importantes por la diversidad de flora y fauna asociada a sus formas, incluyendo especies de moluscos, crustáceos, aves (migratorias) y peces.

²⁷ Barrantes, G; Chaves, H. 2.001. "El Bosque en el Ecuador; Una nueva visión transformadora sobre el uso y conservación". Instituto de Políticas Forestales, Costa Rica, Corporación para el Manejo Forestal Sustentable, Ecuador. 78 p.

Tabla 6. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice perimetral (RPA), 1.992

Cuenca	RPA (ha)	
	Nivel de riesgo bajo	Nivel de riesgo alto
Costero Pacifico Central	5.889,37	139,80
Costero Pacifico Sur - Península de Osa	38.981,71	547,46
Cuenca Golfo Dulce	1.574,94	24,52
Insular Pacifico Central	1.106,90	11,99
Insular Pacifico Sur	4.958,22	12,29
Rio Grande de Térraba	36.868,67	1.645,98

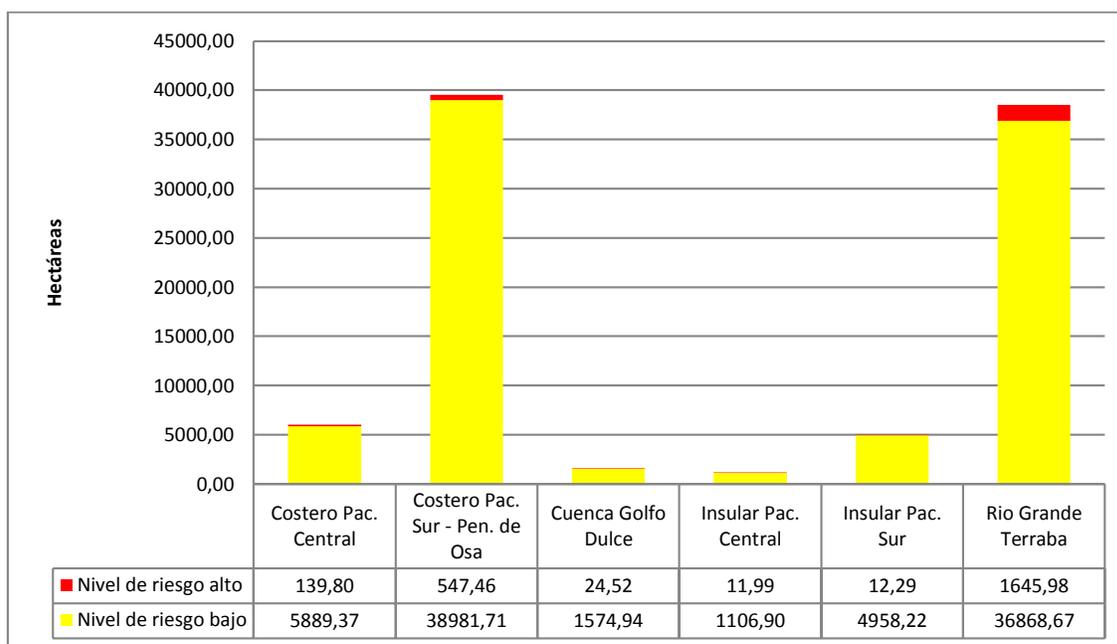


Gráfico 4. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice perimetral (relación Perímetro / Área) por cuencas hidrográficas, 1.992

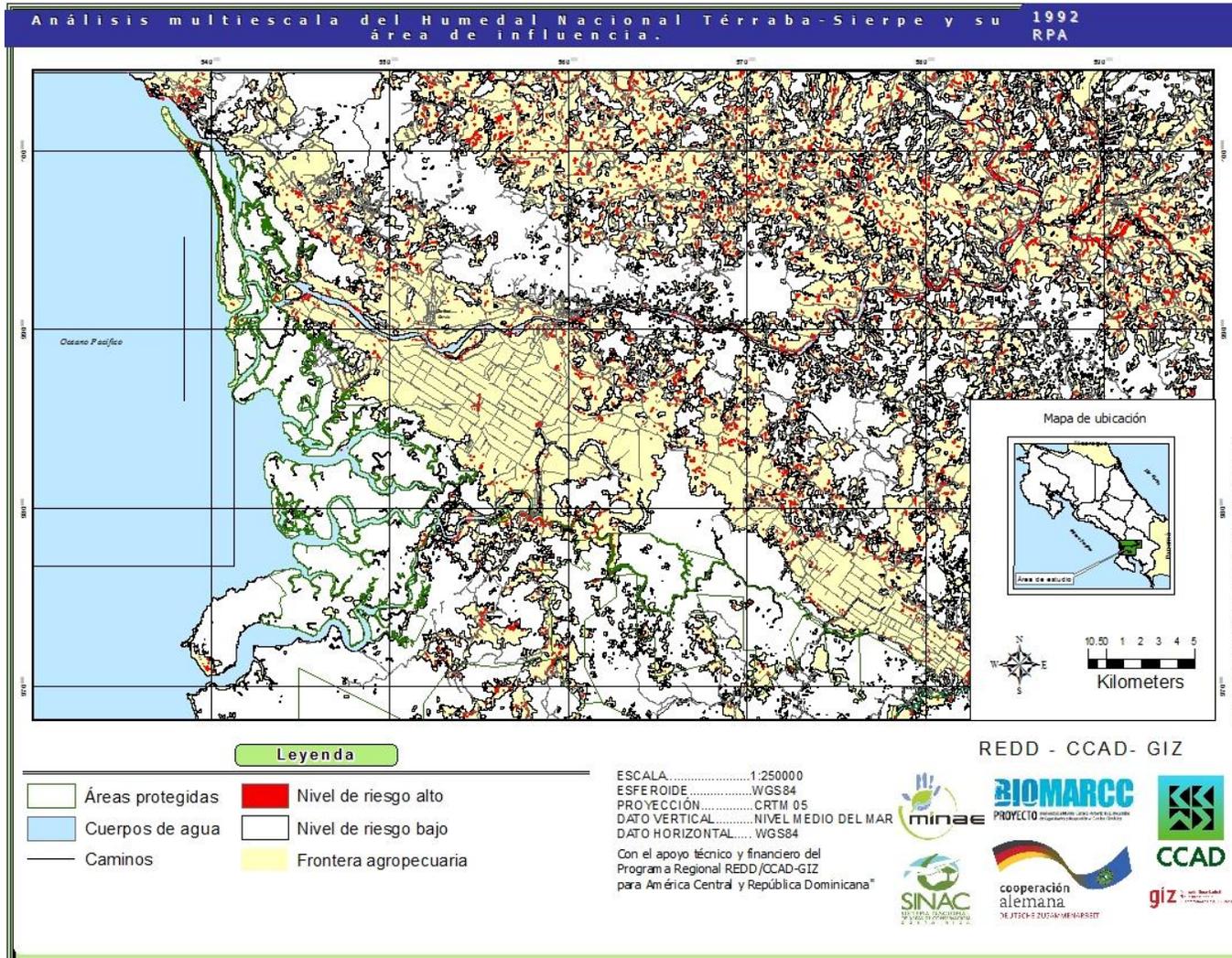


Figura 9. Índice perimetral (Relación Perímetro Área) para el año 1992

- Índice de diversidad de forma de Patton

Uno de los métodos para evaluar la fragmentación de bosques es el “índice de diversidad de forma de Patton adaptado por Rocha, 2.009²⁸”. Teóricamente, cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento semeja un círculo, y a medida que éste va en aumento, la forma se torna más compleja y aumenta el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes. Henao (1.988) considera que índices de diversidad superiores a 2 reflejan formas amorfas.

$$DI = \frac{P}{\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

DI: Índice de diversidad de Patton

P: El perímetro de cada fragmento

A: Área de cada fragmento

El índice de diversidad se agrupa en 5 rangos, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 7. Agrupación de los índices de diversidad de Patton

Forma	Índice (DI)	Nº Parches
Redondo	1	0
Oval-redondo	2	5.457
Oval oblongo	3	1.183
Rectangular	4	282
Amorfo o irregular	5 o más	240

Se detectaron un total de 6.640 parches de forma oval, en su mayoría están ubicados en la cuenca del Río Grande de Terraba, seguidamente por las cuencas Costero Pacífico Sur - Península de Osa y Costero Pacífico Central. Los polígonos más irregulares y los que mayor riesgo presentan son aquellos que tienen áreas más pequeñas.

La condición de vulnerabilidad para este estimador se aumenta exponencialmente dado que no solamente se considera el perímetro externo del parche, si no que también en aquellos parches de bosque de mayor tamaño, se presentan perímetros internos por la aparición de otras coberturas.

²⁸ Rocha O., Maya. 2.009. Estructura de dos comunidades de insectos indicadores sobre un gradiente de perturbación y área en dos paisajes de la Reserva de los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis Maestría. INECOL.

Tabla 8. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de diversidad de borde de Patton, 1.992

Cuenca	Índice de diversidad de borde Patton (ha)	
	Nivel de riesgo bajo	Nivel de riesgo alto
Costero Pacifico Central	5.630,10	399,07
Costero Pacifico Sur - Península de Osa	38.517,21	1.011,95
Cuenca Golfo Dulce	1.535,30	64,16
Insular Pacifico Central	976,33	142,55
Insular Pacifico Sur	4.737,48	233,04
Rio Grande de Térraba	35.346,36	3.168,29

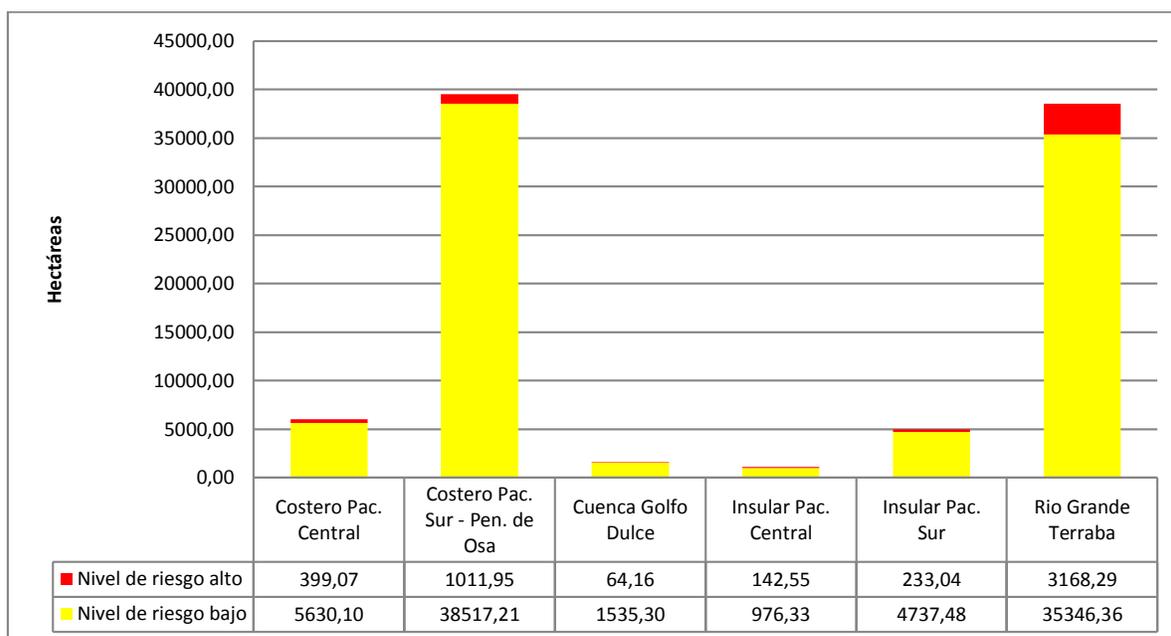


Gráfico 5. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de diversidad de borde de Patton por cuencas hidrográficas, 1.992

Los parches ubicados dentro del HNTS en color rojo, son clasificados por el estimador como de riesgo alto, dado su forma y tamaño, aún cuando no existen en apariencia presiones externas al estar dentro de un área silvestre protegida, estas coberturas por si mismas son ejemplo claro de ecosistemas sensibles por su estado y condición natural.

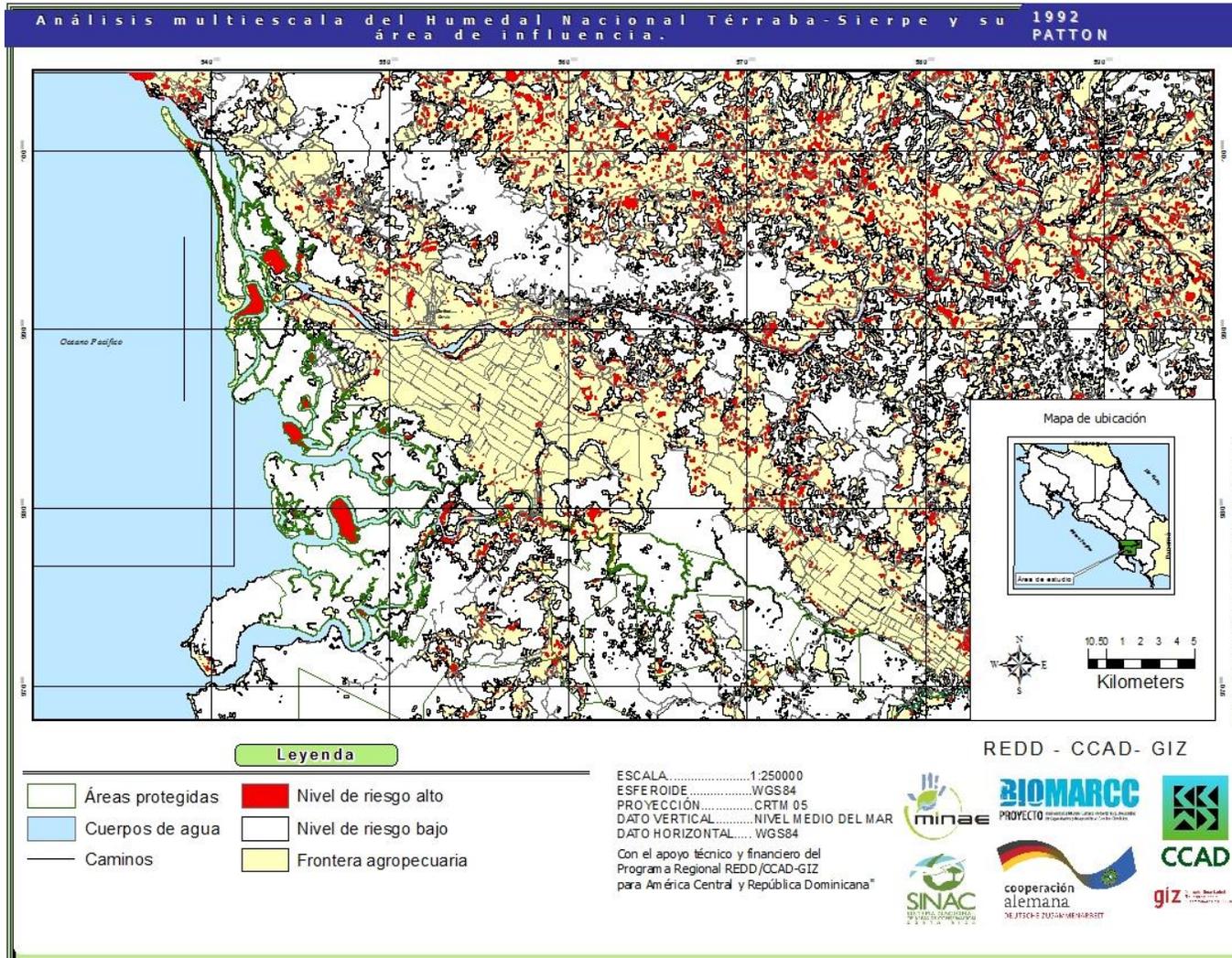


Figura 10. Índice de diversidad de forma de Patton para el año 1992

- Índice de compactación

$$IC = \frac{1}{DI}$$

Donde:

DI: Índice de diversidad de Patton

Aquellos fragmentos más cercanos o con valor igual a 0 son considerados más frágiles; y los fragmentos más cercanos a un valor igual a uno son los menos frágiles a la matriz antrópica circundante (Pincheira et al., 2.009, Unwin 1.979).

El borde de un parche representa un tipo de hábitat diferente al resto del hábitat, con frecuencia con especies compartidas de los tipos de hábitats que convergen y con especies especialistas de dichos bordes. El borde puede constituir el hábitat primario para ciertas especies, o funcionar como un puente entre hábitats, para otras especies. En general, la biomasa es mayor por unidad de área en el borde de un hábitat.

El valor obtenido se compara con el índice de borde del círculo que es 1, es decir, todo ecosistema que se aleje de 1 tiene mayor diversidad de borde y por ello está más expuesto a la matriz antrópica circundante (Patton 1.975).

El borde constituye un factor determinante para regular los patrones de abundancia y diversidad de la vida silvestre del humedal. Sin embargo, el borde también puede reducir la biodiversidad por un mal manejo del ecosistema por actividades antrópicas ya que el borde es producto de una mayor complejidad estructural y por ello es más sensible al efecto de la matriz circundante.

El efecto se hace aún más fuerte en aquellos parches con menor extensión, aumentando la probabilidad de que dicho efecto se dé en un menor tiempo.

Entonces, a pesar de que a mayor tamaño de un hábitat su forma es más regular y por ello debiera tener menor efecto de borde, en los parches de bosque dentro del proyecto no se cumplen estos supuestos ya que sus tamaños incrementan su efecto de borde, su complejidad estructural aumenta con su superficie. Para este caso, los parches de bosque con mucho efecto de borde son los más grandes, entonces el factor preocupante para el manejo de esos ecosistemas no es su tamaño, sino la diferencia en las estructura del hábitat entre los parches de bosques y coberturas naturales y su matriz circundante.

Se ha comentado que hábitat alargados y estrechos pueden ser más visibles para las especies inmigrantes, y que grandes perímetros pueden tener más "efecto de borde". Matemáticamente se ha demostrado que si la tasa de inmigración es mayor a la de extinción, esto se debe a la forma del hábitat, y que la forma óptima no es necesariamente la redonda (Citado por Tabilo-Valdivieso 1.997).

El borde del parche tiene gran impacto ya que determina la dinámica de emigración e inmigración hacia y desde el parche. En una reserva pequeña se reduce la distancia entre el borde y el área núcleo, incrementándose los efectos de la matriz circundante (Janzen 1.983, 1.986). Esto ha sido una fuente de problemas, solucionado parcialmente al mantener a las reservas con áreas de amortiguamiento para minimizar la diferencia entre el área núcleo y el área adyacente inmediata. Las actividades agrícolas y asentamientos humanos que producen contaminación y cambios en el sistema hídrico del humedal se han descrito como actividades que deterioran la calidad del hábitat.

Cuando se incrementa el tamaño del parche, el tamaño relativo del núcleo del parche también crece, y los efectos adversos del borde ("efecto de borde") para la vida silvestre decrecen paulatinamente.

Se detectaron 6.461 parches en condición de críticos, con un área máxima de parches de 83,96 ha para un total de 3.259,61 ha, de los cuales su gran mayoría se ubican en las cuencas del Rio Grande de Térraba, Costero Pacifico Sur - Península de Osa y Costero Pacifico Central.

Tabla 9. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de compactación (IC), 1.992

Cuenca	IC (ha)	
	Nivel de riesgo bajo	Nivel de riesgo alto
Costero Pacifico Central	5.841,54	187,63
Costero Pacifico Sur - Península de Osa	38.704,80	824,36
Cuenca Golfo Dulce	1.577,37	22,09
Insular Pacifico Central	1.104,83	14,06
Insular Pacifico Sur	4.943,64	26,88
Rio Grande de Térraba	36.330,06	2.184,59

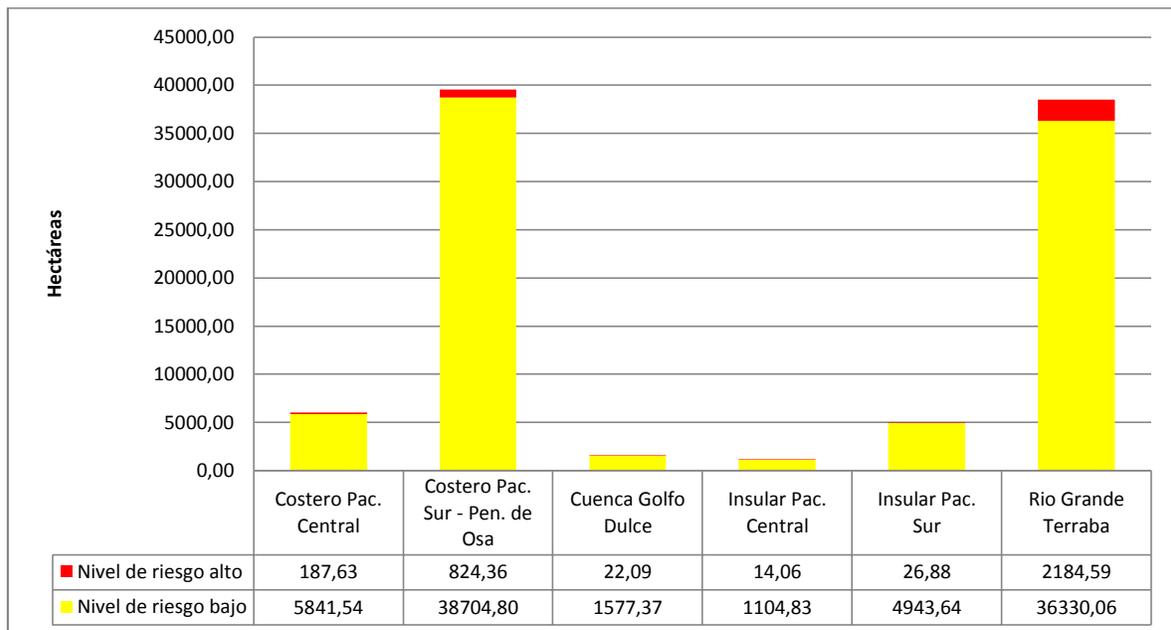


Gráfico 6, Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de compactación (IC) por cuencas hidrográficas, 1.992

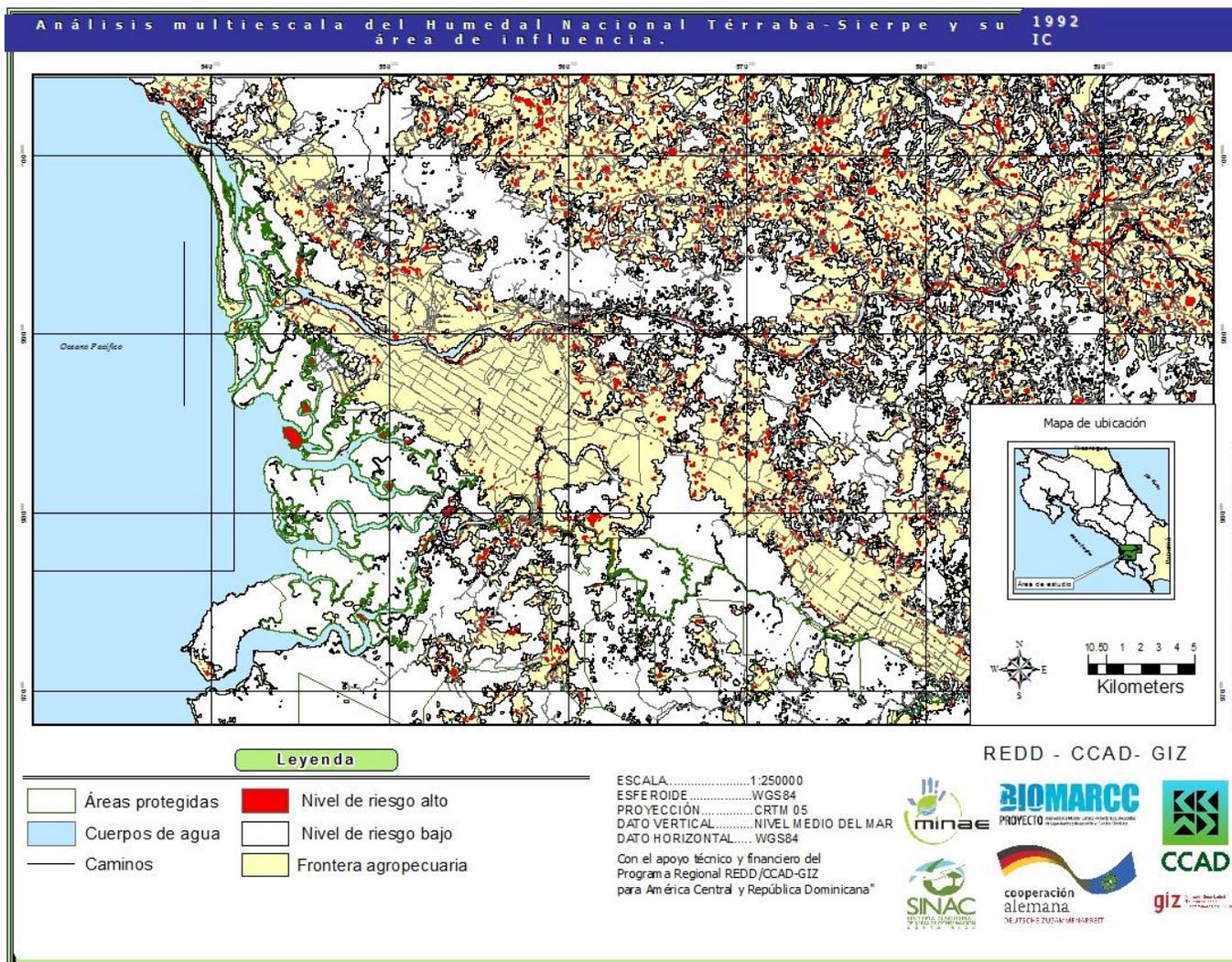


Figura 11. Índice de compactación para el año 1.992.

- Índice de dimensión fractal (D1)

La dimensión fractal es una medida cuantitativa de la complejidad del paisaje y es considerada el descriptor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes. Además, es invariante de escala y estadísticamente robusta (Rau y Gantz 2.001),

$$D1 = 2 \frac{\log(P)}{\log(A)}$$

Donde:

P: es el perímetro del parche expresado en metros

A: es el área del parche expresado en metros

Log con base 10,

La dimensión fractal (D1) varía entre uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos), y de 1,001 a 2 para formas complejas análogas a objetos fractales (Krummel et al, 1.987; Rau y Gantz, 2.001),

Dimensión Fractal (D1): Se estima por la pendiente de la regresión entre el logaritmo del área (variable dependiente) y del perímetro (variable independiente) (Hasting y Sugihara 1.993, Ripple *et al*, 1.991, Williamson y Lawton 1.991), La variación entre los distintos D (dimensión fractal) indica el grado de complejidad de forma de los ecosistemas. Un valor D mayor a 1 indica un alejamiento de la geometría euclidiana, y por ello un incremento de la complejidad de la forma en la estructura analizada Se determina para cada unidad espacial y tipo de ecosistema.

Williamson y Lawton (1.991) analizaron el uso de la geometría fractal para describir hábitats, mencionando la importancia que tiene este parámetro para describir variaciones ambientales, la estructura del hábitat y sus efectos en los patrones de distribución y abundancia de la vida silvestre. Milne (1.988, 1.991) describió el efecto que tiene el grado de complejidad estructural de un hábitat en la forma como los organismos responden a variaciones en la escala y patrones de heterogeneidad de los recursos disponibles.

Se detectaron 1067 parches en condición de crítica, con un área mínima de 0,36 ha, y un área máxima 4615,64 ha. distribuidos principalmente en las cuencas Río Grande de Terraba, Costero Pacifico Sur - Península de Osa y Costero Pacifico Central.

Tabla 10. Estimación de áreas con coberturas boscosas por cuencas hidrográficas para el índice de dimensión fractal, 1.992

Cuenca	Índice Fractal (ha)	
	Nivel de riesgo bajo	Nivel de riesgo Alto
Costero Pacifico Central	3.043,70	2.985,47
Costero Pacifico Sur - Península de Osa	36.277,21	3.251,95
Cuenca Golfo Dulce	858,17	741,29
Insular Pacifico Central	16,40	1.102,49
Insular Pacifico Sur	8,24	4.962,27
Río Grande de Térraba	34.701,98	3.812,67

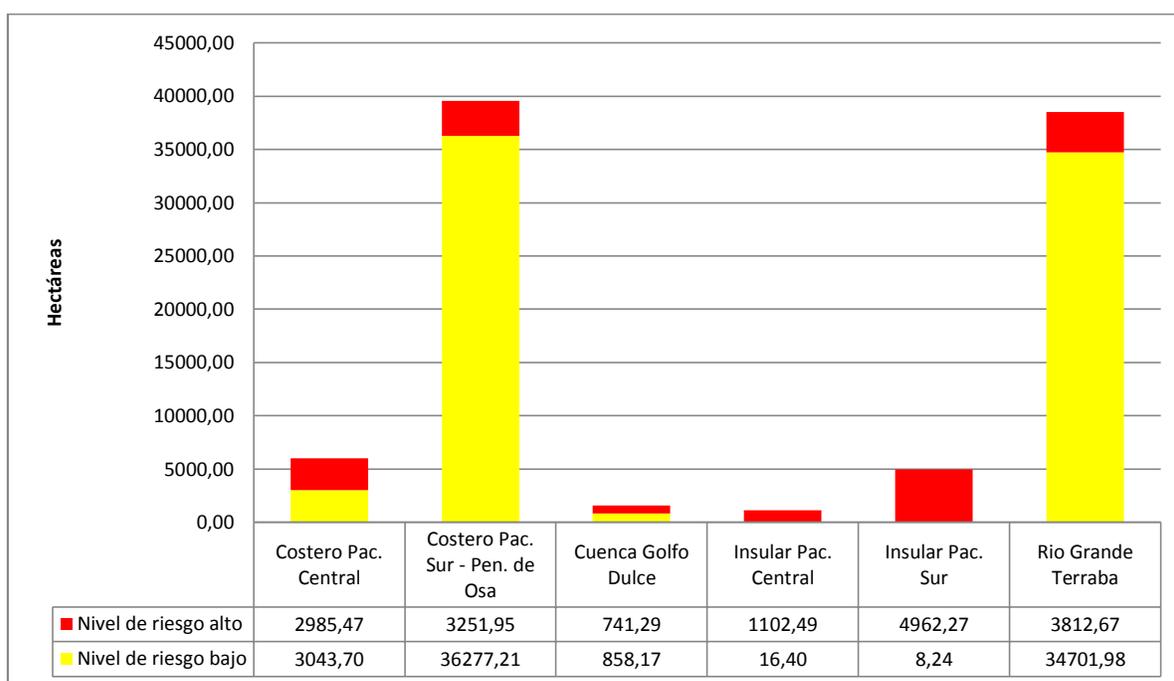


Gráfico 7. Relación de áreas por categorías de riesgo para el índice de dimensión fractal por cuencas hidrográficas, 1.992

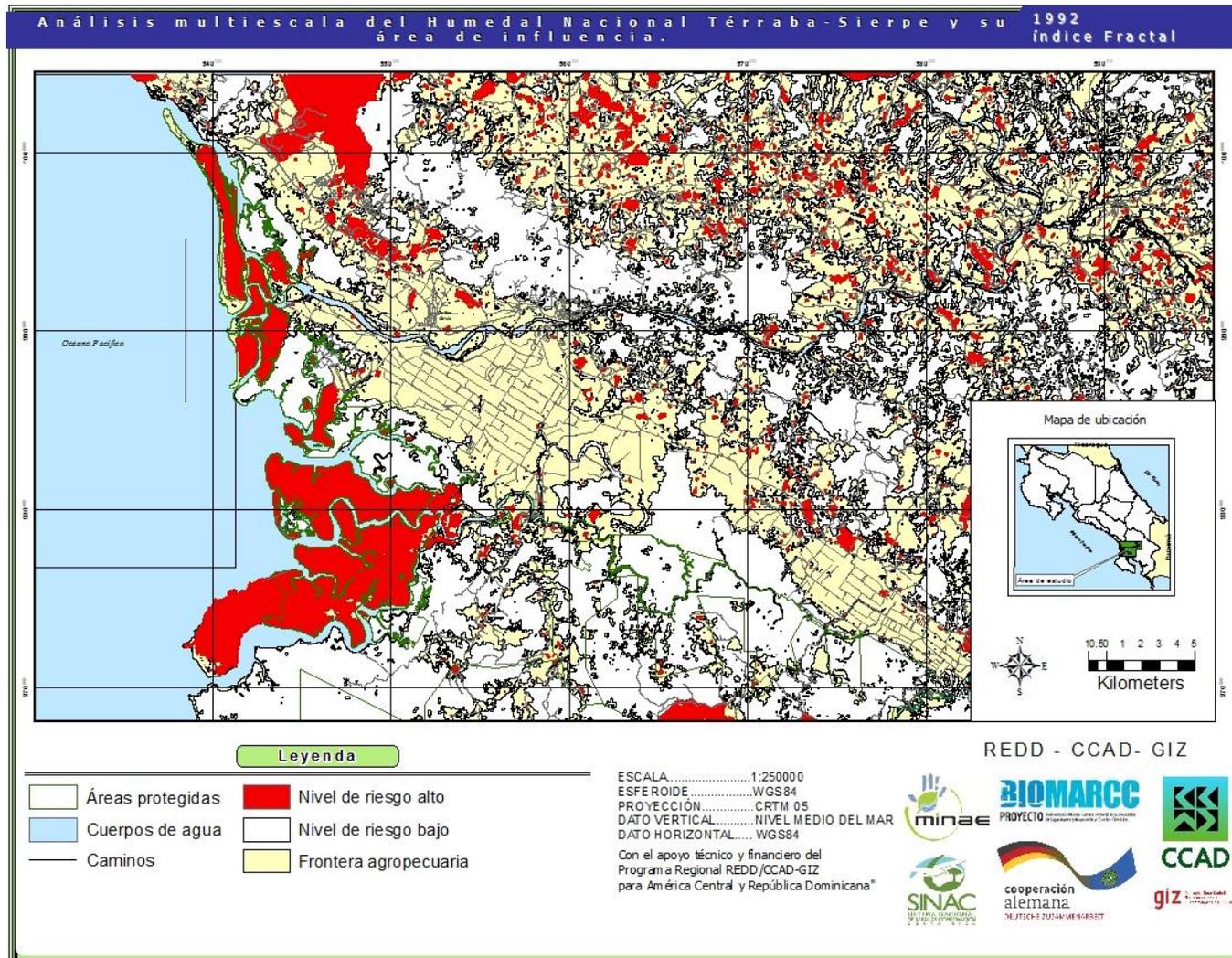


Figura 12. Índice de dimensión fractal (D1) para el año 1992.

- Índice de continuidad de Vogelmann

La continuidad espacial del bosque garantiza el que se perpetúe mediante el intercambio continuo de genes, la dispersión por parte de la fauna silvestre. Para la evaluación de la continuidad espacial, como indicador de fragmentación, se utilizó el Índice de continuidad de Vogelmann, el cual se denota de la siguiente forma:

$$FCI = \log \frac{\sum A}{\sum P}$$

Donde:

FCI = Índice de continuidad de Vogelmann

A = área total de parches de bosque del paisaje, en metros cuadrados (m²)

P = perímetro total de parches de bosque del paisaje en metros (m).

Para este caso, en cuanto mayores sean los valores obtenidos se estima una mayor continuidad del bosque y en cuanto más bajos sean los valores se estima una mayor fragmentación lo que implica mayor aislamiento entre los parches.

Paisajes con mayor continuidad pueden constituir condiciones favorables para una rehabilitación más rápida. Y por tanto la rehabilitación de corredores en bosques de galería o ripários, puede ser utilizada de manera a favorecer el aumento de la conectividad del paisaje.

Desde el enfoque de cuencas hidrográficas, la cuenca del Río Grande de Térraba es la que presenta la más baja continuidad de bosque, seguidas por las cuencas Costero Pacifico Sur - Península de Osa, Costero Pacifico Central, Cuenca Golfo Dulce e Insular Pacifico Central.

Esto implica que los riesgos de que las coberturas boscosas en estas cuencas se incomuniquen sean potencialmente peligrosos para el mantenimiento de sub poblaciones de fauna silvestre, así como que al largo plazo se den efectos de endogamia y deriva genética.

La Cuenca con mayor continuidad de bosque es la Insular Pacifico Sur, la cual en su mayoría se constituye como una fortaleza natural a pesar de la dependencia del flujo del aprovisionamiento de agua del río Sierpe.

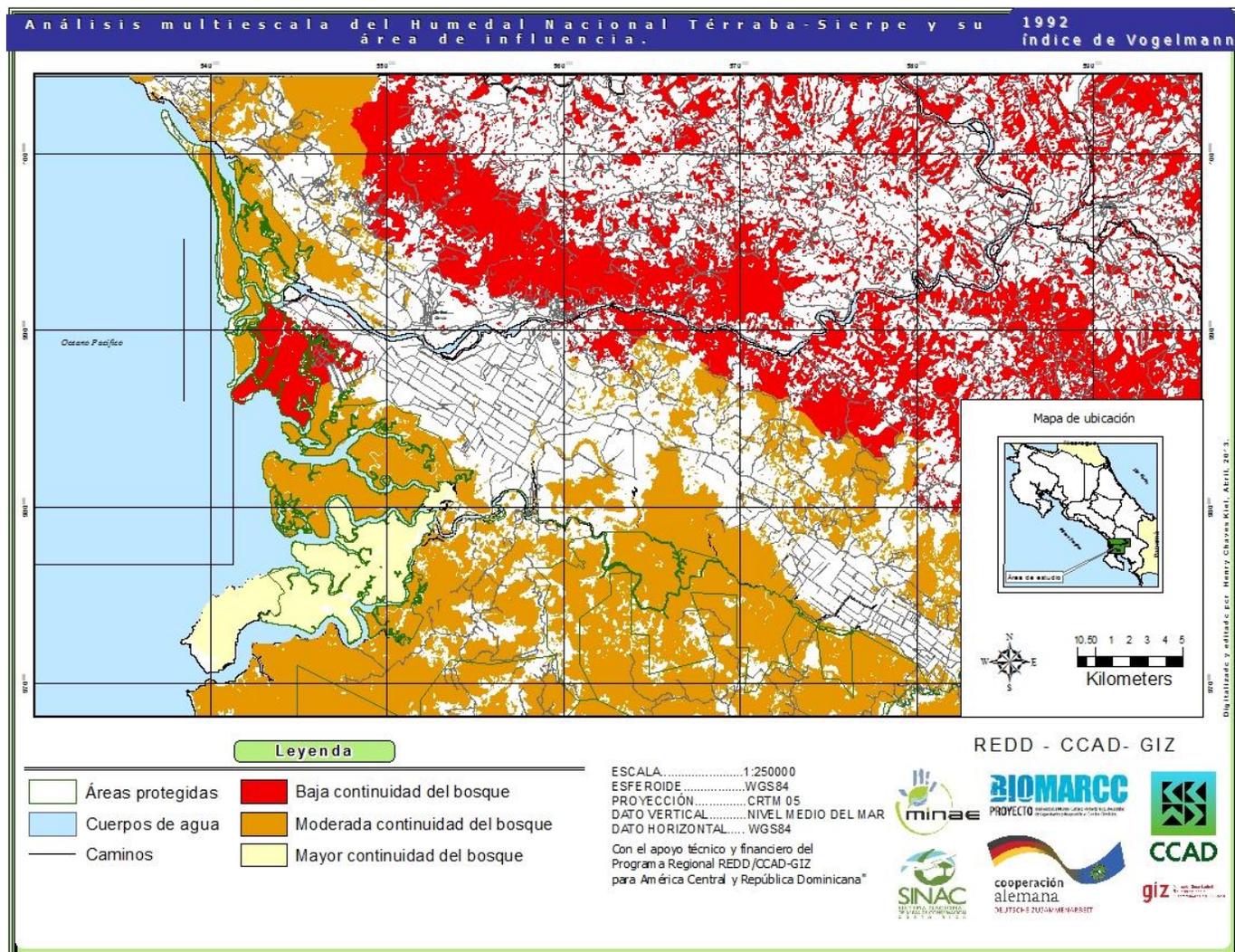


Figura 13. Índice de continuidad de Vogelmann para el año 1992

- Grado de fragmentación

La fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación entre el área de bosque y el área total dentro de una unidad espacial, la cual se definió en la cuenca hidrográfica, Su definición es:

$$F = \frac{\text{Área total de bosques dentro de la cuenca}}{\text{Área total de la cuenca}}$$

Los valores de F oscilan entre 0 y 1, F se caracteriza de acuerdo con los rangos de valores presentados en la Tabla 10.

Tabla 11, Valores para el índice de fragmentación

Rangos F	Grado de fragmentación
F = 1	Sin fragmentación
F = <1 < 0, 7	Fragmentación moderada
F = 0, 7 < 0, 5	Altamente fragmentado
F = < 0, 5	Insularizado

Fuente: Díaz Lacava Amalia Nahir, 2.003

Por la conformación del terreno, la hidrografía y características ecológicas propias de los ecosistemas de zonas costeras, la ocurrencia de parches irregulares en su forma (ameboides) es normal. Sin embargo esa misma condición los hace ser mucho más frágiles y susceptibles a la matriz de entorno y los efectos por cambios en las zonas medias y altas de las cuencas.

Existen 89.043,5 ha de bosque en condición de insularizado, lo que implica que no tienen conexión con otros parches de bosque en otras cuencas, lo que se traduce en un aislamiento geográfico el cual es de preocupar. Esta condición se da en las cuencas hidrográficas Costero Pacífico Central, Costero Pacífico Sur - Península de Osa, Insular Pacífico Sur y Río Grande de Terraba.

En la Cuenca Golfo Dulce existen 1.599,46 ha de bosque en condición de altamente fragmentado, lo cual la ubica en una posición de crítica por la importancia que tiene al albergar buena parte del área protegida de la Reserva Forestal Golfo Dulce. La única cuenca con condición de estable o con fragmentación moderada es la cuenca Insular Pacífico Central con 1.118,88 ha de bosque. Aquí debe considerarse que esta es un bloque compacto de manglar y humedales de importancia por ser área protegida en su mayoría.

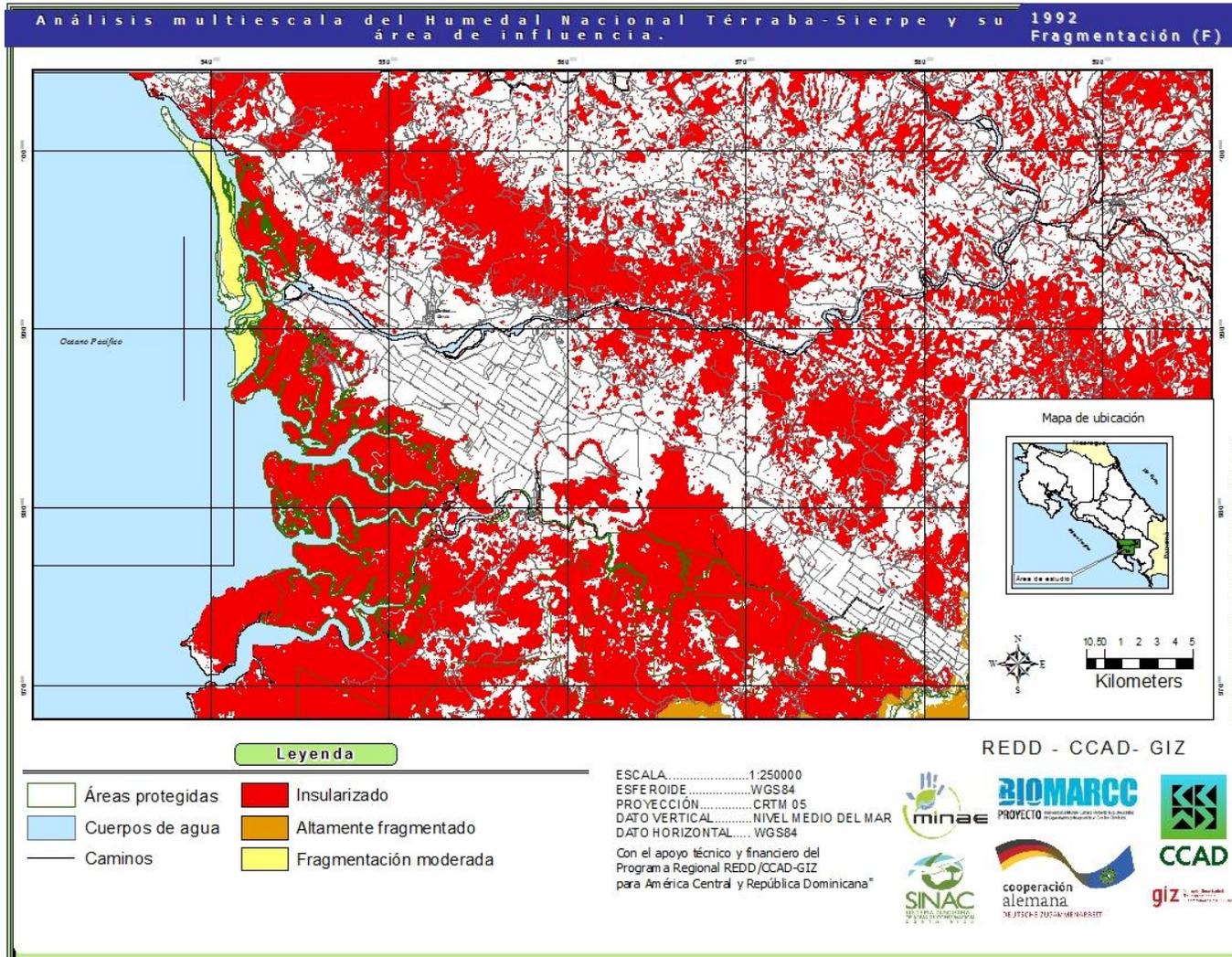


Figura 14. Grado de fragmentación para el año 1992.

6.3. Análisis de datos para el año 1.992.

Se procedió a evaluar el mapa de cobertura boscosa del año 1.992 producto a través de índices de fragilidad (Relación Perímetro / Área) y e índices de efecto de Borde (Relación Área / Perímetro) e índice de diversidad de borde de Patton (1.975), el índice de compactación (**IC**), el de dimensión fractal (**D1**) (estos constituyen una batería de indicadores unitarios de parches de bosque), así como el índice de Vogelmann y el grado de fragmentación (**F**) (estos constituyen una batería de indicadores a nivel de cuenca hidrográfica) con el fin de determinar métricas de paisaje que permitan caracterizar la vulnerabilidad de los parches de bosque en el área de estudio. Posteriormente se realizó una ponderación de las variables (alto, moderado y bajo) para la conjugación de los criterios de riesgo y con este se definió una zonificación.

Los resultados obtenidos de los índices aplicados fueron evaluados y se determinó un 97,42% de probabilidades de ocurrencia en parches de menos de 1 hectárea, por lo que parches de bosque en 1.992 fueron fragmentados o desaparecieron en el año 2.012. Y en parches de más de una hectárea la ocurrencia era del 100%. Este procedimiento se realizó mediante la confrontación del mapa de riegos de las coberturas boscosas de 1.992 contra el mapa de uso de coberturas boscosas del 2.012, lo cual indicó si las coberturas en riesgo calculadas para el año 1.992 fueron afectadas en el año 2.012 y estas fueron predichas por al menos uno de los índices estimados.

La diferencia del 2,58% en parches de menos de una hectárea se puede deber a las siguientes razones:

- a. El sensor empleado para las imágenes de satélite Landsat TM de 1.992 tenían una menor capacidad de detección que los nuevos dispositivos empleados en el año 2.012. La resolución de las imágenes del año 1.992 es nominal a 30 metros, y las de las imágenes del 2.012 de 5 metros, por lo que nuevamente la capacidad de detección en parches pequeños de bosque, así como de otras coberturas es menos precisa y exacta en cuanto más grande es el píxel de la imagen.
- b. Para el análisis de datos del año 2.012 las imágenes contenían mayor cantidad de nubes y sombras que para el año 1.992, pese a que se trató con validación de campo de cubrir toda el área no fue posible y las zonas con mayor cantidad de nubes fueron omitidas del análisis de cambio (9.568,71 hectáreas en total), dado que crean un efecto de confusión en las categorías de pasto y bosque.

6.4. Ponderación de bosques para el año 1.992

Se construyó un índice compuesto a partir de los índices de borde, perimetral, de Patton, de Compactación, de dimensión fractal con los cuales se definieron los polígonos de mayor riesgo a la matriz antropica circundante (Figura 15).

Tabla 12. Criterios de ponderación empleados para las coberturas boscosas de 1992.

Indicador	Valor	Criterio
RAP	Mayor a 35,00	Alto Riesgo
RPA	Mayor a 0,04	Alto Riesgo
Patton	Mayor a 4,23	Alto Riesgo
IC	Mayor a 0,27	Alto Riesgo
Índice Fractal	Mayor a 1,36	Alto Riesgo

Una vez hecha la ponderación, se realizó un análisis booleano considerando valores de alto riesgo = 1 y bajo riesgo = 0, seguidamente de una función de adición entre variables para determinar su índice compuesto de riesgo.

Tabla 13. Categorización de acuerdo a los índices estimados para el año 1.992.

Indicador	Criterio
Alto riesgo	De 4 a 5 índices positivos
Moderado Riesgo	De 2 a 3 índices positivos
Bajo riesgo	Con 1 índice positivo

Posteriormente se realizó un análisis de cambio multitemporal (Figura 16) con los mapas de coberturas boscosas de los años 1.992 y 2.012. Para este análisis se omitieron las áreas con coberturas de nubes del año 2.012 (las cuales fueron mucho mayores que las del 1.992) y se usó esta misma capa para eliminar coberturas boscosas en el año 1.992 con el fin de filtrar y poder realizar un análisis en donde se reflejara una tendencia discrecional.

Una vez hecho esto se determinó las diferencias en áreas deforestadas, regeneradas y aquellas áreas que se mantienen como tales entre ambos años las cuales se expresan en la siguiente tabla.

A partir del mapa ponderado de 1.992 (índice compuesto) se definieron las tendencias en áreas deforestadas y su consecuente relación con los índices utilizados.

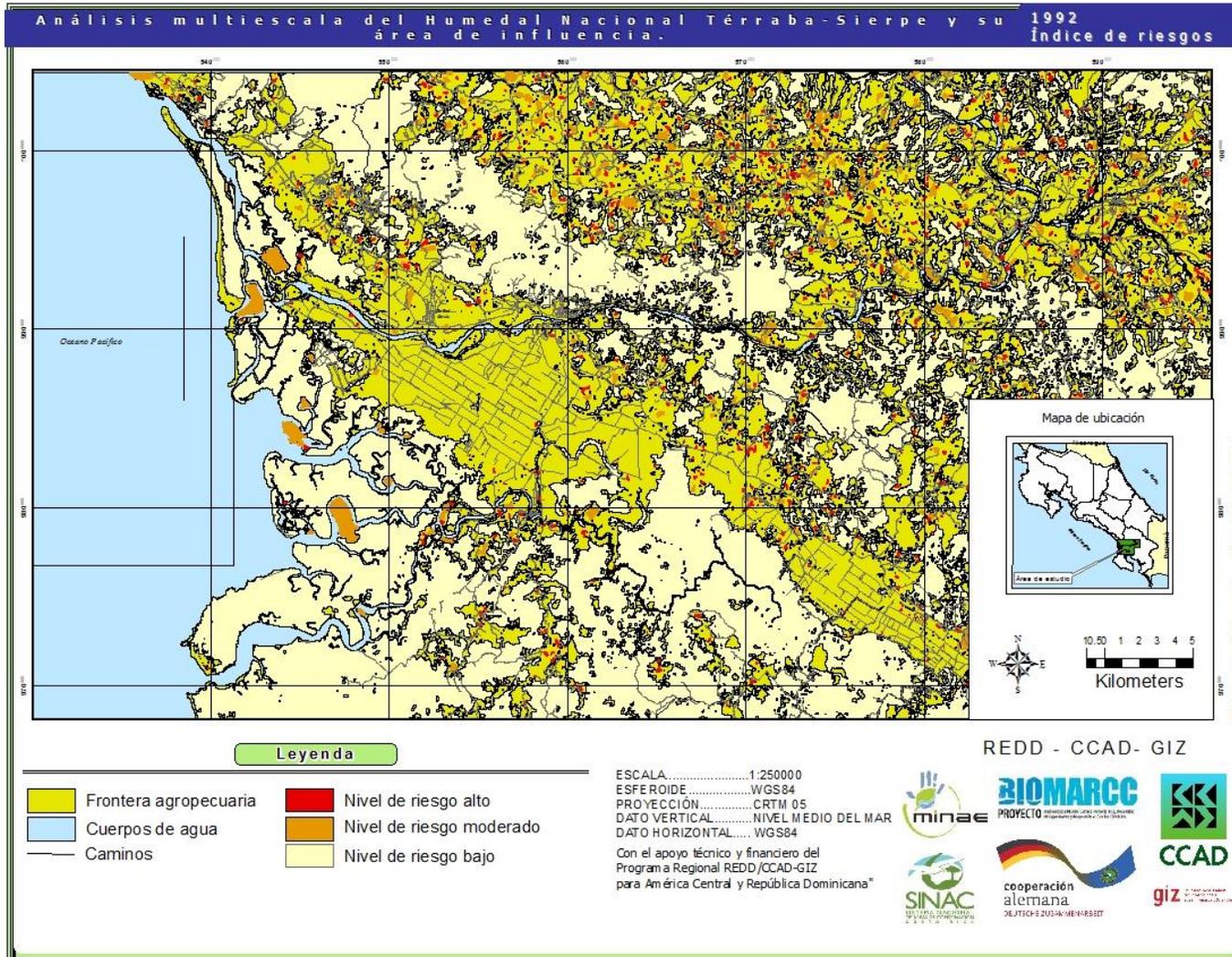


Figura 15. Índice compuesto de riesgos para el año 1992

Tabla 14. Extensión coberturas boscosas por cuenca hidrográfica y por tipo de condición según análisis de cambio multitemporal para los periodos 1.992 – 2.012

Cuenca Hidrográfica	Bosque deforestado		Bosque regenerado	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Costero Pacifico Central	1.014,05	5,66	2.127,67	9,52
Costero Pacifico Sur-Península de Osa	5.844,71	32,64	6.931,35	31,01
Cuenca Golfo Dulce	208,28	1,16	322,56	1,44
Insular Pacifico Central	62,90	0,35	264,45	1,18
Insular Pacifico Sur	212,31	1,19	187,35	0,84
Rio Grande de Térraba	10.565,56	59,00	12.520,19	56,01
Total	17.907,78	100	22.353,57	100

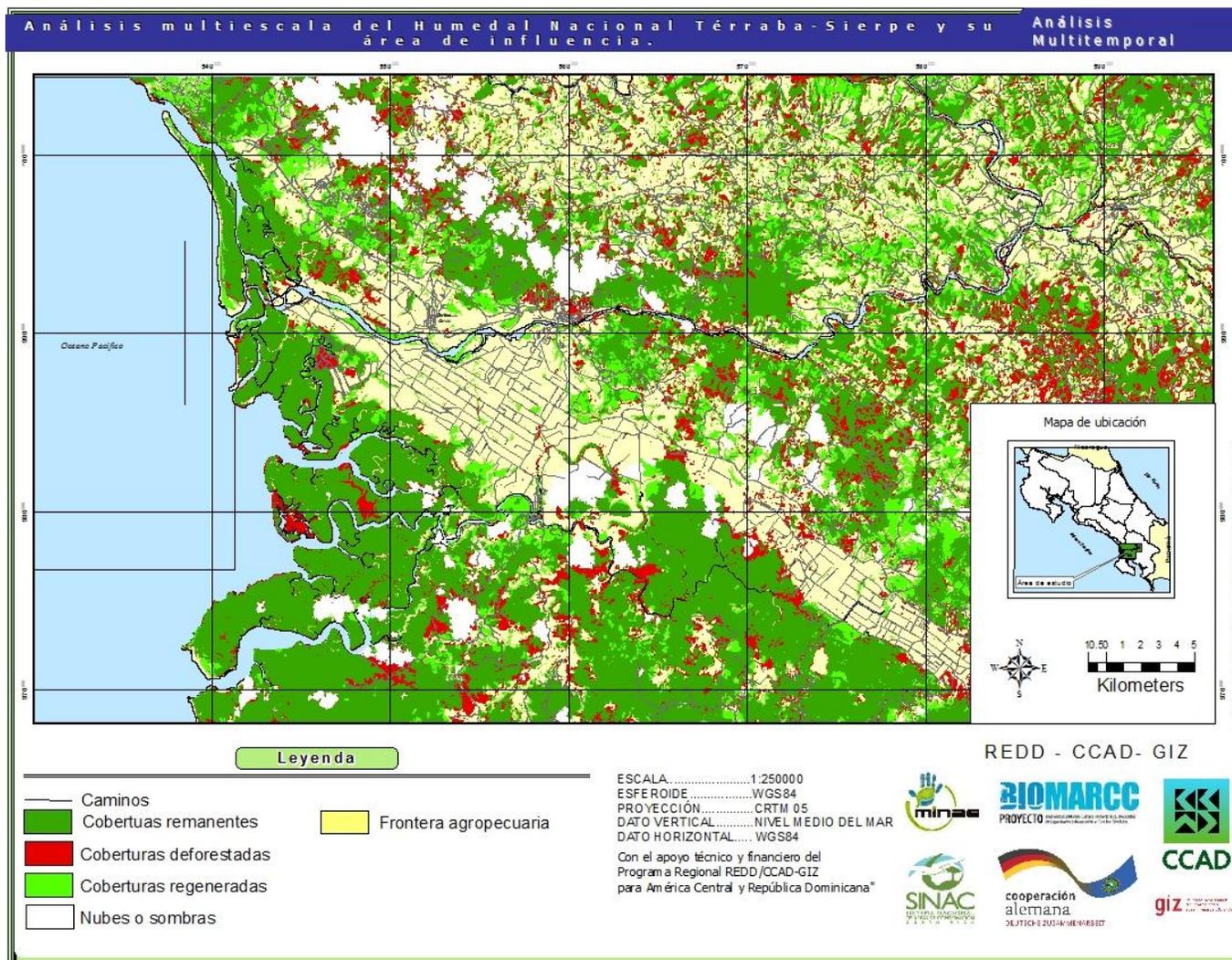


Figura 16. Cambio multitemporal de coberturas boscosas para el periodo 1.992 – 2.012

6.5. Ponderación de bosques para el año 2.012.

Posteriormente se contruyó un mapa de ponderación con los mismos indicadores para el año 2.012 (Figura 17), y con mapa ponderado se construyo un mapa de zonificación para implementar medidas de acción en la recuperación de coberturas naturales (Figura 18).

La ponderación de zonas de riesgo para el año 2.012 se realizó considerando los siguientes supuestos:

- Que al menos uno de los criterios de riesgo fueran altos en cualquiera de los índices empleados.
- Que la sumatoria de dichos índices dieran un valor de 3 o más positivos a riesgo alto.
- Que fueran coberturas existentes en el 2.012.

La zonificación se realizó considerando los siguientes supuestos:

- Que mantengan una línea base histórica de bosques (año base 1.992)
- Que permitieran definir bien la región de referencia con base a la tasa de deforestación estimada.
- Que existiera concordancia con las cuencas hidrográficas
- La distribución de caminos y otras vías de acceso permitieran el acceso a dichos parches o bien fueran límites de las zonas.
- Que existiera proporcionalidad entre el área de la zona y el área de parches de bosque en riesgo y deforestados.
- Que se de énfasis a recuperar las coberturas boscosas taladas (a recuperar según línea base 1.992) y de proteger las coberturas boscosas en riesgo (con base al modelo de riesgo 2.012) como prioridad.

Tabla 15. Extensión de áreas a trabajar en proyectos REDD por zonas y por tipo de condición.

Zona	Condición	Área (ha)	Total (ha)
2	Bosques a recuperar	1008.83	1388.01
	Bosques en riesgo	379.18	
3	Bosques a recuperar	4063.99	5017.06
	Bosques en riesgo	953.07	
4	Bosques a recuperar	1482.49	1643.66
	Bosques en riesgo	161.18	
5	Bosques a recuperar	892.65	1381.35
	Bosques en riesgo	488.69	

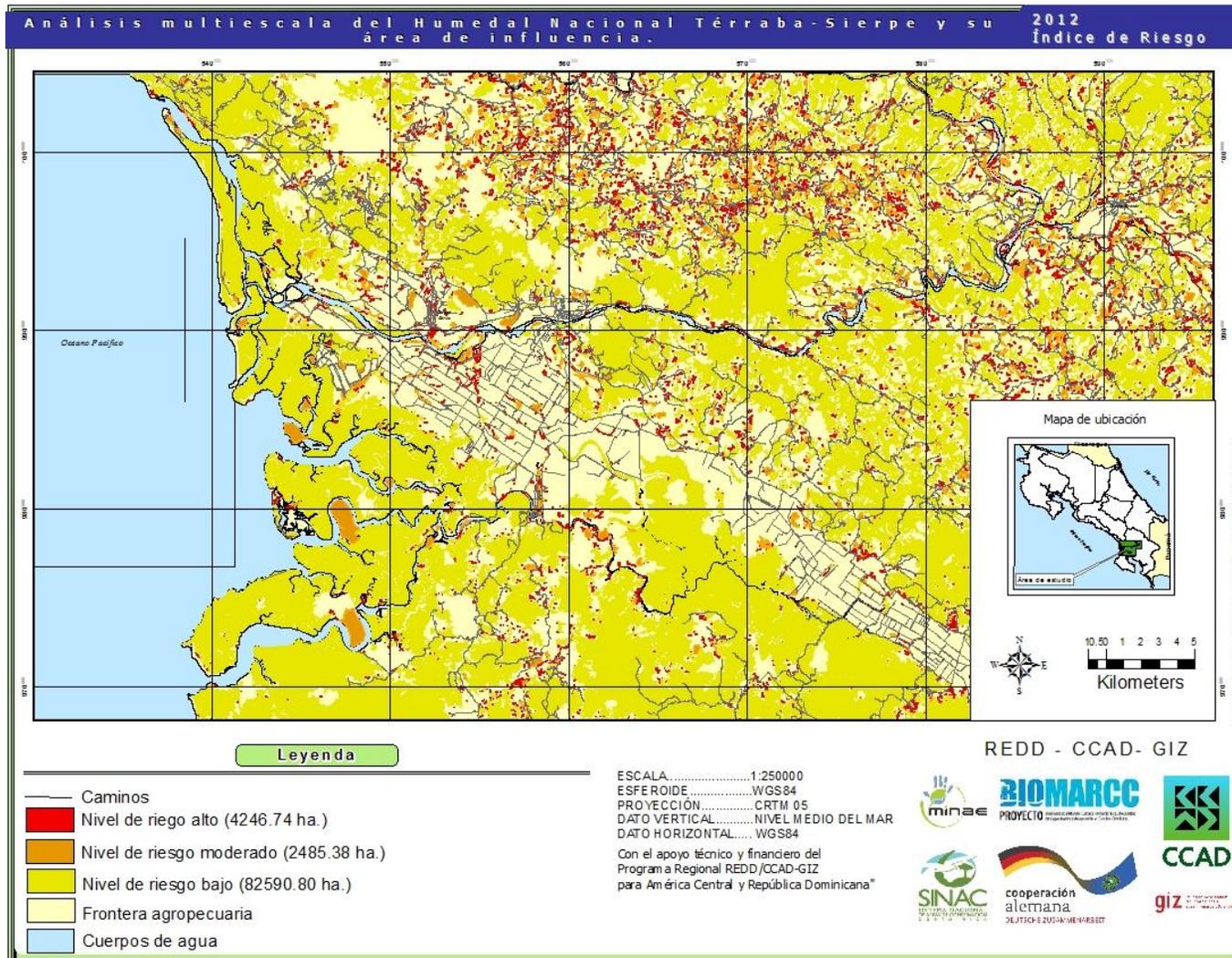


Figura 17. Índice compuesto de riesgos para el año 2.012

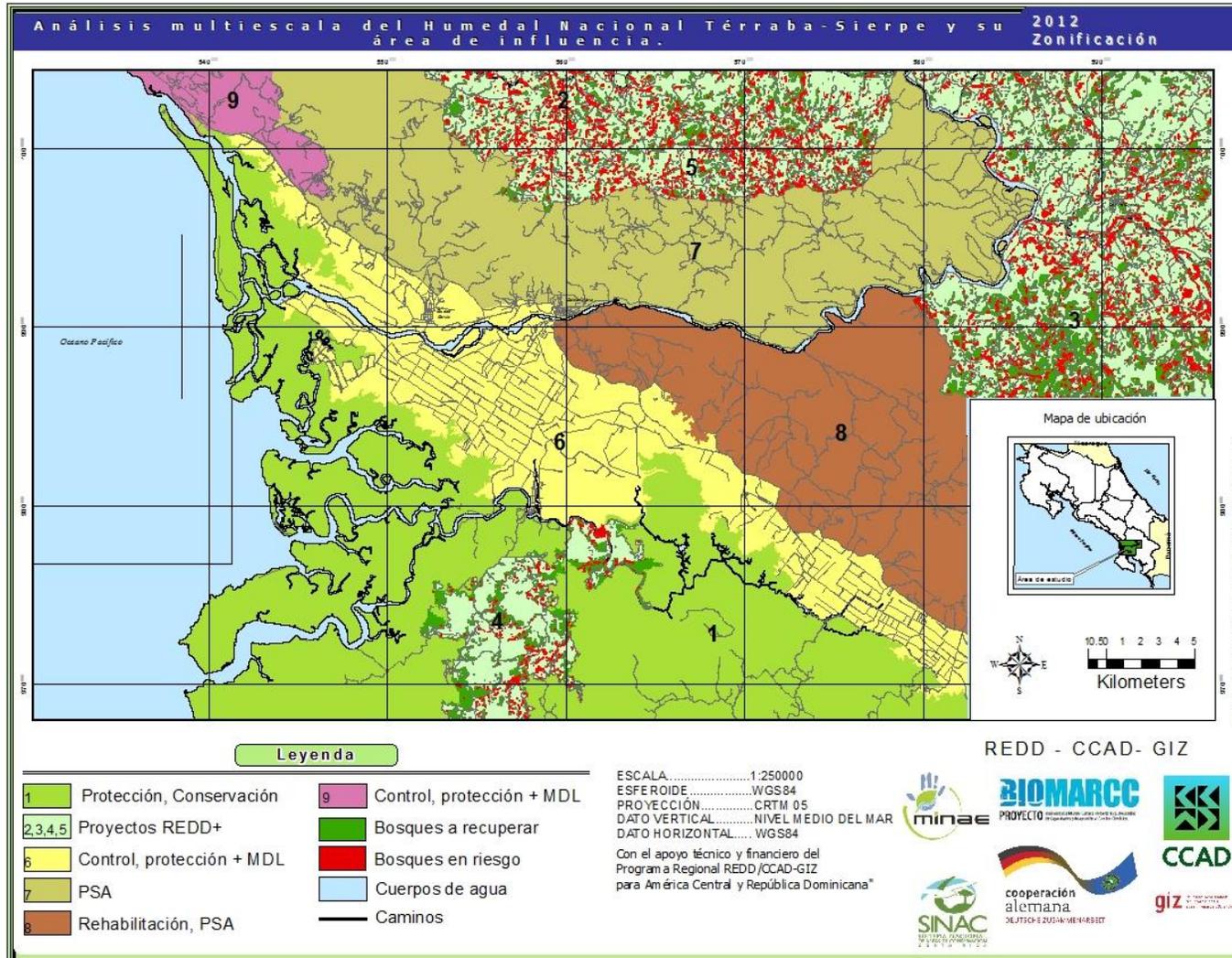


Figura 18. Mapa de zonificación para implementar acciones a corto, mediano y largo plazo.

Tabla 16. Caracterización de las zonas definidas para la ejecución de proyectos REDD (Figura 18).

Zona	Nombre	Características	Importancia	Área Total (ha)	Área REDD (ha)
1	Zona de protección especial Osa	Incluye la Reserva Forestal Golfo Dulce y el HNTS . Esta zona debe ser evaluada periódica y minuciosamente.	Es de vital importancia mantener su conectividad así como las funciones eco sistémicas.	46.283,91	0,00
2	Zona de influencia Proyecto Diquís	Área de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Diquís. La creación del embalse en la cota 320 msnm mejorará las condiciones hídricas así como el riego de la zona, facilitando la regeneración y rehabilitación de ecosistemas boscosos.	Muy importante el conservar los suelos de esta zona, ya que son altamente erosionables y acarreados al HNTS, provocando sedimentación, cambios en el medio acuático.	7.984,38	1.388,01
3	Proyecto REDD	Áreas piloto para implementación de proyectos REDD .	Conservación de suelo y recarga hídrica.	24.678,57	5.017,06
4	Proyecto REDD + MDL	Áreas piloto para implementación de proyectos REDD+ y MDL	Conectividad biológica	6.667,26	1.643,66
5	Zona de transición Proyecto Diquís	Área de transición al proyecto hidroeléctrico Diquís.		8.376,04	1.381,35
6	Zona de desarrollo agropecuario Costero Pacífico Sur.	Área de cultivos permanentes, temporales, pastos y acuacultura.	Implementación de mecanismos de MDL. Control de frontera agropecuaria, recuperación de humedales.	23.928,71	0,00
7	Zona de Manejo especial R. Grande de Térraba	Zona de manejo especial.	Conservación de suelos y rehabilitación de ecosistemas. Recarga hídrica.	33.158,49	0,00
8	Zona de Manejo especial Costero Pacífico Sur - Península de Osa - Grande de Térraba	Zona de manejo especial.	Conservación de suelos y rehabilitación de ecosistemas. Recarga hídrica.	21.074,28	0,00
9	Zona de Manejo especial Costeña	Zona de control de actividades inmobiliarias, turísticas y afines.	Conservación de suelos, Recarga hídrica.	2.992,19	0,00

7. Conclusiones

7.1. Considerando aspectos biogeográficos, climáticos, topográficos, edáficos y geomorfológicos la mejor opción para definir un plan de manejo o de ordenamiento territorial para la administración de las coberturas naturales es la de utilizar la cuenca hidrográfica como opción. Esta está condicionada a proveer un determinado volumen de agua por ciclo, este salvo eventos extraordinarios se espera que sea en un enfoque escalar, constante en cada una de sus variables, tales como la infiltración, escorrentía, precipitación, ETP o bien la intercepción del agua por aspectos de la cobertura vegetal, la pendiente o la textura del suelo.

7.2. La deforestación en el periodo comprendido entre 1992 y el año 2012 es de aproximadamente **17.907,78** hectáreas, de las cuales más del **50%** se presentó en la cuenca del Río Grande de Térraba, seguidamente por la cuenca Costero Pacífico Sur-Península de Osa. Esto considerando solamente las áreas sin intercepción de nubes.

7.3. La deforestación predominante es la de tipo “Mosaico” y se da en las zonas en donde la matriz antrópica es la pecuaria, con coberturas de pastos de diversos tipos, y se dieron mayormente en la cuenca del Río Grande de Térraba.

7.4. Para las zonas donde la matriz antrópica es agrícola, el tipo de deforestación es del tipo “frontera” y esta se presentó en la cuenca Costero Pacífico Sur-Península de Osa.

7.5. Se dio un proceso de regeneración de bosque del orden de las **22.353,57** hectáreas, de las cuales el 56% se dio en la Cuenca del Río Grande de Térraba y el 31% en la Cuenca Costero Pacífico Sur-Península de Osa.

7.6. Se debe vincular los esfuerzos conjuntamente con el departamento encargado de cuencas hidrográficas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (**MAG**) a fin de definir estrategias conjuntas que permitan regular el uso del suelo en actividades agropecuarias dentro de las cuencas en el área de estudio.

7.7. En el caso de la Cuenca del Río Grande de Térraba es la que presenta la menor relación entre la extensión total y la presencia de áreas protegidas. Además de ello la administración de las zonas deforestadas en el periodo de tiempo analizado recae sobre el Área de Conservación La Amistad Pacífico, quien tiene sus oficinas más cercanas en Buenos Aires. Esto hace pensar que hace falta mayor

presencia institucional y mejorar los programas de control y otorgamiento de permisos de aprovechamiento forestal.

7.8. Aunado al tema de la administración, la existencia de territorios indígenas, con cierto nivel de autonomía y aislamiento geográfico en la cuenca del Río Grande de Térraba, hacen aún más difícil el control de actividades no autorizadas de cambio de uso del suelo en dicha cuenca.

7.9. Para poder implementar cualquier directriz de manejo en el área de estudio, es necesario incluir en sus procedimientos la participación de organizaciones de base para lograr encausar este proceso, lo que implica el identificar todos los actores sociales o “Stakeholders²⁹” inmersos en las cuencas hidrográficas.

7.10. La identificación de los stakeholders, es un componente vital en el concepto de manejo (en cualquiera de sus modalidades) ya que de ellos depende el éxito de un proyecto mancomunado de manejo integral de cuencas hidrográficas. Estos usuarios, los cuales además de ser los poseedores de la tierra en la cuenca, son los mayores elementos de cambio (positivo o negativo) así como los beneficiarios finales del recurso agua. Por tanto el empoderamiento por parte de ellos del proyecto o programa es fundamental para asegurar su éxito. Estos stakeholders pueden ser:

- Actores locales, incluyendo las comunidades, organizaciones, grupos e individuos quienes viven y trabajan en el entorno del proyecto, aquellos que poseen conocimiento, capacidades y aspiraciones que son relevantes para su manejo, y aquellos que reconocen en el área una única cultura, religión o valores recreacionales.
- Usuarios de recursos naturales, incluyendo actores locales y no locales, directos e indirectos, organizados y no organizados, actuales y potenciales usuarios, tales como usuarios para subsistencia o para fines comerciales.
- Autoridades nacionales y agencias, con mandato explícito sobre el territorio o sobre sectores de recursos.

²⁹ “Las personas, instituciones o entornos físicos que pueden impactar o ser impactadas por las actividades del proyecto, son denominados “Stakeholders”.

-
- Autoridades administrativas regionales dirigiendo o coordinando los recursos naturales, como parte de sus funciones de gobernanza y mandato de desarrollo.
 - ONG e instituciones de recursos, quienes seleccionan territorios relevantes y recursos de su competencia.
 - Empresa privada e industria local, nacional o internacional quienes podría beneficiar significativamente a los recursos naturales de áreas específicas.
 - Actores no locales nacionales e internacionales, indirectamente afectados por prácticas locales de manejo ambiental.

7.11. El nivel de deterioro en las coberturas naturales o boscosas es notorio, más aún en las áreas comprendidas en la cuenca del Río Grande de Térraba. Su estado de conservación así como la presión por parte de la matriz de entorno (actividades ganaderas, proliferación de piñeras, aperturas de caminos, vulnerabilidad a incendios forestales y otras más) las hacen sumamente frágiles.

7.12. Aún cuando no son bosques extensos en comparación a los ubicados en las cuencas de Golfo Dulce o Costero Pacífico Sur - Península de Osa, ni tan biodiversas como las coberturas de Insular Pacífico Sur tienen un importante papel en la recarga hídrica regional, así como en la interconexión con otros parches de bosque.

7.13. Según la zonificación realizada (Figura 18), las zonas 3,4 y 7 son las que presentan la mayor prioridad de acciones a tomar, tanto por su importancia en la recarga hídrica, como por la importancia ecológica regional en la conectividad eco sistémica.

7.14. Las zonas 2 y 5 deberían ser dejadas a responsabilidad del ICE Proyecto Diquís en cuanto a la rehabilitación, reforestación y la conformación de comisiones locales para apoyar iniciativas locales de rehabilitación de ecosistemas forestales nativos.

7.15. La zona 1 debe quedar en entera responsabilidad de ACOSA para las acciones de protección, conservación y educación, así como para el desarrollo de mecanismos participativos de vigilancia.

7.16. La zona 6 debe manejarse con especial atención, al ser estas tierras de vocación agrícola y de uso igualmente agrícola, el cambio de uso de tierras históricamente agrícolas (anterior a la Ley Forestal N° 7575). En esta zona se deben ejecutar programas especiales conjuntamente con los empresarios agrícolas para implementar MDL así como programas de reconversión con paquetes tecnológicos más recientes y menos dañinos al entorno.

7.17. Cabe recalcar que aún cuando son tierras agrícolas, de vocación y uso, “solo aquellas que tienen dicha condición anterior a la Ley Forestal N° 7575 y posterior a la Ley de Aguas N° 276 de 1.942, según su Artículo 150, podrán hacer uso de los retiros de 5 metros a ambas márgenes de ríos y quebradas, de lo contrario todas aquellas que tuvieron un cambio de uso de forestal a agrícola en el periodo posterior a 1.996 deberán respetar los retiros dados por la Ley Forestal N° 7575. Esta acción favorecería la conectividad de coberturas boscosas en la región.

7.18. Dentro de las potestades de los gobiernos locales esta la administración conjunta del patrimonio natural del estado y el velar por el cumplimiento de las leyes que procuran su mantenimiento. Con la incorporación de la figura de “gestores ambientales” en los cantones es posible la coordinación y ejecución de labores conjuntas para el resguardo de los bosques en las cuencas hidrográficas, procurando la mejor planificación del territorio. La definición del Sistema de Áreas de Conservación de Costa Rica no obedece necesariamente a límites político-administrativos o a cuencas hidrográficas, por lo que la coordinación con gobiernos locales o comisiones de cuencas hidrográficas es difícil y a veces entorpece las estrategias definidas para una región.

7.19. Se hace importante el hecho de la coordinación con gobiernos locales, especialmente con los departamentos de ingeniería, zona marítimo terrestre, vías y ambiente, así como con los mismos concejos municipales pues el proceso de otorgamiento de permisos para la apertura de caminos, cambios de uso del suelo y obras, son tutelados y autorizados por estos órganos municipales, y la omisión de hecho en el cumplimiento de la normatividad legal ambiental recae también en ellos.

8. Recomendaciones

- Es de crucial importancia la protección de las cabeceras de las cuencas así como recuperar y mantener la cobertura forestal y las conexiones boscosas entre los humedales costeros y los bosques de zonas altas, evitando modificaciones en el bosque que aumenten la escorrentía, la sedimentación, la fragmentación y la pérdida de biodiversidad.
- Como dichas zonas no se incorporarán al **HNTS**, se recomienda hacer los estudios y procedimiento pertinentes para analizar la creación de una zona con estatus de manejo especial en la Fila Costeña (flanco costero), que inicie en los límites establecidos en el Plan de Manejo del Parque Nacional Marino Ballena y llegando hasta Palmar Norte.
- Establecer a la brevedad posible los comités pro cuencas hidrográficas con el fin de implementar un programa de comanejo en la región, dando participación efectiva a los stakeholders en la planificación y toma de decisiones.
- Recuperar aquellas zonas de importancia para la conservación de servicios ambientales.
- Dar lineamientos para crear una zonificación agro productiva en cada cuenca hidrográfica, que permitan definir alternativas para mantener la equidad entre la producción, el desarrollo comunitario y la conservación del medio.
- Diseñar un programa que certifique proyectos de forestación, reforestación, restauración forestal, agroforestería y reducción de emisiones por deforestación evitada. Todas las actividades deben limitarse al uso de especies nativas y promover la restauración y protección de ecosistemas naturales en zonas de importancia ecológica e hídrica.
- Elaborar un perfil tipológico de proyectos forestales de captura de carbono con base a perfiles agroecológicos de las principales especies forestales de la región, considerando especialmente las especies nativas y de alto valor ecológico.

- Realizar un estudio de demanda hídrica potencial, con el fin de determinar las regiones o zonas de recarga acuífera³⁰ prioritarias a reforestar para asegurar el flujo de agua al **HNTS** y para el consumo humano, especialmente en la cuenca del Río Grande de Térraba.
- Definir áreas de monitoreo permanente de bosques, en donde se evalúen los aspectos dasométricos necesarios para estimar el estado, estructura y composición del bosque en diferentes estadios sucesionales, así como para estimar los IMA y biomasa para estudios de carbono posteriores. La descripción de los procesos sucesionales y la estimación de las tasas de crecimiento y recuperación de la cobertura en sitios abandonados son estudios que pueden abarcar prolongados períodos de medición, muchos se han basado en observaciones a lo largo de un período prolongado de tiempo, los cuales permiten hacer una descripción directa de la sucesión. A pesar de que este método permite obtener con una mayor exactitud las tasas de recuperación en los diferentes estadios sucesionales, tiende a ser lento, de alto costo por lo que se sugiere un diseño estadístico con base a los datos generados en esta investigación.
- Realizar inventarios de línea base tanto en el **HNTS** como en las diferentes zonas definidas en la figura 18 con el fin de determinar el nivel de asociación de flora y fauna, determinar los parámetros de relación entre estos y crear una línea base para estudios posteriores.
- Crear a la brevedad un programa especial o fideicomiso para apoyar a las iniciativas relativas al pago de Servicios³¹ ambientales en comunidades dentro del área de estudio (establecimiento de viveros y programas de reforestación locales).
- Para este caso, la implementación de una estrategia de desarrollo por cuenca hidrográfica se puede considerar la opción más apropiada para atenuar graves problemas administrativos y de gestión que afectan a los diferentes sectores sociales dentro del área de estudio. En ella se trata de promover, en forma participativa, el proceso de desarrollo local caracterizado principalmente por la

³⁰ Superficies en las cuales ocurre la infiltración que alimenta los acuíferos y cauces de los ríos, según delimitación establecida por el Ministerio del Ambiente y Energía por su propia iniciativa o a instancia de organizaciones interesadas, previa consulta con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento u otra entidad técnicamente competente en materia de aguas. (Así adicionado este inciso por el artículo 114, de la Ley No.7788 del 30 de abril 1.998.

³¹ Los que brindan el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente. Son los siguientes: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de la biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

internalización de la administración de las cuencas hidrográficas, mediante la organización y gestión comunitaria.

- Conformar una comisión especial por parte del **MINAE, MAG y MIDEPLAN**, que integre representantes de las dependencias tales Humedales, Corredores Biológicos, Áreas Protegidas, Cuencas Hidrográficas, **FONAFIFO**; las cuales trabajen en un plan de manejo por cuenca hidrográfica con la visión de asegurar el mantenimiento del sistema hídrico que alimenta el **HNTS**.
- Asegurar el seguimiento e inversión de programas de desarrollo local, considerando como eje medular el desarrollo de capacidades organizacionales, económicas y laborales de las comunidades insertas en la cuenca del Río Grande de Térraba.

9. Bibliografía consultada

ACOSA, et. al. 2.008. Documento para oficialización del plan de manejo del Humedal Nacional Terraba Sierpe. 129 p.

Angelstam, P. 1.986. Predation on ground nesting birds, nest in relation to predator densities and habitat edge. *Oikos* 47: 365-373.

Bennet, A. F. 1.990. Habitat Corridor. The role in wildlife management and conservation Victoria, Australia: Depto. of Conservation & Environment.

Belovsky, G. E. 1.987. Extinction models and mammalian persistence. In : M. E. Soulé (de). Viable population for conservation. Pp: 35-57. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Blondel, J. 1.991. Birds in biological isolates. Pp. 45-72. In: Bird population studies (C.M. Perrins, J. D. Lebreton y G.M. Hiron, eds.) Oxford Ornithology Series, Oxford Univ. Press, Oxford, UK.

Bostrom, U. y S.G. Nilsson. 1.983. Latitudinal gradients and local variations in species richness and structure of bird communities on raised peat-bogs in Sweden. *Ornis Scandinavica* 14: 213-226.

Brown, M. y J.J Dinsmore, 1.988 Implications of march size and isolation for march bird management, *Journal of Wildlife Management* 50: 392-397.

Boerboom, J.H.A. 1.974: Succession studies in the humid tropical lowlands of Surinam. *Proceeding of the first International Congress of Ecology, the Hague*: 343-347.

Budowski, G. 1.961: Studies on forest succession in Costa Rica and Panama. Ph.D. Dissertation, Yale University, New Haven, CT.

Caine,S.A; de O. Castro,G.M.; Pires, J.M; and da Silva, N.T 1.956. Application of some phytosociological techniques to Brazilian rain forest. *Amer. Jour. Bot.* 43

Chaves, H; Fallas, J. 1.996. Parámetros dasométricos para la evaluación de hábitats. *Universidad Nacional*. 56 P.

Clark, P.J. y F.C. Evans. 1.984. Distance to nearest neighbour as a measure of Spatial relationships in population. *Ecology* 35:445-53.

Constanza, R; Cornwell, J; Echeverría, J; Solórzano, R; Strand, I. 1.997. UICN-BID. Evaluación Ecológica y Económica de las áreas protegidas. 28 pp.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.006). Planificación Estratégica Programa Direcciones Regionales Región Brunca 2.003-2.006, Costa Rica: MAG

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007a) Plan Estratégico de la cadena productiva de Maíz y Frijol. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007b) Plan Estratégico de la cadena productiva de Carne Bovina. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007c). Plan Estratégico de la cadena productiva de Palma Aceitera. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007d) Plan Estratégico de la cadena productiva de Plátano. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007e) Plan Estratégico de la cadena productiva de Raíces Tropicales. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007f) Plan Estratégico de la cadena productiva de Rambután. Costa Rica, 5 de Octubre 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007g). Proyecto EXPIDER II Costa Rica. San José, C. R.: MAG

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.007h). Documento de Indicadores de la Región Brunca. MAG y PDR, 2.007.

Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2.008). Caracterización del territorio Buenos Aires y Coto Brus. San José, C. R.: MAG

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.006). Diagnóstico Socioeconómico - Región Brunca, 2.006.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.007), Índice de desarrollo social 2.007. San José, Costa Rica.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.003), Plan Regional de Desarrollo 2.003-2.006, Región Brunca.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.009). Costa Rica: estadísticas regionales 2.001-2.008. Área de Análisis del Desarrollo. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. San José, Costa Rica.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.007). Índice de desarrollo social 2.007. San José, C.R.

Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (2.007). Índice de desarrollo social 2.007. San José, Costa Rica.

Costa Rica, Ministerio de Planificación y Política Económica (2.006). Diagnóstico Socioeconómico Región Brunca. Secretaría Región Brunca.

Dahl, T.E. 1.993. Monitoring wetlands changes- the US Wetlands Status and Trends Study, In M. Moser, R.C. Prentice and J. Van Vessum (eds) Waterfowl and Wetlands Conservation in the 1.990s A Global Perspective. The International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. IWRB Special Publication, No 26. pp 170-174.

Davidson.I and M. Guthier. 1.983 Wetlands Conservation in Central America Report No 93-3- North American Wetlands Conservation Council (Canada). Ottawa. 87 pp.

Díaz, A. (2.003). Instrumentos para la planificación integral del uso de la tierra con sistemas de información geográfica – un caso de estudio en Argentina. Obtenido en: <http://edoc.huberlin.de/dissertationen/diaz-lacava-amalia-nahir-2.003-07-16/HTML/N1754D.html>

Finol, Urdaneta, H. 1.971. Nuevos parámetros a considerar en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales, Rev. For. Venezolana. XIV (21):29_42.

Finegan, B. 1.992: El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Serie Técnica. Informe técnico N° 188, Publicación No.5. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Forman, R.T.T.. 1.986. Land mosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge. University Press. Cambridge.

_____ 1.995 Some general principles of landscape and regional ecology, Landscape Ecology vol. 10, N° 3 pp 133-142.

_____ y Collinge S, K, 1.996. The spatial solution to conserving biodiversity and landscape regions, In : Conservation of Faunal Diversity in Forested Landscape, Edited by RM DeGraaf and RI Miller, Chapman and Hall, London.

_____ y Godron M, 1.986. Landscape Ecology. John Wiley, New York.

Freemark, J.P. y H.G. Merriam., 1.986. Importance of area and habitat heterogeneity to bird assemblages in temperate forest fragments. Biological Conservation 36: 115-141.

Fonseca y Vásquez (1.999) para Bosques Secundarios Secos en el Pacífico Seco de Costa Rica y otros estudios de crecimiento de bosques naturales en Costa Rica (Estación Biológica La Selva, CATIE).

Fonseca, W; Alice, Federico, Rey-Benayas J.M. Carbon accumulation in aboveground and belowground biomass and soil of different age native forest plantations in the humid tropical lowlands of Costa Rica. *New Forests International Journal on the Biology, Biotechnology, and Management of Afforestation and Reforestation*. New Forests DOI 10.1007/s11056-011-9273-9

Frazier, S. 1.986. Visión general de los sitios Ramsar en el mundo. *Wetlands International Publ.* 39, 58 pp.

Game, M. 1.980. Best shape for nature reserves. *Nature* 287: 630-632.

Gibbs, J.P. Longcore, D.G. McAuley y J.K. Ringelman. 1.991, Use of wetlands habitats by selected nongame water in Maine, *USFWS Fish and Wildlife Research* 9, Washington DC. 57.pp.

GIZ –CCAD – REDD, 2.012. Sistematización de Estándares Internacionales para el Desarrollo de Proyectos de Carbono Forestal En Centro América y República Dominicana

_____, y J. Faaborg. 1.990. Estimating the viability of ovenbird and Kentucky warbler population in forest fragments. *Conservation Biology* 4: 193-196.

Golet, F.C. y J.S. Larson. 1.974. Classification of freshwater wetlands in the glaciated northeast. *USFWS Resource Publication* 116, Washington DC 56 pp.

_____, P.V. August, J.J. Barrette y C.P. Backer. 1.994. GIS-based assessment of Freshwater Wetlands Wildlife habitats in the Pawcatuck River Watershed of Rhode Island. Final Report, Rhode Island Department of Environmental Management, Division of Freshwater Wetlands. 62 pp.

Hanski Y, y M. Gilpin. 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of Linnean Society*, 42: 17-38.

Harris, L.D. 1.988. The nature of cumulative impacts on biotic diversity of wetlands vertebrates. *Environ. Manage.* 12(5): 675-93.

_____. 1984. The fragmented Forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago, ILL. Univ. of Chicago Press, USA.

_____, Y k. Atkins . 1991. Faunal movement corridor in Florida In: WE Hudson

- (de). Landscape linkage and biodiversity. Pp. 27-39. Island Press, Washington DC. USA.
- Hasting, H.M. y G. Sugihara. 1.995. Fractal a user`s guide for the natural sciences. Oxford Sciences Publications, 235 pp.
- Heltzer, C. y D. Jelinski (1.999), The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds, Ecological Applications 9: 1448-1458.
- Patton, D, (1.975). A diversity index for quantifying habitat edge. Wildlife Society Bulletin 394: 171-173.
- Henao, S. (1.988). Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad de Santo Tomas, Centro de Enseñanza Desescolarizada, Ediciones Usta, Bogotá, Colombia. 398 p.
- Hunter, JR. 1.994. Is Costa Rica truly conservation-minded. Conservation Biology 8: 582-595 pp.
- Jara, E, 1997, Desarrollo Sostenible local, Experiencia en Pernambuco, Brasil, San José, Costa Rica, IICA – GTZ, A1/SC97-08, 167 pp.
- Janzen, D, 1.986, Guanacaste National Park, Ecological and Cultural restoration, Editorial Estatal a Distancia, San Jose; Costa Rica.
- Krummel, J., R. Gardner, G. Sugihara, R. O'Neill y P. Coleman (1.987). Landscape patterns in a disturbed environment. Oikos48: 321-324.
- Ley Forestal Nº 7575. 1.996. República de Costa Rica, Diario oficial la Gaceta.
- Laurence, W. y E. Yensen (1.991). Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. Biological Conservation 55: 77-92.
- Loetch et al, 1.972, Principios para la evaluación forestal, 50 p. En "Antología del Curso Silvicultura de Bosques Tropicales", EDECA_UNA. 1.994.
- López; A, 2.012. Estándares Internacionales para Proyectos de Carbono. Programa REDD CCAD GIZ, Tegucigalpa, Honduras. ppt
- Mata J. A, Diccionario didáctico de ecología: Editorial Universidad de Costa Rica, 1.990.
- Maurer, B. A. y S. G. Heywood. 1.993, Geographic range fragmentation and abundance in neotropical migratory birds, Conserv, Biol, 7: 501-509.

- Mc Arthur, R.H, & E.O, Wilson, 1.967. The theory of island biogeography. Monographs in population biology No 1 Princeton Univ. Press. NJ.203 p.
- McCoy, E.D. y H.R. Mushinsky, 1.994. Effects of fragmentation on the richness of vertebrate in the Florida scrub habitat. Ecology 75: 446-457.
- Magurran, A.E. 1.988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. N.J. USA.
- May, R.M. 1.986. The research for patterns in the balance of nature: advances and retreats Ecology. 67: 1115-1126.
- Meffe, G.K. y C.R. Carroll. 1.994. The design of conservation reserve. Pp 265-304. In: Meffe G. & Carroll, C.G. (eds). Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. M.A., USA.
- Merriam, G. 1.988. Landscape dynamics in farmland. Trends Ecol. Evol. 3: 16-20.
- Morera, A. 1998. Estructura y composición florística de los bosques secundarios del piso montano alto en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Magisterarbeit Forstwissenschaft. Fachbereich. Universität Göttingen. 75 p.
- Noss, R. F. 1994 Creating Regional Reserve Networks. Pp: 289-290. In: Meffe, G. & Carroll II, C.G. (eds). 1994. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. M.A. USA.
- Opdam, P.R. Van Apeldoorn, A. Schotman y J. Kalkhoven. 1993. Population response to landscape fragmentation. Pp 147-171. In: Claire C. Vos y P. Opdam (eds) Landscape Ecology of Stressed Environment. Chapman and Hall. London.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), 2.006. "Guidelines for National Greenhouse Inventories for Agriculture, Forestry and Other Land Use." Volume 4. Hayama, Japan.
- Patton, D.R. 1.975. A diversity index for quantify habitat edge`. Wildlife Society Bulletin, Vol. 3 (4). Pages: 171-173.
- Pincheira-Ulbrich, Jr; J, Rau, F. Peña-Cortés. Patch size and shape and their relationship with tree and shrub species richness. hyton (B. Aires) vol.78 no.2 Vicente López jul./dic 2.009.
- Pearson, S. 1.993. The spatial extent and relative influence of landscape-level factors on wintering bird population. Landscape Ecology. 8: 3-18.

Pickett, S.T. & Thompson, J. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biol. Conserv.* 13: 27-37.

Plaza, O; Sepúlveda, S. 1993. Desarrollo micro regional – Una estrategia hacia la equidad. IICA. San José, Costa Rica.

Powell, G.V.N. 1987, Habitat use by wading birds in a subtropical estuary: implications of hidrography, *Auk* 104: 740-749,

PRIAS, 2.012, Clasificación de sistemas marino costeros de la costa pacífica de Costa Rica.

Rau, J. y A. Gantz (2001). Fragmentación del bosque nativo del sur de Chile: efectos del área y la forma sobre la biodiversidad de aves. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 72: 109-119.

Ripple, W.J. 1991. Measuring forest landscape patterns in the cascade range of Oregon, USA. *Biological Conservation* 57: 73-88.

Santos, T. y J.L. TALLERIA., 1992. Edge Effects on nest predation in Mediterranean Fragmented Fores *Biological Conservation* 60: 1-5.

Seifert-Granzin, J., 2011. Building Forest Carbon Projects. REDD Guidance: Technical Project Design. In *Building Forest Carbon Projects*, Johannes Ebeling and Jacob Olander (eds.) Washington, DC: Forest Trends, 2011.

Simberloff, D. 1986. Are we on the verge of a mass extinction in tropical rain forest? In *Dynamics of Extinction*, de. D.K. Eliot, 1165-80 N.Y. John Wiley & Sons.

Spittler, P. (2.002 a). Alternativas de manejo de los bosques secundarios secos de la Región Chorotega y su análisis financiero. Pp 217-231. In *Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: Investigaciones y resultados en Mesoamérica*. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. ISBN 9968-9996-1-X.

Spittler, P. (2.002 b). Dinámica de los bosques secundarios secos en la Región Chorotega, Costa Rica. Pp 163-174, In *Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: Investigaciones y resultados en Mesoamérica*. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. ISBN 9968-9996-1-X, Wyatt-Smith, J, 1.955. Changes in composition in early natural plant succession. *Mal. Forester* 18:44-49

Sokal, R. R. & F.K. Rohlf. 1981. *Biometry* 2end edition W.H. Freeman and Co. N.Y. 859p.

Sousa, WP. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst*, 15: 353-391.

Terborgh, J y B. Winter. 1.980. Some causes of extinction: In M.E. Soole and B.A. Wilcox (eds), *Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective*, pp 119-134. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

UICN-ORMA-MINAE. 1996. Mapa de humedales de Costa Rica (formato digital). Programa de Humedales UICN-ORMA, Costa Rica.

Vogelmann, JE 1.995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information system technology. Evaluación de la fragmentación de los bosques en el sur de Nueva Inglaterra mediante teledetección y sistemas de información geográfica tecnología. *Conservation Biology* 9:439-449. *Conservation Biology* 9:439-449.

Vos, C. y P. Opmam. 1.993. *Landscape ecology a stressed environment*. Chapman and Hall, London, UK.

Wilcox, B.A. & Murphy, D.D. 1.985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *Am. Nat.* 125: 879-887.

Williamson, M.H. y J.H. Lawton. 1.991. Fractal geometry of ecological habitats. Pp. 69-86. In. Bells S.S., E.D. McCoy y H.R. Mushinsky (eds), *Habitat Structure. The physical arrangement of objects in space*. Chapman and Hall. 438. pp.

Wilson, EO edic. 1.988. *Biodiversity*. Washington, DC National Academy Press.

Wiens, J.A. 1.994. Habitat Fragmentation: Island y Landscape Perspective on bird Conservation. *Ibis* 137-S97-S104.

10. Anexos 1. Categorías de uso y cobertura del suelo propuesta, basadas en el proyecto “Clasificación de sistemas marino costeros de la costa pacífica de Costa Rica”

ID	CATEGORIAS	DEFINICIÓN
1	COBERTURAS NATURALES	
	Bosque maduro Especies dominantes	<i>Ficus</i> , <i>Caoba</i> , <i>Ceiba</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Croton sp</i> , <i>Pouroma</i> , <i>Urera</i> , <i>Luehea candida</i> , Guácimo blanco, <i>Spondias purpurea</i> , <i>Spondias mombin</i> , <i>Coroza</i> , <i>Sura</i> , <i>Calycophyllum</i> , <i>Lonchocarpus</i> , <i>Cenízaro</i> , <i>Guapinol</i> , Panamá
11	Bosque maduro	DAP de 50 cm, más de 20m de altura, 3 estratos bien diferenciados. En pendientes fuertes. Ubicado principalmente en la parte norte en la Reserva Peñas Blancas.
12	Bosque maduro intervenido	DAP de 50 cm, más de 20m de alto. Más abierto con un sotobosque más denso. Normalmente en pendientes pronunciadas.
13	Bosques de Cerillo	Bosques inundados dominados por <i>Symphonia globuliphera</i> .
20	BOSQUE SECUNDARIO Especies dominantes	<i>Ficus sp</i> , <i>Albizia americana</i> , <i>Busera simarouba</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Croton sp.</i> , <i>Cecropia</i> , <i>Pouroma</i> , <i>Urera</i> , <i>Luehea candida</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , Guácimo blanco, <i>Miconia argentea</i> , <i>Spondia purpurea</i> , <i>Ochroma pyramidale</i> , <i>Spondia mombin</i> , <i>Coroza</i> , <i>Sura</i> , <i>Calycophyllum sp</i> , <i>Lonchocarpus sp.</i> , <i>Cenízaro</i> , <i>Lagartillo</i> , Panamá
21	Bosque secundario temprano	DAP de 5-15cm. Entre 6-10m de altura.
22	Bosque secundario tardío	DAP 30-50cm. Entre 10-20m de altura.
30	MANGLARES Especies dominantes	<i>Avicennia</i> , <i>Rhizophora</i> , <i>Laguncularia</i> , Palo de Sal
31	Bosque de manglar dominado por Piñuela	Manglares codominados por <i>Pelliciera</i> (mangle piña)
32	Bosque de manglar colorado	Manglares codominados por <i>Rhizophora</i> (mangle gateador o colorado)

33	Bosque de manglar dominado por Mangle caballero	Manglares codominados por mangle caballero.
40	HUMEDAL Especies dominantes	
41	Humedal lacustrino	Es vegetación ubicada a las orillas de las lagunas.
42	Humedal palustrino	Es vegetación herbácea inundable ubicada a las orillas de las lagunas generalmente.
43	Vegetación asociadas a humedales	Es vegetación dominadas por especies como: Negraforra, Heliconias, Viscoyol, Caña Blanca, entre otras.
44	Yolillal	Comunidad de palmas que forman una asociación edafo- topográfica, presentes en zonas con un alto nivel freático o zonas inundadas.
50	CHARRAL/TACOTAL Especies dominantes	Cecropia, Nance, Guayaba, Santa Maria, Guacimo, Spondias Purpurea, Guacimo Macho, Ochroma
51	Charral	Dominado por plantas herbáceas, con arbustos de hasta 3 mts. de alto y latizales de 3 a 8 m de alto. Sotobosque denso, algunos árboles emergentes.
60	PLANTACIONES Especies dominantes	
61	Plantación frutales	Aguacate, guayaba, cítrico, jocote, marañón, manzana de agua, etc.
62	Plantación forestales	Pochote, teca, melina, caoba, cedro, pino, casuarina, eucalipto, Terminalia, etc, etc.
	COBERTURAS ANTRÓPICAS	
70	AGROPECUARIO	
71	AGRICOLA	

72	Cultivos estacionales	Maíz, Yuca, Fríjol, cultivos mixtos (de subsistencia o abasto doméstico),
73	Cultivos permanentes	Caña, Café, banano, Plátano, forrajes (Camerún, Cratylia sp. y Leucaena sp.)
8	PECUARIO.	
80	PASTIZALES Especies dominantes	Palma Real, Coyol, Coroza, Guácimo, Guanacaste, Ficus, Nance, Cortezas, Roble Sabana, Guachipilín, Jícara, Lagartillo, Guayaba, Nance
81	Sabanas	Formaciones naturales de gramíneas.
82	Pastos con alta densidad de árboles	Densidad mayor a 30 árboles/ha.
83	Pastos con baja densidad de árboles	Densidad menor a 30 arboles/ha.
85	Acuicultura	Cuerpos de agua de carácter artificial dedicados a la producción de especies acuáticas.
	INFRAESTRUCTURA	
90	URBANIZACIÓN RURAL	Viviendas, infraestructura para ganado y pollos, edificios, solares
91	Recreativa	Plazas de Fútbol, parques recreativos
92	Comercial	industrial, comercial o de servicios
93	Vial	Carreteras de asfalto, trochas con o sin material de rodamiento.
10	OTRAS	
101	Nubes o sombras	Áreas cubiertas por nubes que hace imposible clasificarlas con la categoría de cobertura que realmente poseen.
102	No identificado	Áreas que por su reducida área o condición particular hacen difícil su clasificación.
103	Suelo expuesto	Área descubierta de vegetación o en algunos casos con escasas gramíneas; se incluyen terrenos agrícolas en preparación, zonas de suelos minerales o altamente erosionados. Se incluyen arenas,

		rocas y asociaciones de estas en áreas costeras y márgenes de ríos.
104	Arena	
10.b	No identificado	Áreas que por su reducida área o condición particular hacen difícil su clasificación.
111	Cuerpos de agua	
111	Ríos y quebradas	Corrientes de agua natural que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Puede ser temporal o permanente.
112	Mar	Cuerpos de agua salada.
113	Lagos o lagunas	Cuerpo de agua; artificiales o naturales, estáticas o dinámicas cuando -están conectadas con un río.
114	Acuicultura	Actividades comerciales las cuales requieren de agua dulce o salada o la combinación de ambas en terrenos de más de una hectárea.

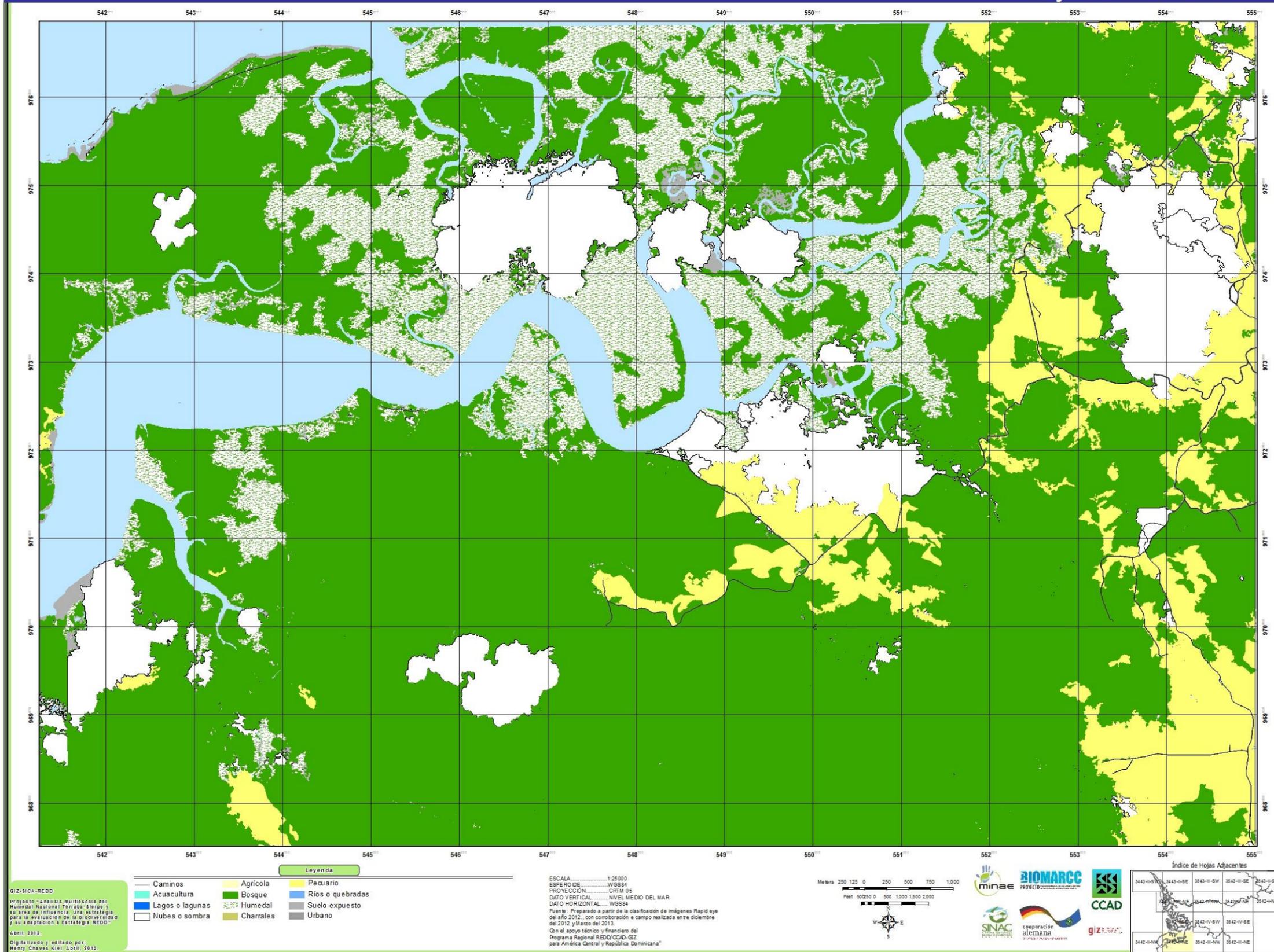
Anexos 2. Sistema de clasificación jerárquico utilizado en el proyecto. Adaptados del proyecto “Clasificación de sistemas marino costeros de la costa pacífica de Costa Rica”.

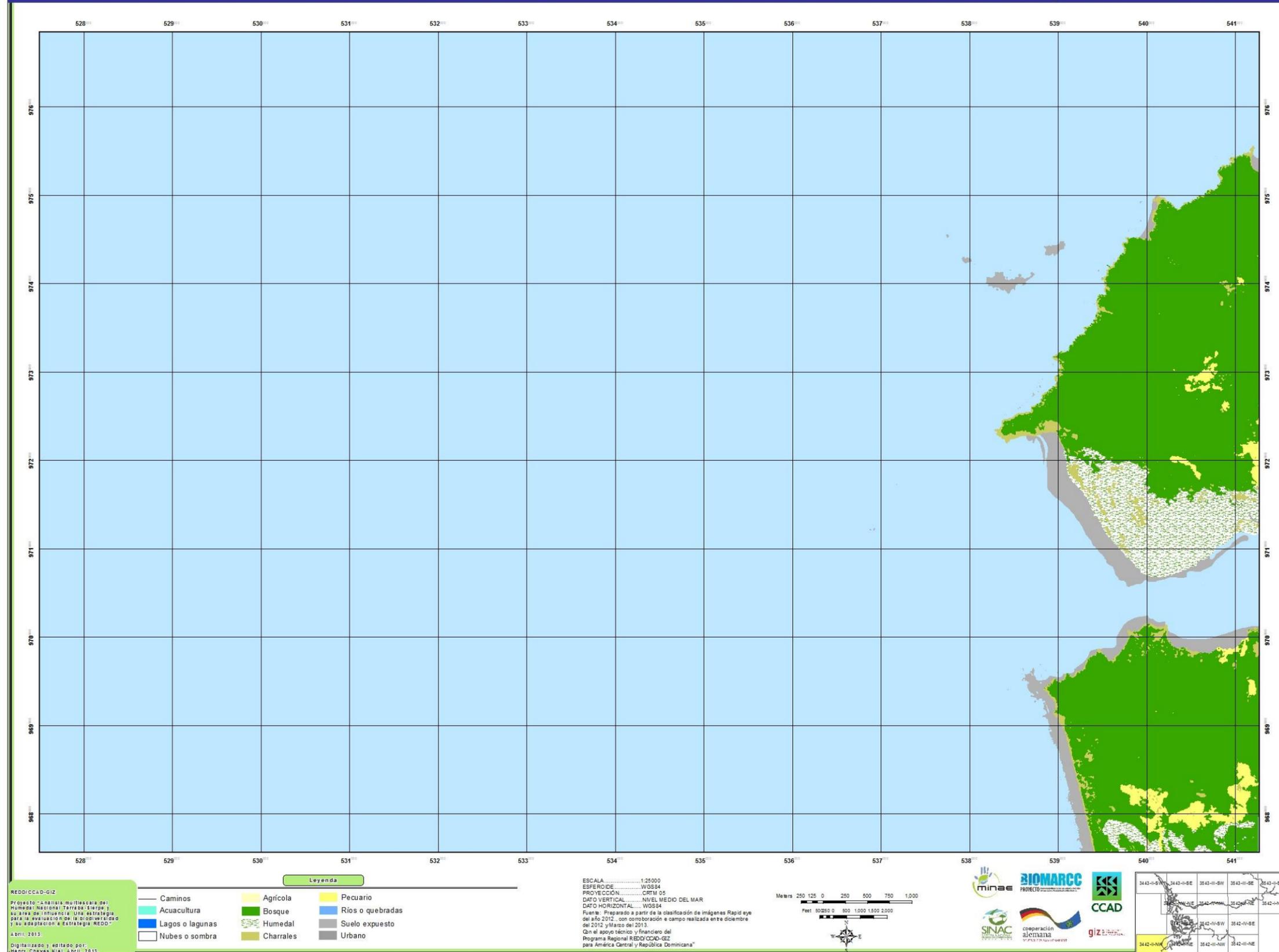
Categoría	Descripción
Acuicultura	Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para la producción de camarones o tilapias.
Arena	Formaciones litorales de arena, parcialmente emergidas, con sedimentos gruesos y finos o partículas producto de la erosión de las rocas y suelo, que van de 0,63 a 2 mm presentes en los márgenes de los ríos con oleaje, energía y pendiente variable. bien formando islas dentro del cauce de los ríos
Arroz	Cobertura terrestre compuesta por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas de hojas largas y flores blanquecinas en espiga, que se cultiva, por lo general, en terrenos muy húmedos.
Bosque	Cobertura vegetal conformada por especies con tallo y tronco leñoso. El bosque lluvioso es muy denso, en el que se pueden distinguir tres estratos principales. El dosel o estrato superior, compuesto de unos pocos árboles relativamente grandes y normalmente aislados, con grandes copas. El estrato medio se caracteriza por presentar árboles con copas presionadas unas contra otras. El estrato menor compuesto de árboles y arbustos cuyas copas llenan todo el espacio remanente.
Humedal	Ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lenticos o loticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral, o en su ausencia hasta el límite de 6 metros en marea baja
Infraestructura	Todo tipo de construcciones, como casas, hoteles, edificios en general, calles de asfalto, u otro material incluyendo caminos de lastre o tierra.
Lago y laguna	Los embalses son cuerpos de agua; artificiales y estáticos, destinados principalmente a la producción de energía; tales como Arenal, Angostura y Cachi en, los cuales son áreas fácilmente cartografiables. Las lagunas son depósitos de agua naturales; algunas de estas son dinámicas porque están conectadas con un río.
Manglar	Asociaciones vegetales que se ubican en la zona costera o en las orillas de ríos y son influenciadas por el mar y el agua dulce. Son reconocidos por presentar especies de árboles y plantas con adaptaciones especiales que les permiten tolerar la falta de oxígeno, altos niveles de salinidad y distintos patrones de inundación.
No data	Áreas sin clasificar debido a problemas de nubosidad o por bruma.
Nubes	Áreas cubiertas por nubes que hace imposible clasificarlas con la categoría de cobertura que realmente poseen.
Otros cultivos	Coberturas no especificadas debido a la poca representatividad en el área de estudio.
Palma aceitera	Cobertura compuesta por cultivo de palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), planta perenne de tronco solitario y hojas pinnadas

	perteneciente a la familia Arecaceae, que puede alcanzar alturas de hasta 12 m. Su cultivo se desarrolla preferencialmente en terrenos planos a ligeramente ondulados, en tierras situadas por debajo de los 500 msnm, bajo climas cálidos.
Pasto	Formaciones vegetales compuestas por gramíneas que se consideran dominantes de hierbas y en ocasiones acompañadas con árboles y arbustos esparcidos; frecuentemente son dedicadas a la ganadería extensiva pero en algunos casos no presentan ningún uso.
Piña	Cobertura compuesta por cultivo de pina (<i>Ananas cosmosus</i>), que se extiende en las zonas bajas del país.
Plantaciones forestales	Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).
Río	Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.
Sombra o nubes	Áreas cubiertas por nubes o sombras por lo que se hace imposible clasificarlas con la categoría de uso y cobertura.
Suelo desnudo	Área descubierta de vegetación o en algunos casos con escasas gramíneas; se incluyen terrenos agrícolas en preparación, zonas de suelos minerales o altamente erosionados.
Yolillal	Comunidad de palmas que forman una asociación edafo- topográfica, presentes en zonas con un alto nivel freático o zonas inundadas.

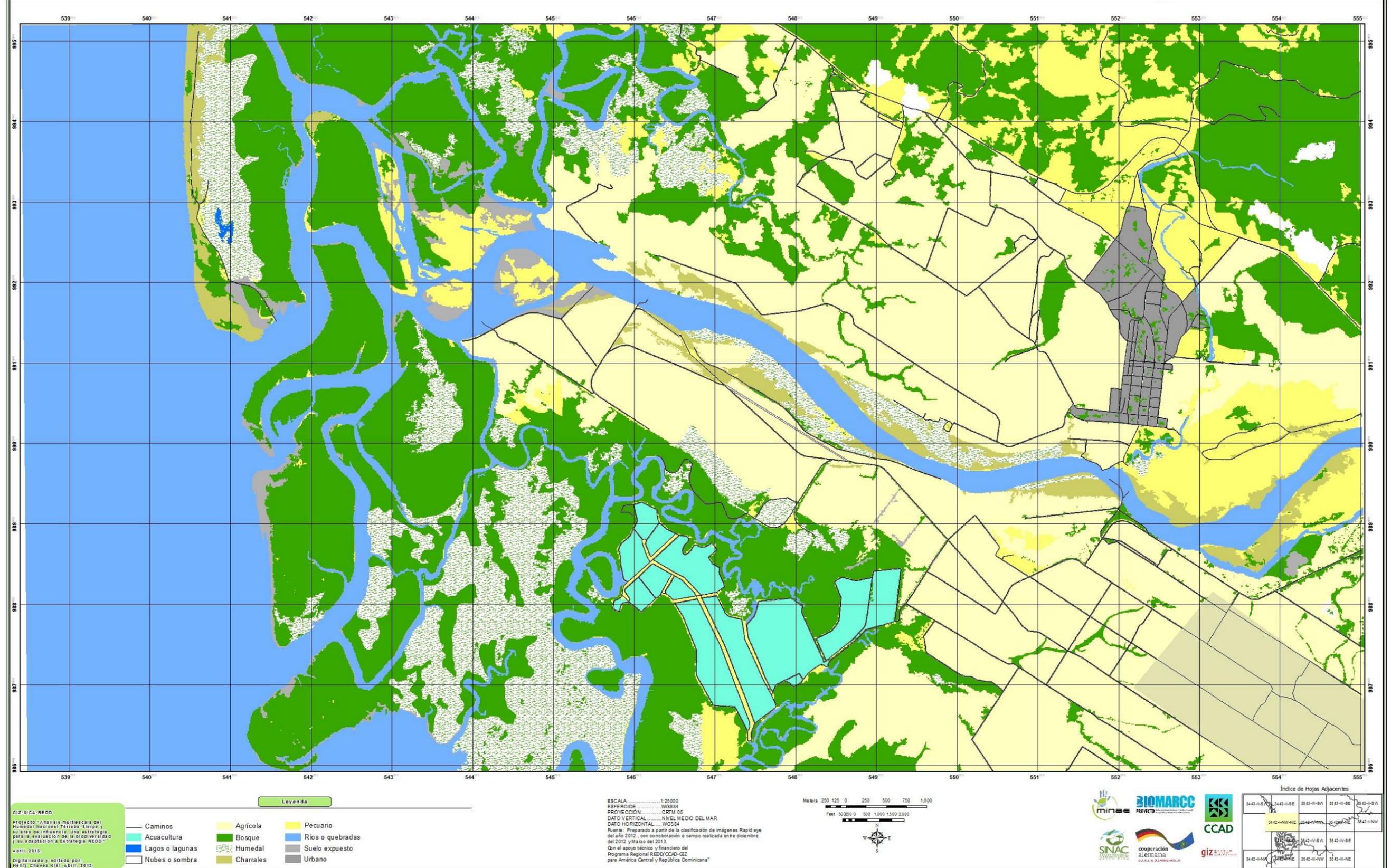
Anexos 3. Hojas cartográficas 1:25000

Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe

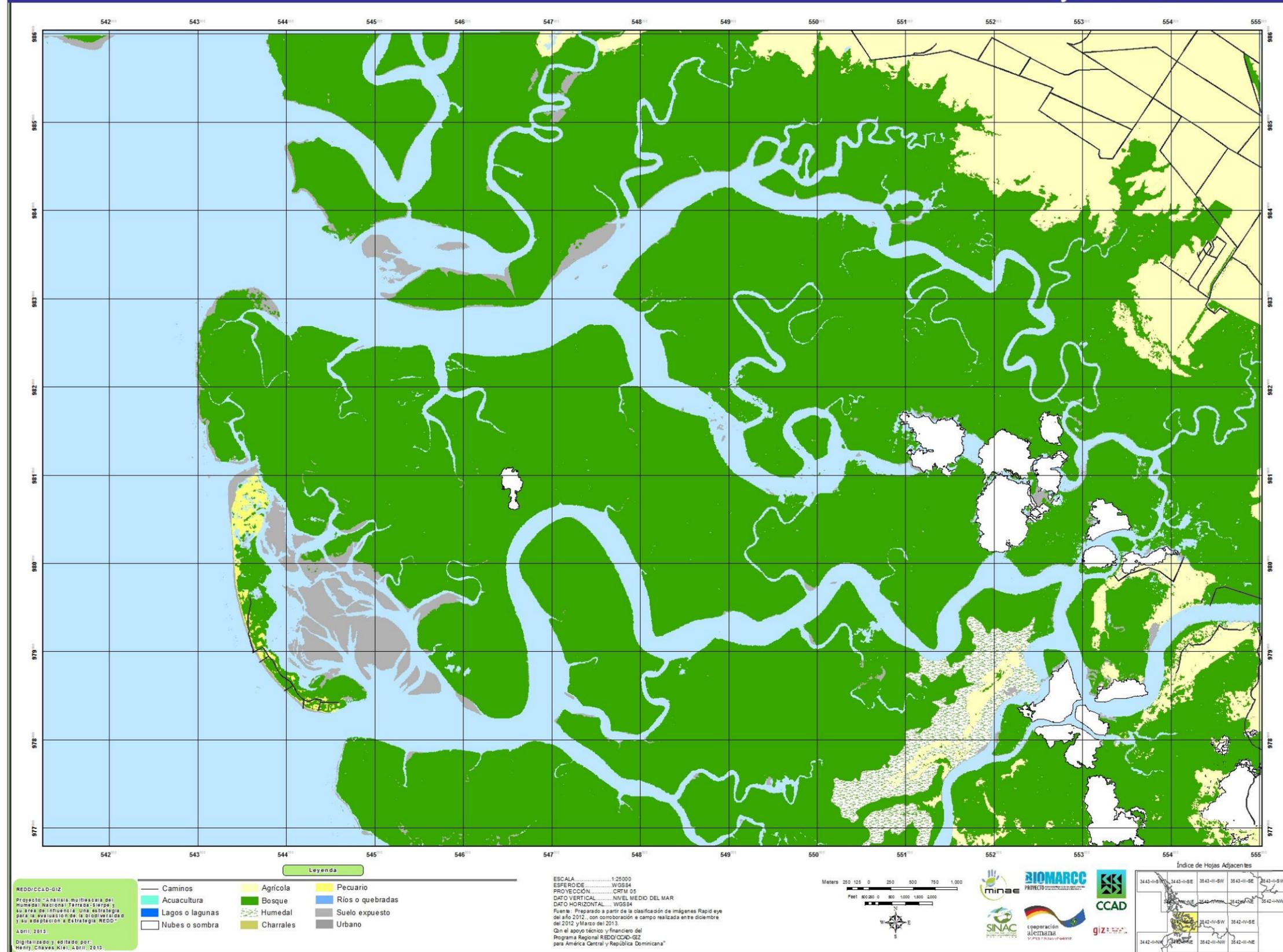




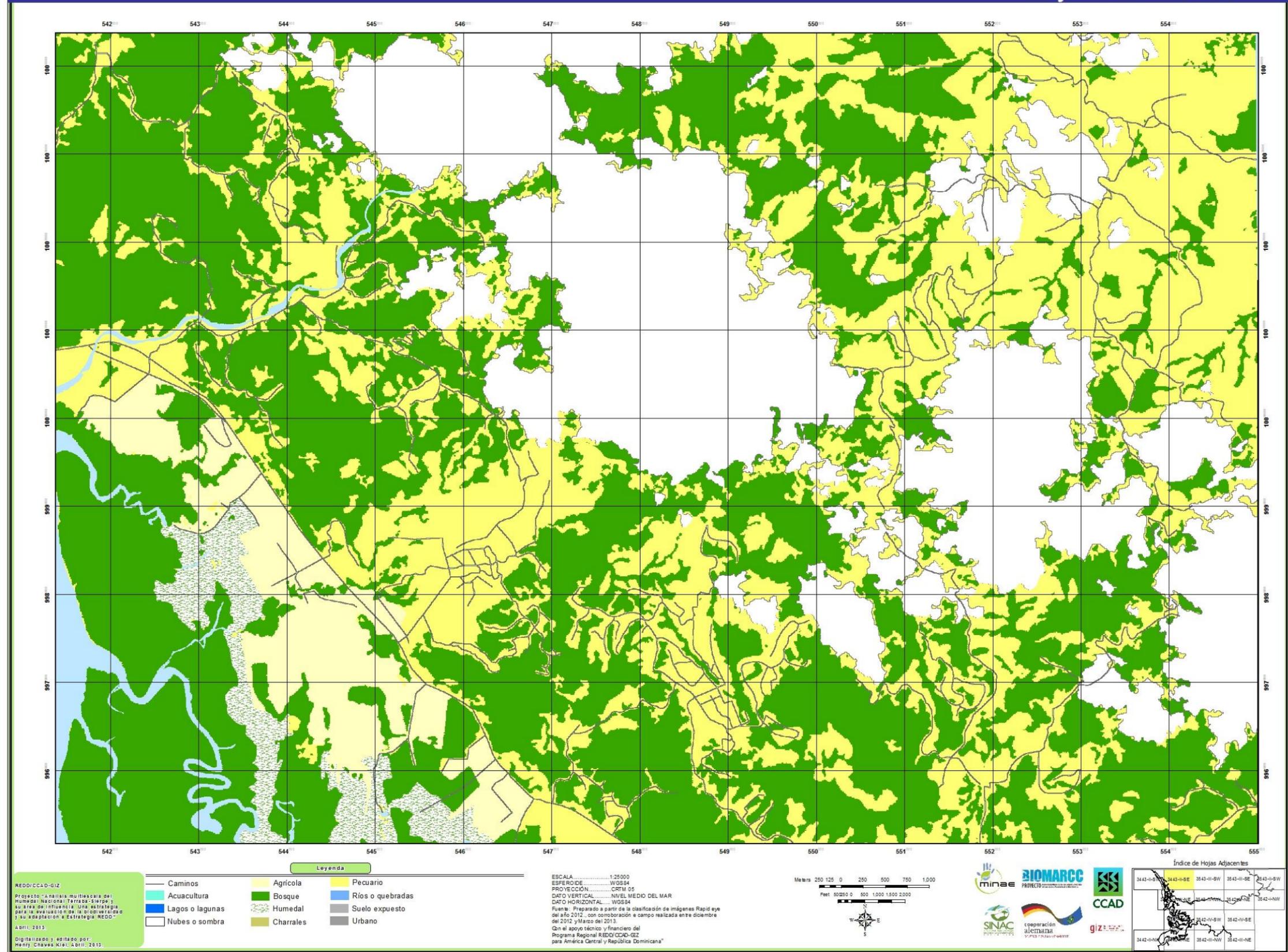
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba - Sierpe



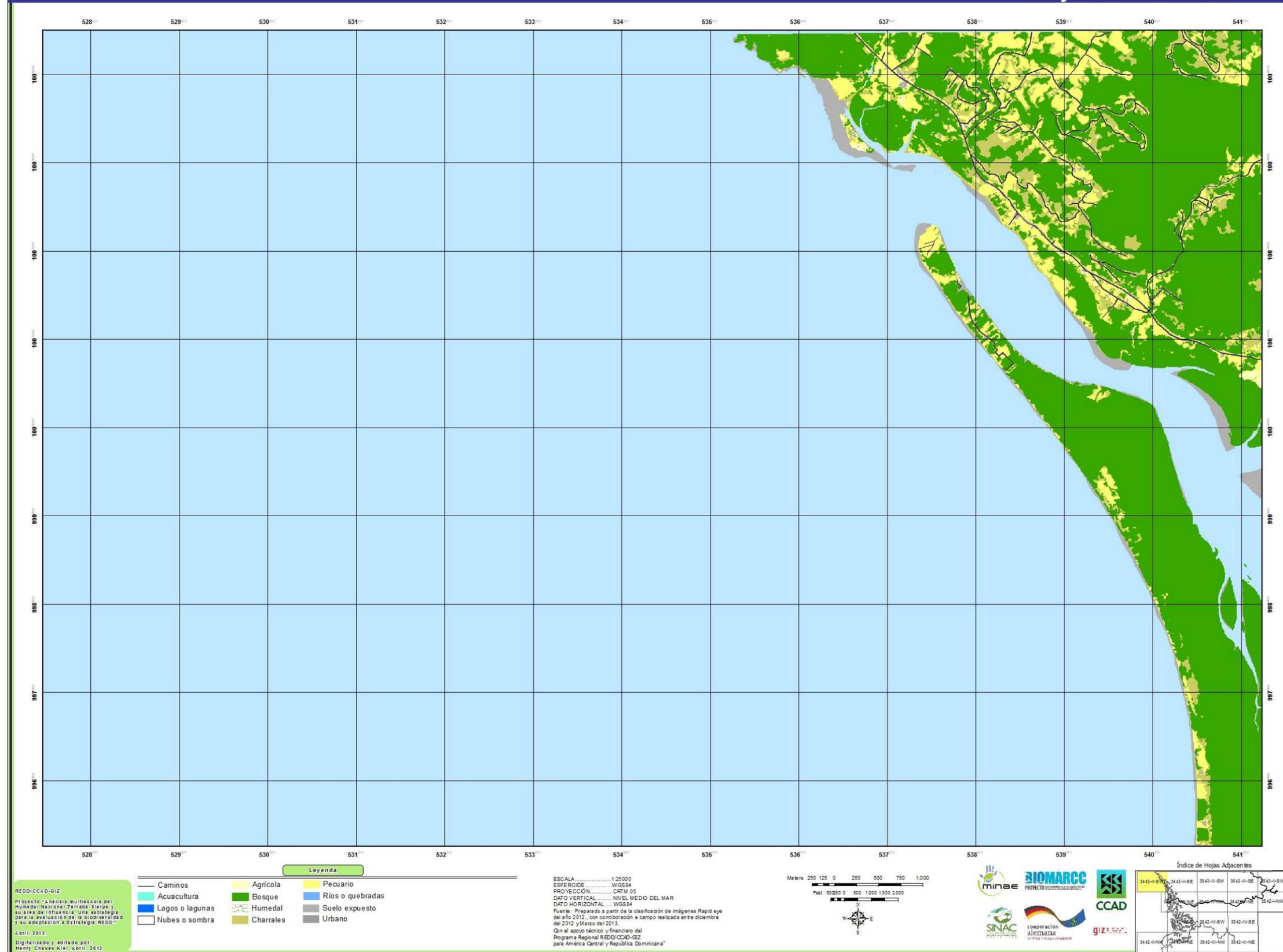
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



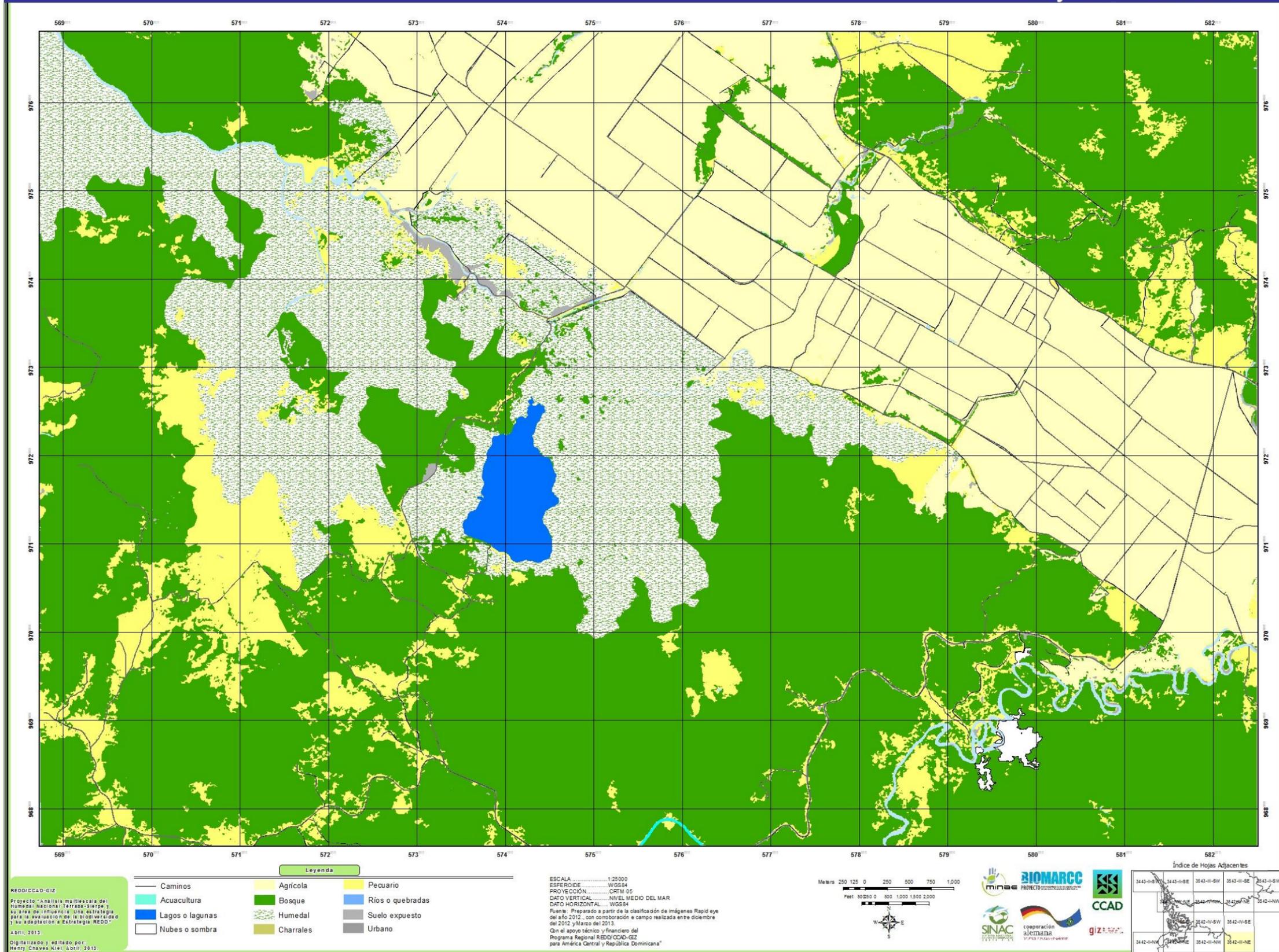
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



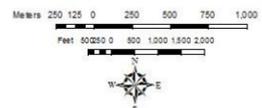
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



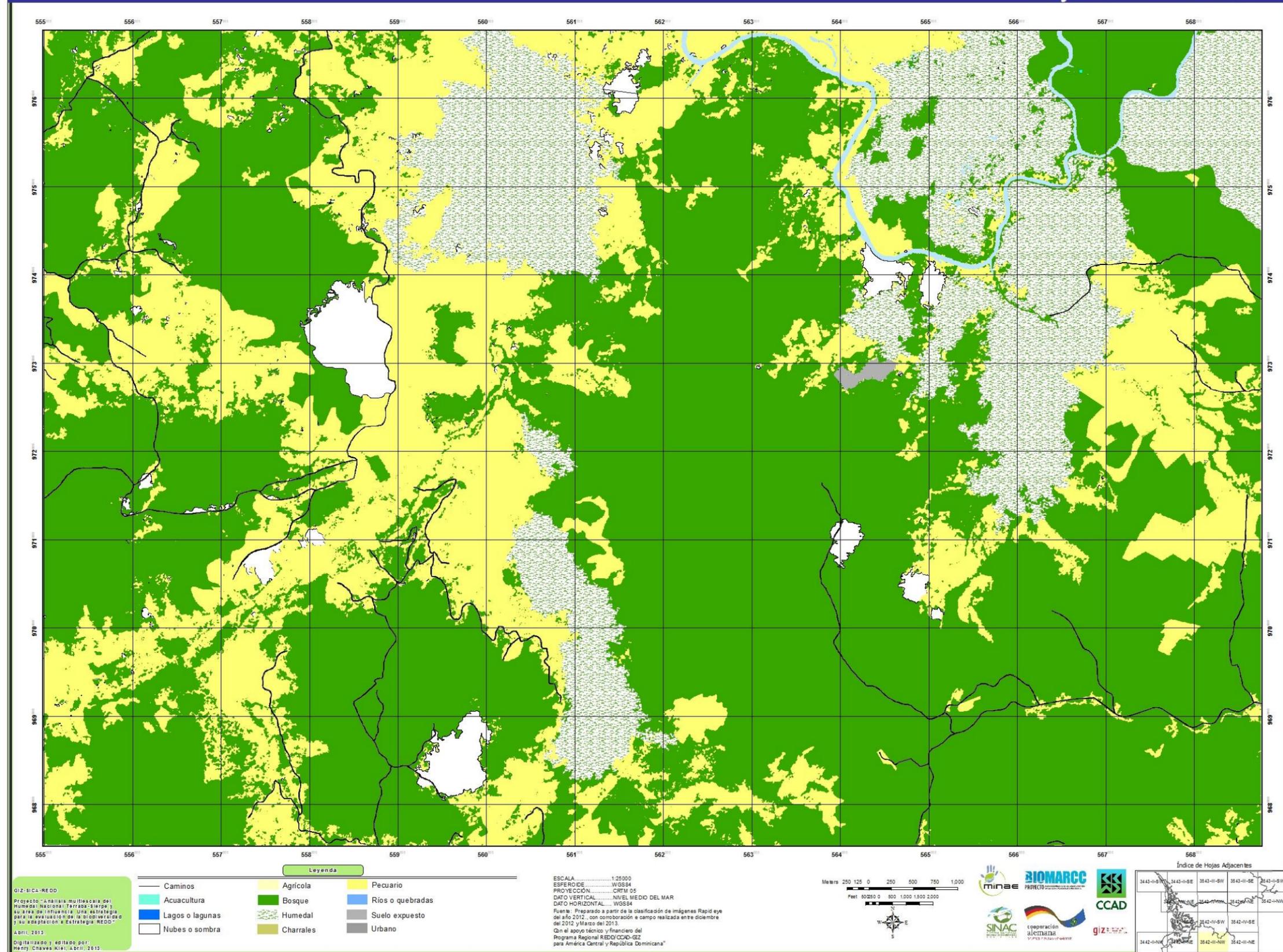
REDD/CCAD-GIZ
Proyecto "Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe y su área de influencia: Una estrategia para la evaluación de la biodiversidad y su adaptación a Estrategia REDD"
Abril, 2013.
Digitalizado y editado por:
Henry Chaves Kiel, Abril, 2013.

- Leyenda**
- Caminos
 - Agrícola
 - Pecuario
 - Acuacultura
 - Bosque
 - Ríos o quebradas
 - Lagos o lagunas
 - Humedal
 - Suelo expuesto
 - Nubes o sombra
 - Charrales
 - Urbano

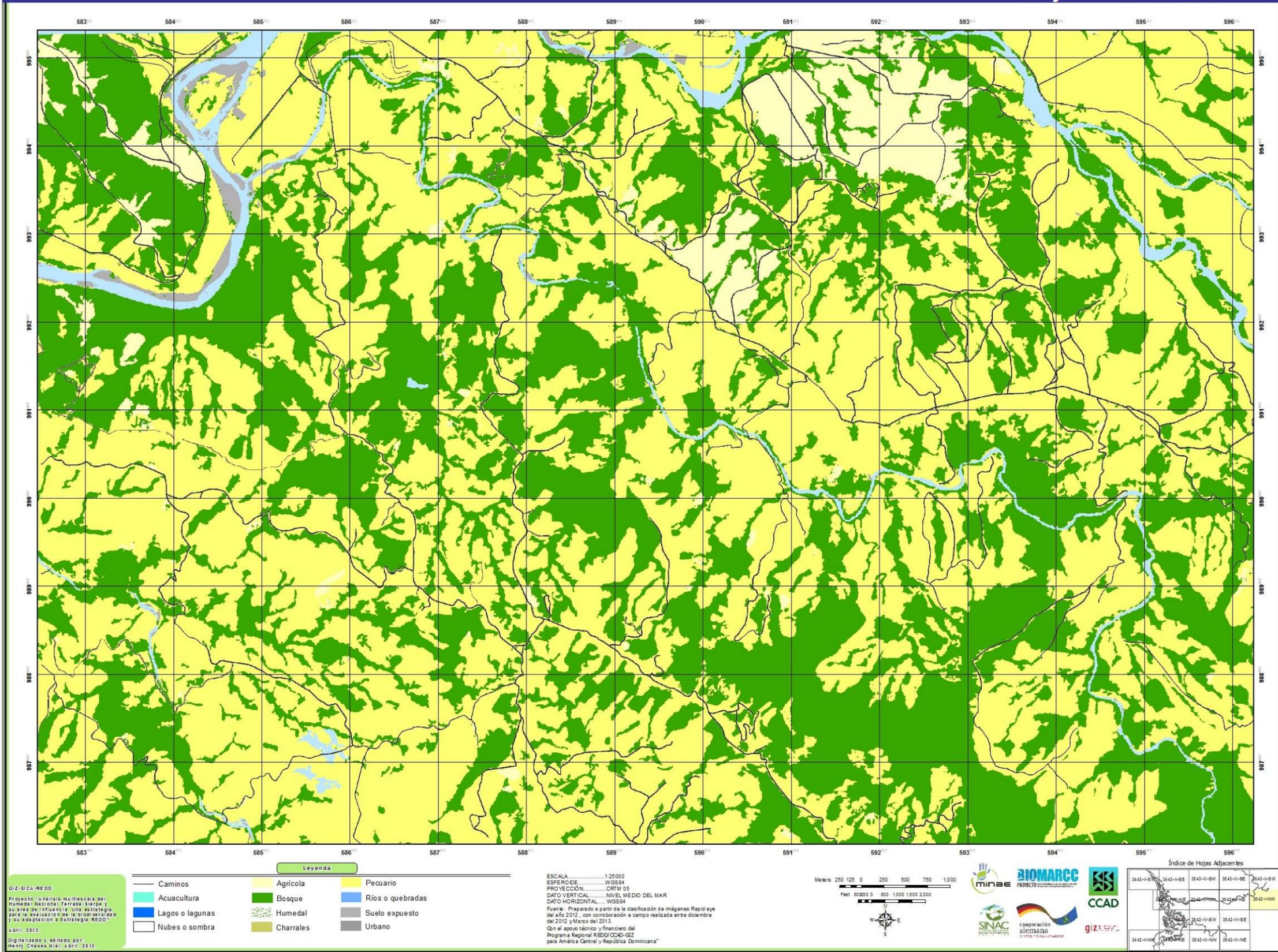
ESCALA 1:25000
ESFEROIDE WGS84
PROYECCIÓN UTM 05
DATO VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR
DATO HORIZONTAL WGS84
Fuente: Preparado a partir de la clasificación de imágenes Rapid eye de año 2012, con corroboración a campo realizada entre diciembre del 2012 y Marzo del 2013.
Con el apoyo técnico y financiero del Programa Regional REDD/CCAD-GIZ para América Central y República Dominicana



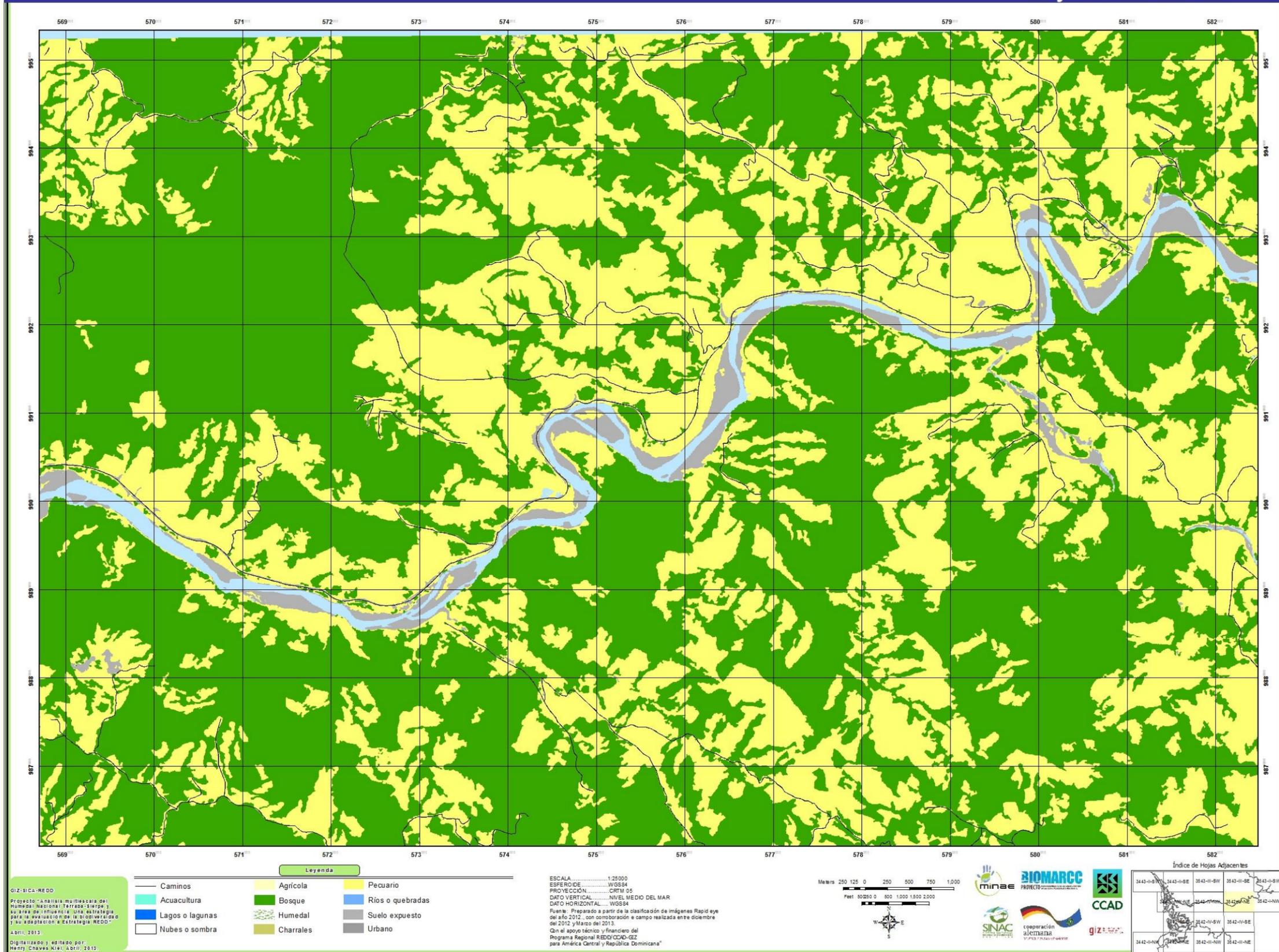
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



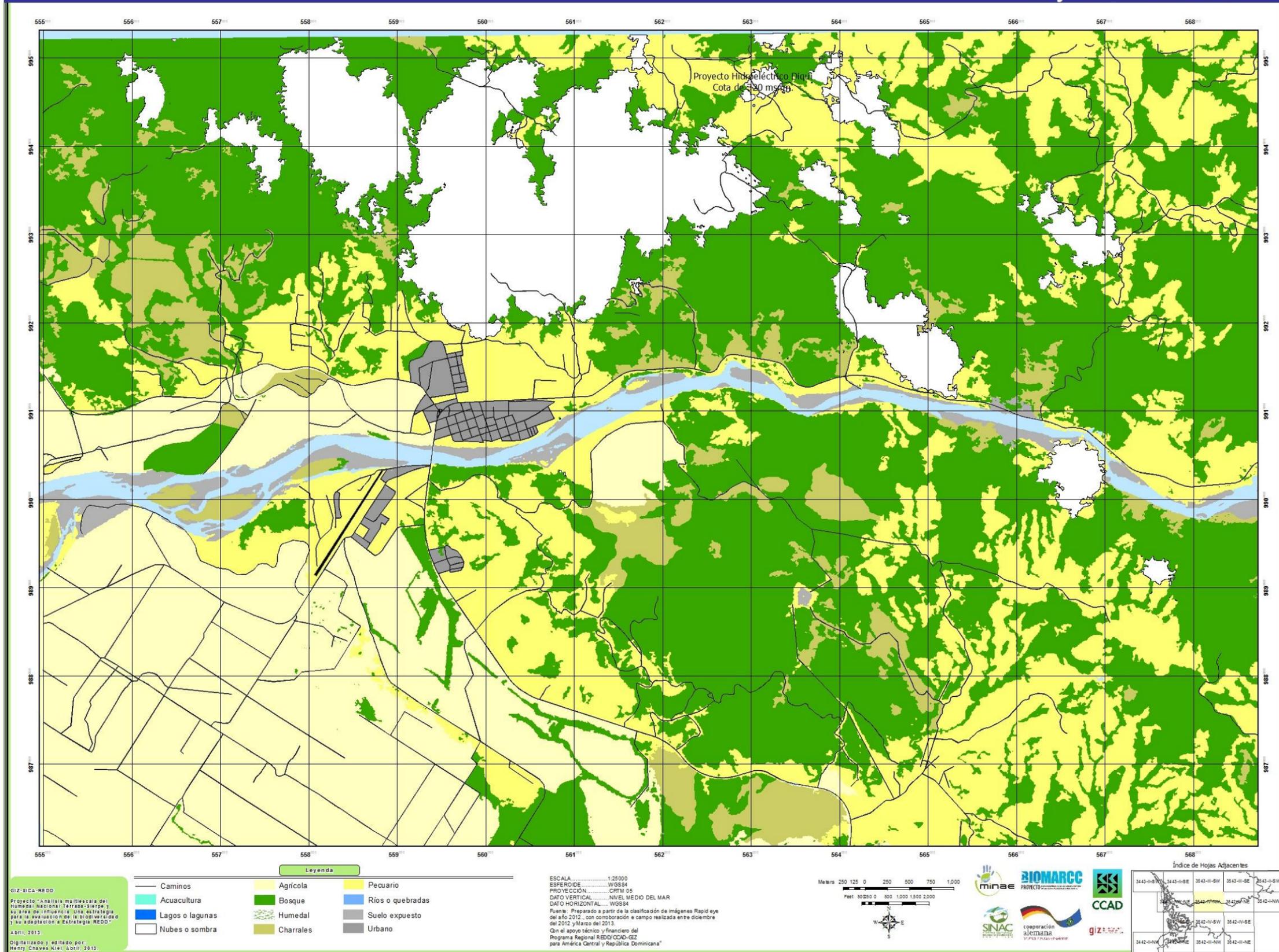
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



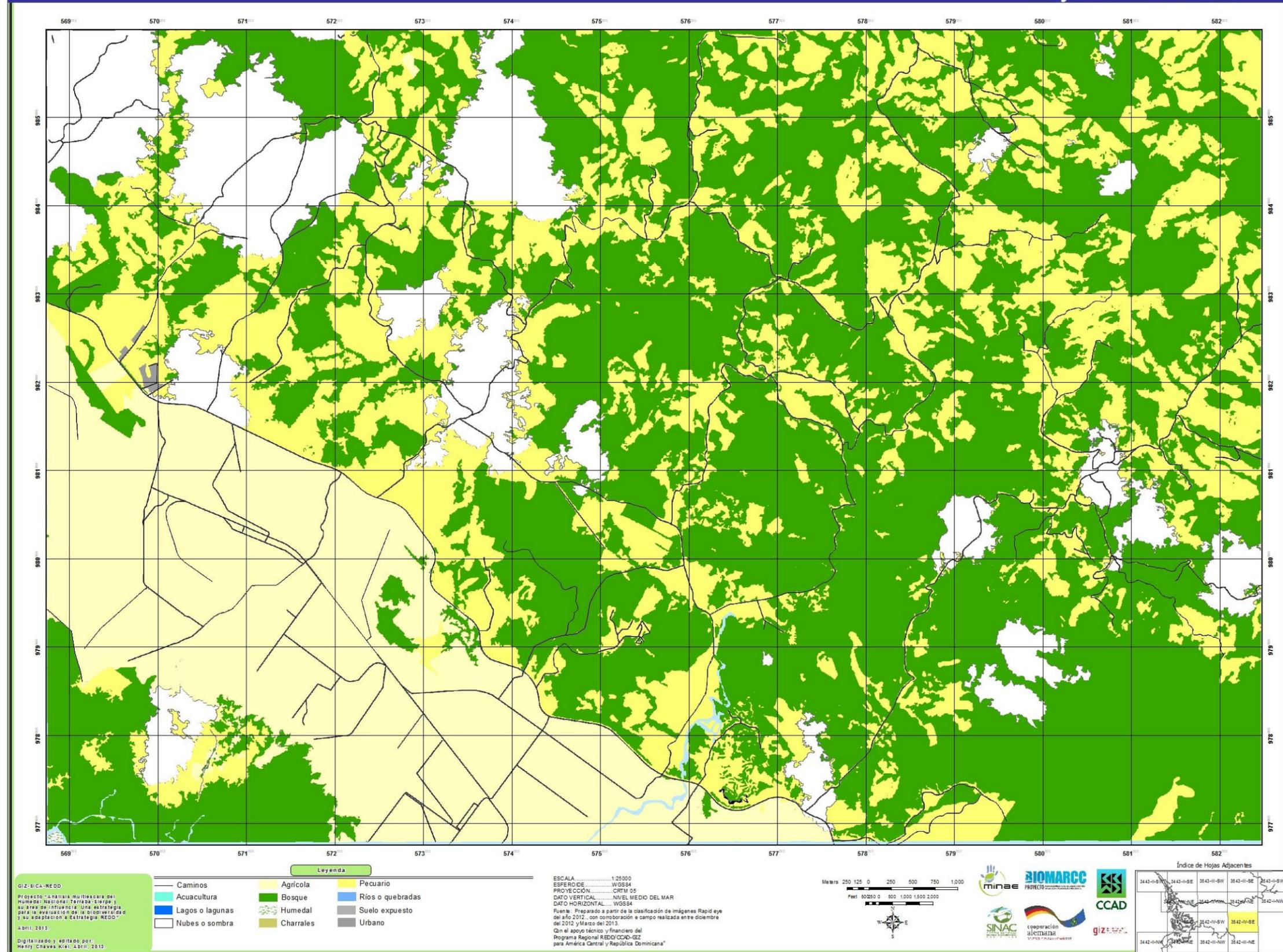
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



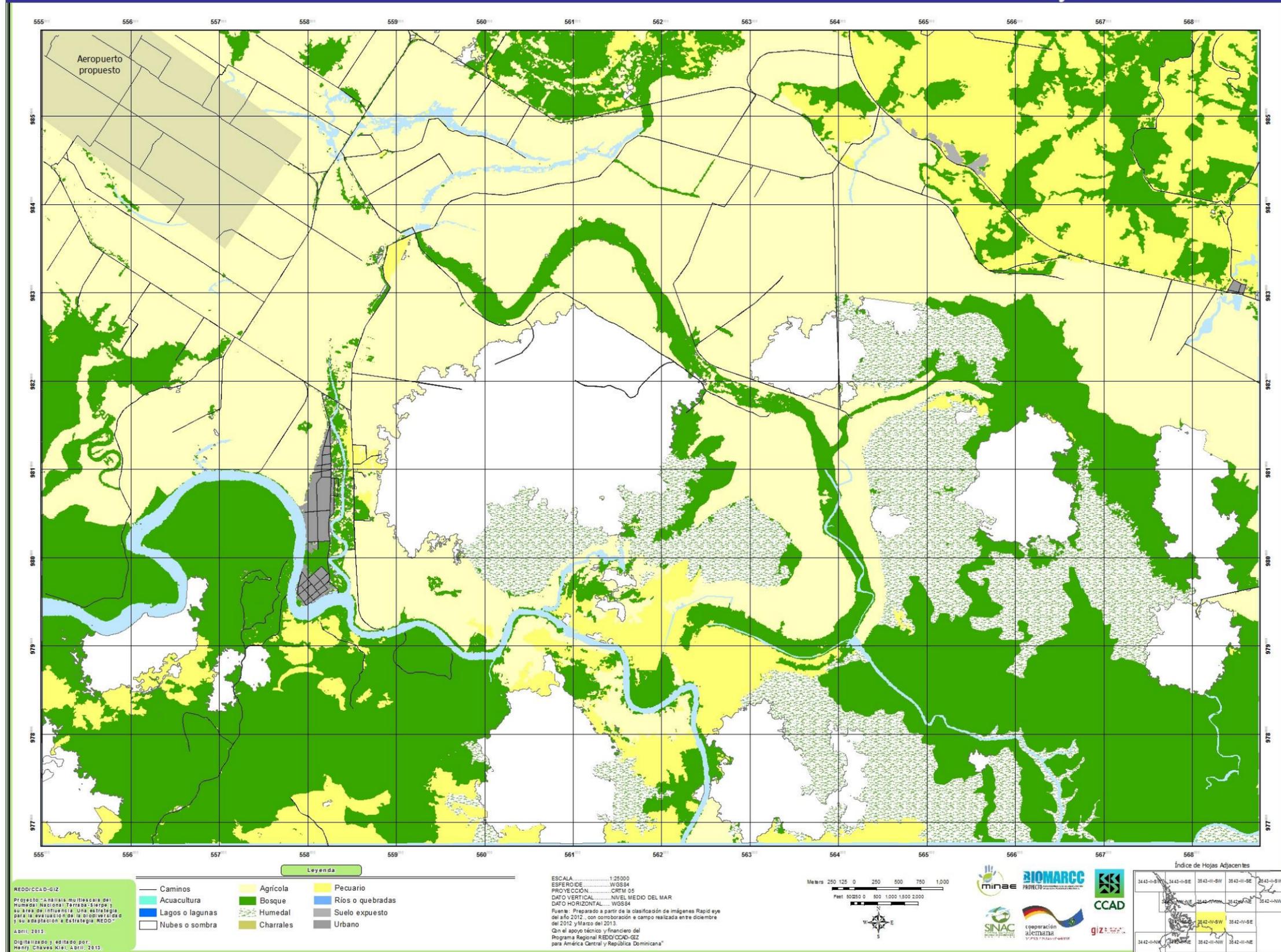
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



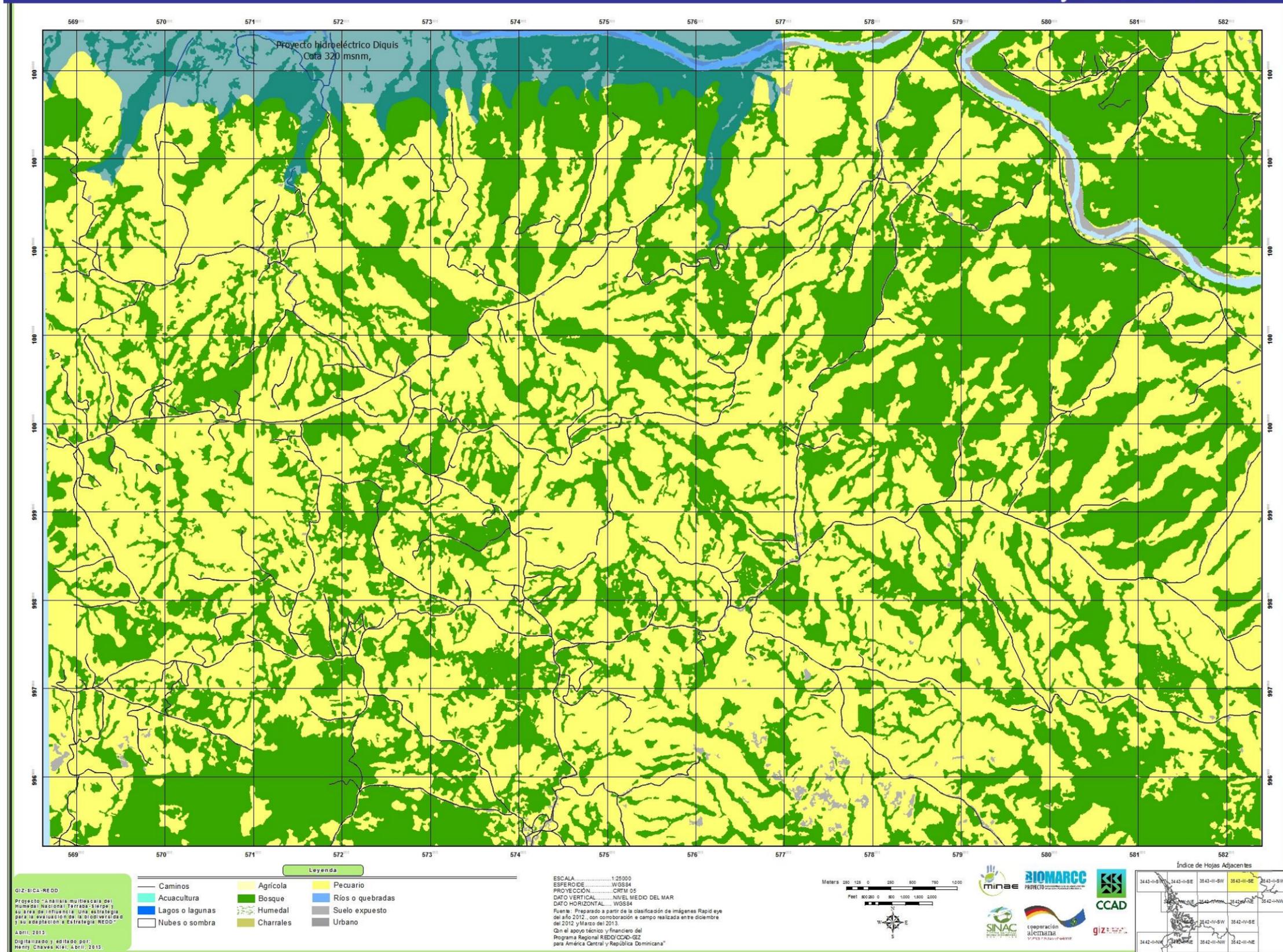
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



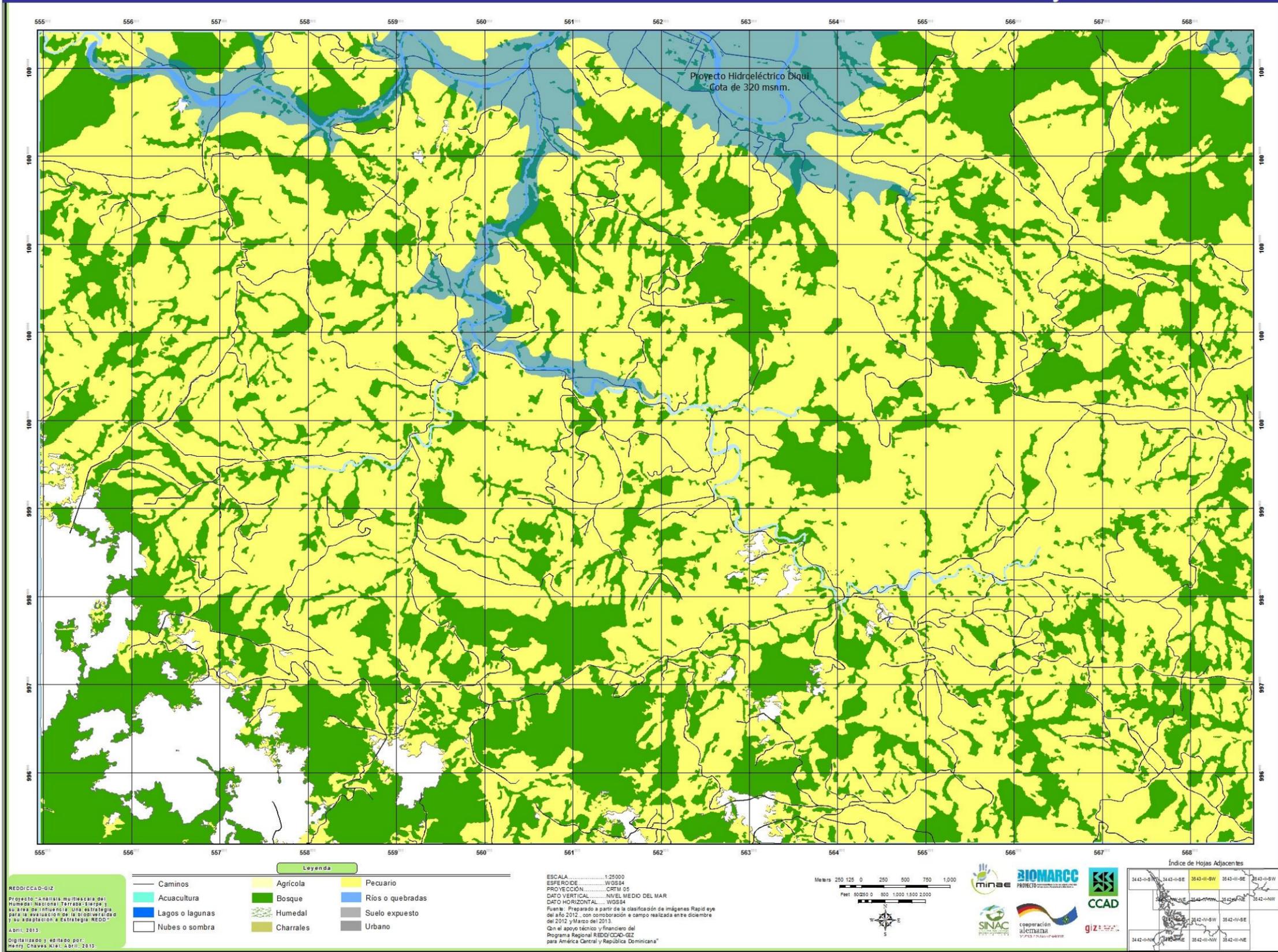
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



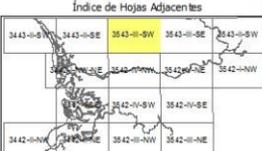
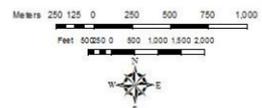
Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe



REDD/CCAD-GIZ
Proyecto "Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe y su área de influencia: Una estrategia para la evaluación de la biodiversidad y su adaptación a Estrategia REDD"
Abril, 2013.
Digitalizado y editado por:
Henry Chaves Kiel, Abril, 2013.

- Leyenda**
- Caminos
 - Agrícola
 - Pecuario
 - Acuicultura
 - Bosque
 - Ríos o quebradas
 - Lagos o lagunas
 - Humedal
 - Suelo expuesto
 - Nubes o sombra
 - Charrales
 - Urbano

ESCALA 1:25000
ESFEROIDE WGS84
PROYECCIÓN CRTM 05
DATO VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR
DATO HORIZONTAL WGS84
Fuente: Preparado a partir de la clasificación de imágenes Rapid eye de año 2012, con corroboración a campo realizada entre diciembre del 2012 y Marzo del 2013.
Con el apoyo técnico y financiero del Programa Regional REDD/CCAD-GIZ para América Central y República Dominicana



Análisis multiescala del Humedal Nacional Terraba-Sierpe

