

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

**Áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad de aves dependientes de bosque: sinergias entre mitigación y adaptación ante el cambio climático en el paisaje del departamento de Atlántida, Honduras**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

*Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales  
y Biodiversidad

Por  
Luis Alberto Soto Chavarría

Turrialba, Costa Rica, 2017

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE  
BOSQUES TROPICALES Y BIODIVERSIDAD**

**FIRMANTES:**

CBRENE  
Christian Brenes, M.Sc.  
Codirector de tesis

P/ CHRISTIAN BRENE P.  
Bernal Herrera, Ph.D.  
Codirector de tesis

[Signature]  
Mario Chacón, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero

[Signature]  
Joel Sáenz, M.Sc.  
Miembro Comité Consejero

[Signature]  
Mario A. Piedra Marín, Ph.D.  
Decano Programa de Posgrado

[Signature]  
Luis Alberto Soto Chavarria  
Candidato

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme permitido realizar este sueño largamente deseado.

A mi esposa, Lila Flores, por ser mi compañera en esta aventura de la vida. Siempre brindándome su amor, apoyo, consejos, paciencia y ser la mujer especial que es.

A mis hijos, Karla María y Luis Elías, por ser esos dos pequeños motores que nos alientan a seguir siempre adelante. Dos pequeños tesoros en nuestras vidas.

A mi familia, por estar siempre pendientes y apoyando. Especialmente a mi madre Ada y mi suegra, Lila, una segunda madre.

A mi suegro Carlos, ahora desde el cielo, siempre apoyándonos.

## **Agradecimientos**

A mi equipo asesor: Christian Brenes, Bernal Herrera, Mario Chacón y al Profe. Joel Sáenz, por toda su colaboración y consejos para la realización de este trabajo y su orientación en mi desarrollo profesional.

Al Programa Regional de Cambio Climático (PRCC) de USAID, por ser becario de ellos; gracias por ayudarme a mi desarrollo profesional y personal.

Al CATIE y todo su personal.

A todos los compañeros y amigos que nos encontramos en ese pequeño punto de Costa Rica, una gran Nación. Gracias por las experiencias compartidas.

Este estudio ha sido posible gracias al apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Programa Regional de Cambio Climático. Los contenidos y opiniones expresadas aquí no son responsabilidad del Programa y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID o del gobierno de los Estados Unidos. CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

## Contenido

Dedicatoria .....	III
Agradecimientos .....	IV
Contenido .....	V
Índice de cuadros .....	VII
Índice de figuras .....	VIII
Lista de acrónimos, abreviaturas y unidades .....	IX
Resumen .....	X
Abstract .....	XI
1. Introducción .....	1
1.1 Objetivos .....	3
1.1.1 Objetivo general .....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 Preguntas de investigación .....	3
2. Revisión de literatura .....	4
2.1. Impacto del cambio climático en Mesoamérica y Honduras .....	4
2.2. Contexto político .....	5
2.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático .....	6
2.2.2. Convenio de Diversidad Biológica .....	8
2.3. Función de los bosques ante el cambio climático y la conservación a escala de paisaje .....	9
2.3.1. Flujo de carbono .....	9
2.3.2. Ecología del paisaje .....	9
2.3.2.1. La escala del paisaje .....	10
2.3.2.2 Estructura del paisaje .....	10
2.3.2.3. Fragmentación .....	11
2.3.2.4. Conectividad .....	11
2.3.2.5. Aves y cambio climático .....	13
2.3.3. Bosques y cambio climático .....	14
2.4. Estrategias de conservación ante el cambio climático .....	16
2.4.1. Mitigación ante el cambio climático .....	17
2.4.2. Adaptación ante el cambio climático .....	17
2.4.3. Sinergias entre adaptación y mitigación .....	19
2.5. Áreas funcionales para la conservación .....	20
2.6. Corredores de carbono .....	22
2.7. Refugios climáticos .....	23
2.8. El Corredor Biológico Mesoamericano .....	23

2.9. Sistemas de información geográfica.....	25
3. Métodos.....	27
3.1. Caracterización del paisaje.....	27
3.1.1. Área de estudio.....	27
3.1.2. Análisis del paisaje.....	29
3.2. Conectividad funcional.....	30
3.2.1. Diseño de corredores.....	30
3.2.1.1. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella.....	32
3.3. Creación de áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad.....	33
3.3.1. Uso de sistemas de información geográfica.....	35
4. Resultados.....	37
4.1. Análisis del paisaje.....	37
4.1.1. Descripción de las métricas.....	37
4.2. Conectividad funcional y corredores biológicos.....	40
4.2.1. Almacenamiento de carbono en los usos de la tierra de Atlántida.....	40
4.2.2. Deforestación y vulnerabilidad.....	42
4.3. Mapas de corredores y stocks de carbono, barreras y cuellos de botella en el paisaje.....	45
4.4. Áreas funcionales para la conservación.....	48
5. Discusión.....	51
5.1. Descripción del paisaje.....	51
5.2. Corredores.....	52
5.3. Vulnerabilidad a la deforestación.....	53
5.4. Áreas funcionales para la conservación.....	53
5.5. Mejoras potenciales a las áreas funcionales para la conservación propuestas.....	54
6. Conclusiones.....	55
7. Recomendaciones.....	56
8. Literatura citada.....	57
9. Anexos.....	65
Anexo 1. Cobertura de la tierra en el departamento de Atlántida.....	65
Anexo 2. Definición de las categorías del suelo.....	67
Anexo 3. Métricas a nivel de clase para los usos de suelo en Atlántida, Honduras.....	69

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Objetivos estratégicos para la adaptación de bosques y biodiversidad adoptados por Honduras en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.....	8
Cuadro 2. Medidas que mejoran los objetivos de la mitigación y la adaptación simultáneamente .....	19
Cuadro 3. Ejemplos de acciones de adaptación que pueden tener implicaciones negativas para la mitigación .....	20
Cuadro 4. Ejemplos de acciones de mitigación que pueden tener implicaciones negativas para la adaptación .....	20
Cuadro 5. Programas más utilizados para la planificación de la conservación .....	25
Cuadro 6. Métricas usadas para describir los componentes del paisaje, departamento de Atlántida, Honduras.....	31
Cuadro 7. Especies de aves estudiadas, departamento de Atlántida, Honduras .....	32
Cuadro 8. Variables usadas para la delimitación de las AFC, departamento de Atlántida, Honduras.....	33
Cuadro 9. Usos del suelo en el departamento de Atlántida, Honduras .....	37
Cuadro 10. Número y área promedio de parches para cada uso de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras .....	39
Cuadro 11. Cobertura boscosa y deforestación para el periodo 2000-2016 en el departamento de Atlántida, Honduras .....	42
Cuadro 12. Área de las zonas vulnerables a la deforestación en el departamento de Atlántida, Honduras.....	44
Cuadro 13. Área de los corredores, barreras y cuellos de botella para las especies de aves estudiadas, departamento de Atlántida, Honduras.....	47
Cuadro 14. Contenido de carbono en corredores funcionales, paisaje y por hectárea para las especies de aves estudiadas en el departamento de Atlántida, Honduras .....	48
Cuadro 15. Área de las zonas idóneas como áreas funcionales de conservación en el departamento de Atlántida, Honduras .....	50

## Índice de figuras

Figura 1. Corredor Biológico Mesoamericano.....	24
Figura 2. Áreas protegidas del Corredor Biológico del Caribe Hondureño .....	24
Figura 3. Esquema general para la delimitación de AFC, departamento de Atlántida, Honduras .....	27
Figura 4. Zonas de vida de Holdridge en el departamento de Atlántida, Honduras .....	28
Figura 5. Cobertura del suelo en el departamento de Atlántida, Honduras.....	29
Figura 6. Esquema del modelo utilizado para llegar a la priorización y optimización de los sitios delimitados como AFC, departamento de Atlántida, Honduras.....	34
Figura 7. Modelo utilizado para el fomento de las sinergias entre adaptación y mitigación al CC para la conservación de la biodiversidad, departamento de Atlántida, Honduras .....	35
Figura 8. Usos de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras.....	38
Figura 9. Distancia promedio de vuelo de las especies de aves estudiadas al parche vecino más cercano (ENN_MN), departamento de Atlántida, Honduras.....	40
Figura 10. Mapa de contenido de carbono en los diferentes usos de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras .....	41
Figura 11. Tasa de deforestación (por cada mil ha) durante el periodo 2000-2016 en el departamento de Atlántida, Honduras .....	42
Figura 12. Mapa de la deforestación histórica en el departamento de Atlántida, Honduras....	43
Figura 13. Mapa de vulnerabilidad a la deforestación en el departamento de Atlántida, Honduras.....	44
Figura 14. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella para las especies <i>Henicorhina leucosticta</i> , <i>Thamnophilus atrinucha</i> y <i>Glyphorhynchus spirurus</i> , departamento de Atlántida, Honduras.....	45
Figura 15. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella para la especie <i>Turdus assimilis</i> , departamento de Atlántida, Honduras .....	46
Figura 16. Mapa de áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad propuestas para el departamento de Atlántida, Honduras.....	49



## **Lista de acrónimos, abreviaturas y unidades**

AFC: Áreas funcionales para la conservación

AP: Áreas protegidas

BLH: Bosque latifoliado húmedo

CB: Corredor biológico

CBCH: Corredor Biológico del Caribe Hondureño

CBM: Corredor Biológico Mesoamericano

CC: Cambio climático

CCAD: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo

CDB: Convenio de Diversidad Biológica

CMNUCC: Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

COP: Conferencia de las Partes

GEI: Gases de efecto invernadero

GtC: Giga tonelada de carbono

ICF: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre

INDC: Contribuciones determinadas a nivel nacional

IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

MiAmbiente: Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas

msnm: metros sobre el nivel del mar

RCP: Representative Concentration Pathways

PC: Pastos y cultivos

REDD+: Reducción de Emisiones Producto de la Degradación y Deforestación

SAM: Sinergias entre mitigación y adaptación

SERNA: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente

SIG: Sistemas de información geográfica

VSH: Vegetación secundaria húmeda

## Resumen

El cambio climático (CC) y la pérdida de bosques representan grandes amenazas para la biodiversidad a nivel global. Las áreas protegidas y los corredores biológicos son estrategias que ayudan a combatir los efectos del CC, mediante el potencial de mitigación que estas áreas juegan al remover y almacenar carbono y el potencial que ofrecen para la adaptación de especies de aves a nuevas condiciones del clima.

Las áreas protegidas (AP) y los corredores biológicos (CB) pueden integrarse para formar un área funcional para la conservación de la biodiversidad (AFC). Las AFC buscan mantener los elementos focales de conservación de la biodiversidad a través del tiempo e integran el manejo de la biodiversidad, la interacción con poblaciones humanas y sus actividades productivas en paisajes fragmentados. En estas áreas, además, se busca que se desarrollen acciones sinérgicas entre la mitigación y la adaptación al CC, como una manera de maximizar estas acciones trabajando juntas mejor que separadas. Uno de los grupos de organismos más estudiados respecto al impacto del CC y en el que las AFC pueden jugar un rol importante, son las aves. Estas constituyen una fuente fiable de información sobre cómo el CC ha afectado a la biodiversidad en el planeta; actualmente son conocidos cambios en la fenología, poblaciones y rangos de distribución de diferentes especies de aves, producto del CC de origen antropogénico.

El presente trabajo delimita potenciales AFC dentro del paisaje del departamento de Atlántida, Honduras. Para la delimitación de las AFC, se tomaron en cuenta variables de biodiversidad (densidad de las observaciones de aves, corredores, áreas protegidas (AP); de amenazas (deforestación, calles, poblados) y, el carbono presente en los bosques del departamento. Esto se hizo mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG); posteriormente se realizó una caracterización del paisaje a nivel departamental y luego se determinó la conectividad funcional mediante el desarrollo de mapas de corredores para cuatro especies de aves dependientes de bosque (*Turdus assimilis*, *Henicorhina leucosticta*, *Thamnophilus atrinucha*, *Glyphorynchus spirurus*). Los corredores fueron desarrollados a partir de la fricción en el paisaje, la cual se determinó considerando el contenido de carbono en los diferentes usos del suelo, así como el criterio de expertos. Por último, se hizo la delimitación de las AFC tomando en cuenta las sinergias entre la adaptación y la mitigación al CC. Para la delimitación de las AFC se trabajó bajo tres supuestos: 1) que las aves son un elemento representativo de procesos ecológicos en los bosques de Atlántida; 2) se consideró la cobertura vegetal en la zona como un *proxi* de la biodiversidad y 3) se trató de hallar una relación entre el contenido de carbono en la vegetación y la biodiversidad de aves dependientes de bosque en el área.

Las áreas propuestas como AFC se delimitaron bajo el esquema de sinergias entre mitigación y adaptación de la biodiversidad al CC, ya que incluyen aquellos sitios donde las oportunidades de conservación son mayores (AP, corredores, contenido de carbono, mayor diversidad de aves), y se alejan de las perturbaciones que pueden emitir carbono (deforestación, calles, poblados). Aquellos sitios que fueron identificados como AFC o con una alta idoneidad como AFC, pueden ser priorizados en proyectos de restauración o conservación e integrarse dentro de políticas nacionales como es el caso de REDD+.

**Palabras clave:** cambio climático, áreas protegidas, corredores biológicos, AFC, aves, sinergia, mitigación, adaptación.

## Abstract

Climate change and loss of forests are major threats to biodiversity globally. Protected areas and biological corridors are strategies that help combat the effects of climate change (CC). This, through the mitigation potential that these areas play in removing and storing carbon and through the potential they offer for the adaptation of bird species to new climatic conditions.

Protected areas and biological corridors can be integrated to form a Functional Conservation Area (FCA). The FCAs seek to maintain the focal elements of biodiversity conservation over time and integrate biodiversity management, interaction with human populations and their productive activities in fragmented landscapes. In these areas, in addition, it seeks to develop synergistic actions between mitigation and adaptation to climate change, as a way to maximize these actions working together better than separated. One of the groups of organisms more studied about CC and where the FCA can play an important role, are the birds. These are a reliable source of information on how CC has been affecting biodiversity on the planet, where changes in phenology, populations, and distribution ranges of different species of birds are already known, as a result of anthropogenic CC.

The present work delimits a potential FCA within the landscape of the department of Atlántida, Honduras. Biodiversity variables (density of bird observations, corridors, protected areas (AP), threats (deforestation, streets, villages) and carbon present in the department's forests were considered for the delimitation of the FCA. This was done through the use of Geographic Information Systems (GIS), then a landscape characterization was done in the department and functional connectivity was then determined by the development of corridor maps for four forest dependent bird species (*Turdus assimilis*, *Henicorhina leucosticta*, *Thamnophilus atrinucha*, *Glyphorynchus spirurus*). The corridors were developed from the friction in the landscape, which was determined from the carbon content in the different uses of the soil, as well as by experts. Finally, the FAC was delimited considering the synergies between adaptation and mitigation to the CC. For the delimitation of the FCA, three assumptions were made: that birds are a representative element of ecological processes in the forests of Atlántida; The vegetation cover was taken in the area as a proxy of biodiversity and; It was tried to find a relation between the carbon content in the vegetation and the biodiversity of forest dependent birds in the area.

The areas proposed as FCA in this work were delimited under the synergies scheme between mitigation and adaptation of biodiversity to the CC, since these include those sites where conservation opportunities are greater (PA, corridors, carbon content, greater diversity of birds), and move away from disturbances that can emit carbon (deforestation, streets, villages). Those sites that were identified as FCA or highly suitable as FCA can be prioritized in restoration or conservation projects and integrated into national policies such as REDD+.

**Key words:** climate change, protected areas, biological corridors, FCA, birds, synergy, mitigation, adaptation

## 1. Introducción

El cambio climático se define como “la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor promedio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos” (IPCC 2007). Se espera que los cambios en la temperatura y los regímenes de precipitaciones producto del CC actual, interactúen con otros factores para impactar los procesos biológicos en los ecosistemas e influyeran la distribución de las especies (Hagerman y Chan 2009).

Adicionalmente, las proyecciones indican que el calentamiento global afectará por región, y puede ser acompañado por aumentos y disminuciones en la precipitación, así como la ocurrencia de fenómenos extremos como inundaciones y sequías (Bergkamp *et ál.* 2003). El CC puede abordarse desde dos perspectivas: a través de la mitigación y la adaptación. La mitigación pretende la reducción en la emisión de los gases de efecto invernadero y la protección de los sumideros de carbono, a través del uso de la tierra y el manejo del hábitat (Berry 2009); mientras la adaptación puede ocurrir como parte de un proceso natural de ajuste de los ecosistemas ante el CC o puede ser planeado y asumido por los humanos para evitar impactos no deseados (Berry 2009). Ambos enfoques presentan diferencias; sin embargo, comprender las sinergias entre las dos podría reforzar las discusiones sobre como incorporarlas a las políticas de CC (Vallejo *et ál.* 2016). Estos autores definen las sinergias entre mitigación y adaptación del CC, como las interrelaciones entre ellas, las cuales son reflejadas en decisiones y acciones planificadas y sujetas a monitoreo y evaluación; con estas acciones se busca generar y maximizar los beneficios de la adaptación y la mitigación y minimizar las potenciales disyuntivas entre ellas para promover el desarrollo sostenible.

Las AFC buscan mantener los elementos focales de manejo viables en el largo plazo, por lo que deben ser capaces de dar una respuesta ante el CC, sea este natural o de origen antropogénico, teniendo en cuenta los procesos bióticos y abióticos (Herrera *et ál.* 2016). Así, según estos autores, las AFC representan una excelente oportunidad para hacerle frente al mismo.

Es de esperar que el CC tenga impactos sobre los sistemas naturales y humanos. Los sistemas humanos podrían verse comprometidos en sectores como la agricultura, silvicultura, industria, y tener efectos negativos sobre los asentamientos y la sociedad; los sistemas naturales como el de los recursos hídricos también pueden ser afectados (IPCC 2007). Entre los principales problemas que podrían suceder en los sectores mencionados tenemos: en la agricultura se producirían menores rendimientos en entornos más cálidos; plagas de insectos más frecuentes. En cuanto a los recursos hídricos podría comprometer el suministro y la calidad del recurso (IPCC 2007).

Con respecto a la biodiversidad, el CC global reciente ha comenzado a afectar la distribución geográfica de las especies; se han documentado cambios hacia los polos en los límites de distribución de especies templadas que se correlacionan con este (Colwell *et ál.* 2008). Por ejemplo, los tucanes (*Ramphastos sulfuratus*), desde 1995 han anidado junto con los quetzales (*Pharomachrus moccino*), el cual es símbolo de los bosques nublados de la América meridional (Pounds *et ál.* 1999). Por otro lado, mediante un meta-análisis, un estudio estimó que más de la mitad de 1598 especies tuvieron cambios en su fenología y/o distribución sobre los pasados 20 a 140 años (Parmesan 2006).

Honduras como país firmante del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), así como del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) se ha comprometido a apoyar la lucha contra el CC -contribuyendo con medidas de mitigación- y la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y a asegurar una adecuada adaptación al CC (INDC-Honduras 2015; SERNA-DIBio s.f.). El país tiene que hacer frente a grandes desafíos puesto que presenta una alta tasa de deforestación, incendios forestales, plagas y enfermedades en sus bosques, distribución no equitativa de la tierra productiva, tala y explotación ilegal del bosque, conflictos de tenencia y uso de la tierra y un gran deterioro y degradación de las áreas forestales (UN-REDD 2015).

En este sentido, las AFC al integrar elementos que son críticos para la conservación de la biodiversidad y que contribuyen a mantener la resiliencia y ofrecen oportunidades para la adaptación (áreas protegidas, corredores biológicos, matriz), aseguran por un lado, su contribución a la mitigación mediante el almacenamiento y captura de carbono y a la adaptación y, por el otro, a prevenir desastres naturales, protección de la biodiversidad y el aseguramiento de los servicios ecosistémicos que esta provee (Herrera *et ál.* 2016). Así, se deben buscar las sinergias entre mitigación y adaptación en el manejo del paisaje, ya que reducirán el riesgo de los impactos del CC y soportarán los servicios ecosistémicos, así como propiciarán un incremento en la biodiversidad y en el almacenamiento de carbono a nivel del paisaje (Bakkegaard *et ál.* 2016)

De esta forma, ante el CC, las AFC son una alternativa para la conservación de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos asociados. Este estudio delimitará las áreas importantes para la conservación de la biodiversidad de aves dependientes de bosque, en los bosques naturales del departamento de Atlántida, Honduras, usando como variables para el modelo los sitios con los mayores contenidos de carbono almacenado, riqueza de especies de aves, corredores biológicos, presencia de áreas protegidas, vulnerabilidad a la deforestación, distancia a calles y poblados y la valoración del grado de conectividad biológica en el paisaje.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Delimitar áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad de aves en el marco de las sinergias entre la adaptación y la mitigación al cambio climático en el departamento de Atlántida, Honduras.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

1) Identificar sitios importantes para el mantenimiento y almacenamiento de carbono en áreas de bosque en el departamento de Atlántida, Honduras.

2) Identificar las zonas más vulnerables a la deforestación y degradación.

3) Identificar sitios importantes para la conservación de la diversidad de aves dependientes de bosque ante el impacto del cambio climático, en el departamento de Atlántida, Honduras.

4) Delimitar áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad, que integren el contenido de carbono en la vegetación y la conservación de la diversidad de aves en el departamento de Atlántida, Honduras.

## **1.5 Preguntas de investigación**

- ¿Cuáles son las mejores rutas de conectividad entre núcleos de bosque en el departamento de Atlántida que mantengan el carbono y la mayor diversidad de especies de aves?
- ¿Cuáles es la historia del cambio de uso de la tierra en el departamento de Atlántida, Honduras?
- ¿Cuáles son los sitios con la mayor cobertura forestal en el departamento de Atlántida?
- ¿Qué sitios dentro del departamento de Atlántida, Honduras, son importantes para la conservación de la diversidad de aves?
- ¿Qué sitios son los más idóneos para que se den las sinergias entre mitigación y adaptación al cambio climático en el departamento de Atlántida, Honduras?

## 2. Revisión de literatura

### 2.1. Impacto del cambio climático en Mesoamérica y Honduras

El IPCC (2012) define al CC como “un cambio en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en el valor medio de sus propiedades y/o por la variabilidad de las mismas, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El CC puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos, a cambios antrópicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra”.

El CC moderno es el resultado de la actividad humana, la cual provoca que se emitan a la atmósfera varios gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y halocarbonos (gases que contienen cloro, bromo y flúor). Así, se ha determinado que las altas concentraciones de estos gases en la atmósfera se han convertido en un forzamiento externo dominante sobre el clima y por lo tanto son los responsables de la mayoría del calentamiento observado en los últimos 50 años, lo que conocemos como calentamiento global o CC (Cifuentes 2010).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en los últimos decenios, el CC ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos, ha alterado los sistemas hidrológicos lo que ha afectado el recurso agua, tanto en calidad como en cantidad; muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado su distribución geográfica, sus patrones migratorios, su abundancia y sus interacciones. De igual manera a afectado negativamente al rendimiento de cultivos en diferentes regiones, entre otros (IPCC 2014).

La región mesoamericana es una de las regiones más vulnerables a los efectos del CC, no obstante que su contribución a emisiones de GEI es de solo un 3% (Gutiérrez y Espinosa 2010). Esta vulnerabilidad es derivada de factores que dependen de las variaciones en el clima que están determinados por los niveles de exposición ante una amenaza dada, el nivel de sensibilidad de los sistemas naturales y humanos, que son contrarrestados por la capacidad adaptativa de dichos sistemas (Gutiérrez y Espinosa 2010). El IPCC (2007), destaca que el número de eventos climatológicos extremos en Mesoamérica continuará en aumento como resultado del CC. Algunos de los posibles impactos para los países latinoamericanos serían los siguientes:

- Aumento de temperatura y disminución en la humedad del suelo, lo que causaría un desplazamiento gradual de la selva tropical hacia sabanas en el este de la Amazonia.
- Cambios en patrones de precipitación, lo que podría afectar la disponibilidad de agua para consumo humano
- Riesgo aumentado de pérdida de biodiversidad
- Reducción de la productividad de la agricultura y el ganado, por lo que el riesgo de hambrunas aumentaría

Aguilar *et ál.* (2005), reportan que en el periodo comprendido entre 1969-2003, la región centroamericana y el norte de Suramérica registró una tendencia general de calentamiento y apuntan que la ocurrencia de días y noches más calientes se ha incrementado en un 2,5% y en un 1,7% por década, respectivamente. Mientras que los días y noches fríos han decrecido en un 2,4% y en un 2,2% respectivamente. Con respecto a la precipitación, los mismos autores indican que para el periodo de

tiempo analizado no hubo una disminución en la cantidad anual en Centroamérica; sin embargo, los patrones en la intensidad de la precipitación y la contribución de los días húmedos y muy húmedos, indican que eventos de precipitación extrema están aumentando en la región.

Por su situación geográfica y características socioeconómicas, Honduras es considerado uno de los países más vulnerables al CC en el mundo (SERNA 2010). Así, se espera que para el año 2020 haya una disminución de cerca de un 6% en la precipitación anual en los departamentos del occidente, centro y sur del país, y un aumento de 0,8°C en la temperatura media anual, en los departamentos del occidente y sur (Argeñal *et ál.* 2010). Además, se estima una disminución en la precipitación de un 20 a un 25% en la mayor parte del territorio nacional entre los meses de junio a agosto para el año 2050; mientras que para el año 2090, se prevé que entre los meses de julio y agosto estaría lloviendo solo un 30 o 40% de lo que actualmente llueve, mientras que la temperatura se estaría incrementando más de 4°C en la mayor parte de Honduras (Argeñal *et ál.* 2010).

La Secretaría de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente) -anteriormente SERNA-, ha priorizado sectores y sistemas que son vulnerables ante posibles efectos adversos del CC (SERNA 2010). Entre estos se mencionan los recursos hídricos, agricultura, suelos y seguridad alimentaria, bosques y biodiversidad, sector marino costero, salud humana, gestión de riesgos y energía hidroeléctrica. Con respecto a los recursos hídricos, el informe menciona que existe la posibilidad de que haya una menor disponibilidad de agua superficial en todos sus usos, limitación del reaprovisionamiento de acuíferos, inundaciones y desbordamientos de ríos, erosión del suelo, desmejoramiento de la calidad del agua y alteración de la estructura y función de los humedales. En cuanto a los impactos potenciales a la productividad de cultivos se mencionan: estrés térmico por temperatura, estrés hídrico por falta o por exceso de agua, aumento de las plagas y enfermedades en cultivos y aumento de la erosión del suelo. En cuanto a la biodiversidad, se indican como posibles impactos del CC los siguientes: mayor incidencia de incendios forestales, aumento de plagas y enfermedades, estrés de árboles por ausencia o exceso de agua, modificación de ecosistemas y hábitats, alteraciones de las cadenas y redes tróficas, proliferación de especies invasoras, disminución o desaparición de corredores biológicos, entre otros. Estos son algunos ejemplos proyectados de los posibles efectos adversos del CC sobre el territorio hondureño en próximos años.

## **2.2. Contexto político**

Honduras es signataria del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), así como del Convenio de Diversidad Biológica (CDB); junto a otros 154 países, firmó en 1992 el CMNUCC en la cumbre de la tierra realizada en Río de Janeiro, Brasil. Los compromisos adquiridos por parte del país ante la convención fueron los siguientes (DNCC 2015):

- Realizar inventarios nacionales de GEI y presentarlos en las comunicaciones nacionales
- Implementar programas nacionales con el fin de reducir las emisiones de GEI
- Incorporar en las políticas y medidas sociales y económicas consideraciones relacionadas al CC
- Promover la educación, capacitación y sensibilización de las personas ante el CC
- Promover la participación de todos los sectores del país en incorporar medidas de mitigación y adaptación al CC



Recientemente, los países miembros de la CMNUCC se comprometieron durante el 190 periodo de sesiones de la conferencia de las partes (COP 19), realizada en Varsovia, a “iniciar o intensificar los preparativos en relación con las contribuciones determinadas a nivel nacional (INDC) que tengan previsto realizar” y a comunicar esas contribuciones (CMNUCC 2013). Las INDC representarán un indicador importante del compromiso de los países para hacer frente al CC, con el objetivo de reducir las emisiones de GEI a un nivel compatible con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de los 20C para el final del presente siglo (Höhne et ál. 2014).

En este sentido, Honduras comunicó su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC-Honduras), previo a la COP 21 llevada a cabo en París (INDC-Honduras 2015).

Con respecto al CDB, Honduras asumió el compromiso de formular estrategias, planes y programas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, acorde con las medidas establecidas por la Convención, y que puedan ser incorporadas en las políticas sectoriales e intersectoriales del país; además adquirió el compromiso de desarrollar la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción (ENB-PA) (SERNA-DIBio s.f.).

### **2.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático**

La CMNUCC es un tratado internacional creado en 1992 y que entró en vigor en 1994. Su objetivo es “la estabilización de las concentraciones de los GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático” (CMNUCC 1992). El convenio fue ratificado por el Congreso Nacional de Honduras el 29 de julio de 1995. Producto de las reuniones sostenidas por los miembros de la CMNUCC, conocidas como Conferencia de las Partes (COP), en el 2005 se lanzó una propuesta para crear el mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación (RED) (COP 11), que posteriormente evolucionó en el 2007 (COP13) a lo que se conoce como REDD+, el cual incluye la D de deforestación, así como tres elementos adicionales que dan cabida a distintos intereses (Angelsen *et ál.* 2013): a) conservación, b) manejo sostenible de los bosques y, c) mejora de los reservorios de carbono forestal.

Así, REDD+ es un mecanismo político internacional para la mitigación del CC que se negocia dentro de la CMNUCC, cuyo objetivo es “reducir las emisiones de la deforestación y la degradación del bosque en países en desarrollo, y el papel de la conservación, el manejo sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en países en desarrollo” (Glosario de la CMNUCC en Barquín *et ál.* 2014). Además, según la convención, el mecanismo REDD+ debería de potenciar los derechos de los indígenas, mejorar la gobernabilidad y aumentar la capacidad para la adaptación climática; adicionalmente, REDD+ está teniendo una mayor vinculación con la agenda agricultura-clima (Angelsen *et ál.* 2013).

En el 2016, la CMNUCC generó un nuevo acuerdo con sus países miembros (COP 21) en París, el cual tiene como meta limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de los 2<sup>o</sup>C, para lo cual se propuso que los GEI alcancen un punto máximo lo antes posible. Además, se propuso que cada miembro deberá preparar, comunicar y mantener, cada cinco años, las contribuciones determinadas a nivel nacional (INDC) que tengan previsto efectuar. El acuerdo también señala que se brindarán fondos por USD100 000 millones para los países en desarrollo desde la fecha hasta el 2020, con el objetivo de mejorar la adaptación y la mitigación al CC, así como para el apoyo en tecnología y fomento de la

capacidad. El acuerdo debe ser ratificado por 55 países que representen el 55% del total de las emisiones mundiales de GEI y que hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación y adhesión (CMNUCC 2015).

El proceso de REDD+ en Honduras se dio a principios de 2009. La SERNA, junto con el Instituto Nacional de Conservación Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF), fueron las instituciones encargadas de llevar a cabo los asuntos relacionados con el CC y los roles operativos en el tema de REDD+. Para el 2014, la SERNA por decreto PCM-001-2014, se establece como la Secretaría de Estado en los despachos de Energía, Recursos Naturales, Ambiente y Minas (MiAmbiente), quedando el ICF adscrita al mismo con rango de dirección, pero con marco legislativo propio (UN-REDD 2015).

La desaparición de los bosques es preocupante debido a que con ella también desaparece la diversidad biológica que albergan; hay impactos en los medios de vida rurales y daños a servicios de los ecosistemas, como el aprovisionamiento de agua, entre otros (SERNA-PNUD 2014). Según la evaluación de los recursos forestales mundiales (FAO 2010), Honduras al 2010 tenía una tasa de cambio anual del recurso forestal del 2,16%, teniendo una cobertura forestal para el 2015 de 5 384 425 ha de bosque, lo que supone un 48% del territorio nacional (ICF 2016). Ante este escenario de pérdida de cobertura forestal, el país ha formulado un plan de cinco años para el sector forestal. El plan inició con el trabajo realizado a mediados del 2010 en el contexto del documento R-PP (Readiness Preparation Proposal) para el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF) y fue diseñado por un monto de USD8 659 600, con el objetivo al 2017 de: a) contar con una estructura de participación y consulta implementada a nivel nacional; b) acceso a información detallada y confiable sobre el estado de los bosques y territorios identificados para futuros proyectos REDD+; c) nivel de referencia establecido; y d) un sistema de monitoreo forestal nacional diseñado (UN-REDD 2015). El Programa Nacional ONU-REDD (PN ONU-REDD), ha definido las actividades de apoyo considerando las actividades de otros donantes y del gobierno, buscando la complementariedad y sinergias (UN-REDD 2015).

Adicionalmente y debido a que las actividades de REDD+ incluyen acciones de conservación, uso y restauración de bosques, con lo que se pretende reducir las tasas de deforestación de los bosques tropicales en países en desarrollo, Honduras propone un Sistema de Evaluación Social y Ambiental (SESA), como el instrumento que se aplicará como evaluación previa durante el proceso y posteriormente para identificar posibles impactos, positivos y negativos, en diferentes poblaciones humanas y en el medio ambiente. Así, con la iniciativa de REDD+ Honduras se pretende lograr los objetivos siguientes con respecto a los impactos socioambientales de la estrategia (Rodas 2011):

a) Implementar una evaluación social y ambiental *ex ante* de los impactos negativos y positivos de la estrategia

b) Diseñar un plan de gestión socio-ambiental que incluya las medidas de atención a los impactos, riesgos y amenazas

c) Realizar una evaluación social y ambiental *ex post* de los impactos del proceso de diseño de la estrategia

d) Monitorear el proceso de consulta y participación según criterios de consentimiento libre, previo e informado.

En este contexto, Honduras ha generado diferentes estrategias para frenar la destrucción de los bosques y mejorar el manejo forestal. Entre estas está la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), cuyo propósito es que la sociedad, economía y territorio hondureño estén expuestos a niveles de vulnerabilidad climática bajos, mediante el fortalecimiento del marco de políticas públicas, incorporando medidas apropiadas encaminadas a reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica, mejorando la capacidad de adaptación, particularmente de aquellos sectores de la población más expuestos a amenazas climáticas (SERNA 2010).

Así, en el tema de adaptación se definieron 15 objetivos estratégicos, los cuales se espera tengan influencia sobre los recursos hídricos, la agricultura, suelos y seguridad alimentaria, bosques y biodiversidad, sistemas costeros y marinos, salud humana, gestión de riesgos y energía hidroeléctrica. El Cuadro 1 resume los objetivos estratégicos de adaptación para el área de bosques y biodiversidad.

**Cuadro 1. Objetivos estratégicos para la adaptación de bosques y biodiversidad adoptados por Honduras en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático**

Área de incidencia	Objetivos estratégicos para la adaptación
Bosques y biodiversidad	Preservar a largo plazo la función, estructura y composición de los ecosistemas para mejorar su capacidad de adaptación ante el cambio climático
	Prevenir la pérdida de bosques latifoliados y de coníferas debido a la incidencia de incendios y plagas forestales, bajo condiciones de cambio climático
	Implementar un adecuado manejo forestal para la protección y la producción ante la alteración de la riqueza, funcionalidad y relaciones simbióticas como efecto del cambio climático

Fuente: modificado de SERNA (2010)

En el tema de mitigación, se proponen dos objetivos estratégicos, los cuales pretenden reducir y limitar las emisiones de GEI y fortalecer las sinergias entre las medidas de adaptación y mitigación con lo que se cree un mejor ajuste a los sistemas socio-naturales ante los posibles impactos del CC (SERNA 2010). Además, en su camino preparatorio para la futura implementación de la estrategia REDD+, Honduras a diseñado la Estrategia Nacional de REDD+, la cual será la guía a nivel nacional para reducir emisiones producto de la deforestación y maximizar los beneficios ambientales y sociales asociados a ese tipo de actividades (UN-REDD 2015).

### 2.2.2. Convenio de Diversidad Biológica

El CDB fue firmado en 1992 durante la Conferencia sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Actualmente está ratificado por 194 países y tiene tres objetivos principales: a) la conservación de la diversidad biológica; b) la utilización sostenible de sus componentes; y c) la distribución justa y equitativa de la utilización de los recursos genéticos (Secretaría de la CDB 2011).

Honduras es firmante de la CMNUCC, pero también de otros convenios como el 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y del CDB. En este sentido el CDB, en su novena reunión -la Conferencia de las Partes (COP)- acogió la consideración del tema de la reducción de las emisiones producto de la deforestación y la degradación del bosque (REDD+) en el contexto de la CMNUCC, invitando a las partes, otros gobiernos y organizaciones a asegurar que posibles acciones para la

reducción de los GEI provenientes de la deforestación y la degradación del bosque no contrarrestarán los objetivos del CDB y la implementación del programa de trabajo en biodiversidad forestal, sino, por el contrario, a respaldar la implementación del programa de trabajo del CDB y a proveer beneficios para la biodiversidad forestal, y, donde fuera posible a las comunidades indígenas y locales (Secretariat CDB 2011).

## **2.3. Función de los bosques ante el cambio climático y la conservación a escala de paisaje**

### **2.3.1. Flujo de carbono**

El carbono es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas; se obtiene de la atmósfera por medio de la fotosíntesis y, cuando las plantas mueren, los tejidos ricos en carbono vuelven al suelo donde son descompuestos por los microorganismos. Esta materia orgánica funciona como un enorme almacén de carbono que se libera del suelo cuando es descompuesta por varios tipos de organismos aerobios que usan el carbono para su propio crecimiento, liberando así nutrientes que pueden ser captados por las plantas, pero que también producen CO<sub>2</sub> (Lessard *et ál.* s.f.).

El CO<sub>2</sub> forma una pequeña parte de la atmósfera del planeta (0,04%) (NOOA 2015); circula entre tres reservorios, a saber: la atmósfera, los océanos y el sistema terrestre, el cual incluye una variedad de sumideros como los bosques y el carbón orgánico encontrado en el suelo. De los tres reservorios el océano es el que contiene las mayores cantidades de carbono. La atmósfera es el reservorio de carbono más pequeño, pero juega un papel muy importante en el ciclo como conductor entre los otros dos (Post *et ál.* 1990).

Una vez que el CO<sub>2</sub> se emite a la atmósfera se distribuye rápidamente por ésta, la capa superior del océano y la vegetación. Dependiendo de la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado, entre un 15 y un 40% permanecerá en la atmósfera hasta 2000 años; pasado este tiempo se establecerá un nuevo balance entre la atmósfera, la biosfera terrestre y el océano (IPCC 2013). Antes de la era industrial (~1750), las concentraciones del CO<sub>2</sub> atmosférico eran de alrededor de 280 partes por millón (ppm). Esto fue así durante miles de años (Prentice *et ál.* 2001); para el 2011, las concentraciones habían aumentado hasta 391 ppm, lo que excedía los niveles preindustriales en un 40%. Las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> provenientes de la combustión de combustibles fósiles y la producción de cemento fueron de 9,5 GtC año<sup>-1</sup> en 2011. Las emisiones netas anuales de CO<sub>2</sub> provenientes de la actividad humana como el cambio en el uso del suelo fueron, en promedio, de 0,9 GtC año<sup>-1</sup> durante el periodo de 2002 a 2011 (IPCC 2013).

### **2.3.2. Ecología del paisaje**

Turner *et ál.* (2001) definen la ecología del paisaje como la interacción entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos; es decir, las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial a través de un rango de escalas. Se enfoca en: a) la relación espacial entre los elementos del paisaje; b) el flujo de energía, nutrientes minerales y las especies entre los elementos; y c) la dinámica ecológica del mosaico del paisaje a través del tiempo.

La ecología del paisaje se distingue dentro de la disciplina de la ecología porque aborda explícitamente la importancia de la configuración espacial de los procesos ecológicos; no solo se ocupa

de la cantidad de un elemento en particular sino, de la forma en que se dispone. Adicionalmente, esta disciplina se enfoca en la extensión espacial que es mayor a lo que tradicionalmente se estudia en ecología; así la ecología del paisaje aborda las diferentes dinámicas ecológicas a través de grandes áreas, aunque éstas no son absolutas (Turner *et ál.* 2001).

### **2.3.2.1. La escala del paisaje**

El concepto de escala es fundamental en ecología y ha sido fuertemente enfatizado en la ecología del paisaje. Una de las razones de esto es que los datos espaciales frecuentemente son obtenidos de diferentes fuentes y mapeados a diferentes escalas (Gergel y Turner 2002). La escala es medida por el grano y la extensión. El grano se define por el nivel más fino de resolución realizado en una observación, mientras que la extensión espacial de un grupo de observaciones es establecida por el total del área muestreada (Gergel y Turner 2002).

El concepto de escala y jerarquía están ligados. La jerarquía se define como un sistema de interconexiones en el que los niveles superiores limitan los inferiores en diferentes grados, dependiendo de las limitaciones del comportamiento (Turner *et ál.* 2001). Ésta, dentro de la ecología del paisaje, explora los patrones y procesos a través de diferentes niveles de escala espacio-temporales. La clasificación del paisaje es un ejemplo de un marco jerárquico. Por ejemplo, la cuenca de un río está compuesta de subcuencas, y cada subcuenca, a su vez está compuesta por microcuencas (Farina 2006).

### **2.3.2.2 Estructura del paisaje**

La cuantificación de los patrones del paisaje puede ser útil para comprender los efectos de dichos patrones en procesos ecológicos y documentar los cambios temporales y las diferencias entre dos o más paisajes (Turner *et ál.* 2001); además, son indicadores de las condiciones naturales y humanas de la tierra. La estructura espacial de los parches, clase de parches o el mosaico de parches, puede ser medida y descrita a través de las métricas del paisaje. Estas métricas proporcionan información útil acerca de la composición o configuración del paisaje; por ejemplo, la proporción del tipo de cobertura y el tamaño o la forma de los elementos presentes (Leitão *et ál.* 2006).

Las métricas del paisaje miden dos aspectos fundamentales de la estructura del paisaje: la composición y la configuración. La composición se refiere a la variedad y abundancia de los tipos de parches sin tomar en cuenta el arreglo espacial. Mide, por ejemplo, la riqueza de los parches, la abundancia proporcional de cada tipo de parche y la diversidad total de los tipos de parches. Por otra parte, la configuración se refiere al arreglo, posición u orientación de los elementos del paisaje. Esta mide, por ejemplo, la forma, la distancia entre los parches de una misma clase, la agregación y tipo y el grado de contraste a lo largo del borde de los mismos (Leitão *et ál.* 2006).

Entre las métricas que cuantifican la composición del paisaje tenemos: proporción ocupada ( $p_i$ ), riqueza relativa, diversidad y dominancia, y conectividad. Con respecto a las métricas que miden la configuración, encontramos: probabilidad de adyacencia, contagio, área de parche y perímetro, conectividad e índice de proximidad (Turner *et ál.* 2001)

### **2.3.2.3. Fragmentación**

La pérdida del hábitat y su consiguiente fragmentación son consideradas como las más grandes amenazas para la preservación de la biodiversidad mundial y una causa principal de extinción. La pérdida del hábitat implica la reducción del tamaño del mismo, resultando en la división del hábitat en parches, lo que se conoce como fragmentación; así, la fragmentación se define como la transformación de un hábitat continuo en parches que varían en tamaño y configuración (Hilty *et ál.* 2006). La fragmentación del hábitat tiene 4 efectos sobre el proceso de fragmentación en los patrones de hábitat: a) reducción en la cantidad de hábitat; b) aumento en el número de parches de hábitat; c) disminución en el tamaño de los parches de hábitat; y d) aumento en el aislamiento de los parches (Fahrig 2003).

La pérdida de hábitat tiene efectos negativos y directos en la biodiversidad. Los resultados se pueden observar en la riqueza, abundancia y distribución de las especies, y en la diversidad genética; pero también tiene efectos indirectos en las medidas y factores que afectan a la biodiversidad (Fahrig 2003). Además de los efectos en el funcionamiento del paisaje, la fragmentación altera el comportamiento y la dinámica de las poblaciones en el sistema fragmentado. La respuesta de las poblaciones a los cambios en el paisaje puede ser negativa, si por ejemplo, no existen parches de bosque habitables para una población particular, ésta podría llegar a perderse (Gascon *et ál.* 2004)

Los impactos de la fragmentación producto de las actividades humanas son extensos. Varían desde una disminución en el número de especies, tamaño de las poblaciones y su distribución, hasta el aumento de especies exóticas y la depredación de la flora y fauna nativa (Hilty *et ál.* 2006).

Los cambios en los patrones del paisaje que son generados producto de la fragmentación son identificables por medio de la medición de atributos como el área total del hábitat natural remanente, la distribución del tamaño y frecuencia de los fragmentos, la forma y la distancia de los mismos (Bennett 2004).

### **2.3.2.4. Conectividad**

El incremento de los paisajes dominados por humanos y la fragmentación de los bosques tropicales, ha convertido a la conectividad del paisaje y de las poblaciones en un factor crítico para la conservación de la biodiversidad (Sekercioglu 2009).

Mantener o aumentar la conectividad es la mejor solución al proceso de fragmentación. Para ello, se puede manejar el paisaje entero para promover la conectividad para las especies, comunidades y procesos ecológicos; o, se pueden manejar hábitats específicos (Anderson y Jenkins 2006). Se entiende la conectividad como una medida de la habilidad de los organismos para moverse entre parches separados de hábitat idóneo; puede ser observada a diferentes escalas espaciales (Hilty *et ál.* 2006). A escala de paisaje, la conectividad puede definirse como el punto en el que el paisaje facilita o impide el movimiento entre parches con recursos (Bennett 2004).

Un paisaje con alta conectividad es aquel en el que individuos de una especie se desplazan con libertad entre hábitats idóneos; mientras que uno con baja conectividad es aquel en el que los individuos de una especie tienen limitaciones para su desplazamiento entre hábitats adecuados (Bennett 2004).

Se conocen dos componentes de la conectividad: un componente estructural y uno funcional. El primero está determinado por la distribución espacial de tipos diferentes de hábitat en el paisaje; está influenciado por factores como continuidad de hábitats adecuados, dimensión de las brechas, distancia que se debe atravesar y la presencia de senderos alternativos o característicos de redes. El componente funcional hace referencia a la respuesta en la conducta de los individuos y las especies a la estructura física del paisaje; es influenciado por la escala en la que una especie percibe y se desplaza dentro del paisaje, requisitos de hábitat y grado de especialización, tolerancia ante hábitats alterados, fase de vida y tiempos de desplazamientos de dispersión y la respuesta de la especie a los depredadores y competidores (Bennett 2004).

La conectividad estructural se analiza a través de las métricas del paisaje, las cuales describen la estructura espacial y las clases o mosaicos de los parches. Proveen información importante a cerca de la composición y configuración del paisaje, como la proporción de cada tipo de cobertura del suelo o el tamaño y la forma de los elementos del paisaje (Leitão *et ál.* 2006).

La estructura del paisaje se puede analizar en tres niveles: a nivel de parche, clase y paisaje. A nivel de parche –el cual puede definirse como un área relativamente homogénea que difiere de sus alrededores-, las métricas miden características de los parches individuales, como el tamaño, forma, distancia al vecino más cercano y regresan un valor único para cada parche. A nivel de clase –el cual es un *set* de parches del mismo tipo-, las métricas miden características de una clase entera como la extensión total, tamaño promedio de parches y grado de agregación y regresan un valor único para cada clase. En el caso del nivel del paisaje, el cual se define como un conjunto de todos los parches dentro del área de interés, las métricas miden características del mosaico de parches por completo, como la diversidad del tipo de parche, tamaño promedio y grado de agregación y regresa un valor único para todo el paisaje (Leitão 2006).

La conectividad funcional se refiere al grado en el cual el paisaje facilita o impide el movimiento de un organismo entre fragmentos de parches y explícitamente considera la respuesta de comportamiento de diferentes organismos a varios elementos del paisaje. Considerando esto, el patrón de movimiento de las aves entre fragmentos, provee una medida de la conectividad funcional (Vélez *et ál.* 2015). La habilidad para moverse entre fragmentos de bosque a través de una matriz difiere entre gremios funcionales y especies; rasgos como afinidad al hábitat, tamaño del cuerpo, comportamiento de forrajeo, pueden influenciar el movimiento de las aves a través de paisajes fragmentados (Vélez *et ál.* 2015); por ejemplo, en la Amazonia, aves que pudieron atravesar grandes claros entre fragmentos de bosque, fueron especies de cuerpo mediano a grande insectívoras, frugívoras y granívoras (Lees y Peres 2009).

Un gremio de aves importante para evaluar la conectividad funcional para los organismos, es el de los insectívoros. Es un grupo bien estudiado y que es conocido por ser sensitivo a la fragmentación del hábitat (Sigel *et ál.* 2010), dependiente del bosque para su reproducción y que tiene habilidad limitada para movilizarse a través de paisajes abiertos (Sekercioglu *et ál.* 2002; Fagan *et ál.* 2016). Además, estas aves son renuentes a cruzar hábitats inadecuados, aunque sean tan estrechos como un camino o sendero; otro factor que puede aumentar la vulnerabilidad de este gremio es su dieta especializada, que lo hace especialmente sensitivo a la distribución fluctuante de recursos. Estas características hacen de este grupo un indicador aceptable para la conectividad funcional (Sigel *et ál.* 2010; Fagan *et ál.*

2016). Las aves seleccionadas para este estudio son relativamente abundantes en paisajes fragmentados, bien estudiadas en el neotrópico, ampliamente distribuidas y abundantes durante todo el año en bosques tropicales de tierras bajas (Fagan *et ál.* 2016).

Como estrategias principales para la adaptación al CC, se recomienda el incremento y mejoramiento de la conectividad en el paisaje, haciendo necesario el diseño y establecimiento de corredores biológicos entre las áreas protegidas, orientándolas en forma longitudinal a través de tierra sin protección (Herrera *et ál.* 2016).

### **2.3.2.5. Aves y cambio climático**

Se ha reconocido al CC junto con la destrucción del hábitat, como una de las principales amenazas a la biodiversidad del planeta (IPCC 2007). Uno de los principales indicadores biológicos ante el CC de origen antropogénico lo constituyen las aves debido a dos razones: son la clase de organismos mejor conocida en términos de investigación climática y, millones de observadores de aves los siguen a través del planeta, contribuyendo a extensas bases de datos (Şekercioğlu *et ál.* 2012).

Las aves son organismos con un metabolismo muy activo, lo que las hace altamente sensitivas a cambios en el clima; de igual manera son organismos altamente móviles, lo que las hace extremadamente reactivas. Así, por algunas décadas han exhibido cambios claros en diferentes aspectos, que han sido pronunciados y algunas especies han tenido que expandir sus rangos a latitudes mayores, regresar más temprano y estar por más tiempo en sus sitios de reproducción, o prolongar los periodos de reproducción (Møller *et ál.* 2004). Adicionalmente, la variación en el clima tiene una fuerte influencia en la dinámica de las poblaciones de aves, por lo que se espera que con el CC estas dinámicas fluctúen en tiempo y espacio, resultando en cambios visibles en la viabilidad y la distribución de muchas especies de aves (Møller *et ál.* 2010).

La información actual y prevista acerca de los impactos del CC en las aves tropicales puede usarse para evaluar la conveniencia de las actuales prácticas de conservación. Por ejemplo, lo adecuado de las redes de áreas protegidas existentes, así como sugerir estrategias de manejo para prevenir la futura disminución y extinción de dichas especies. Además, muchas de las características fisiológicas, ecológicas y biogeográficas que hacen que ciertas especies de aves sean más susceptibles al CC también están presentes en otros grupos de vertebrados. Las medidas que se están llevando a cabo para reducir los impactos negativos del CC en las comunidades de aves podrían también ayudar a especies de otros grupos (Şekercioğlu *et ál.* 2012).

Como un grupo bien estudiado y distribuido a nivel mundial, las aves son excelentes referentes de los impactos del CC en la biodiversidad. Un CC descontrolado junto con la pérdida de hábitat puede conducir a la extinción de cientos de especies de aves (Şekercioğlu *et ál.* 2012); se ha estudiado que la fragmentación del hábitat afecta la densidad de poblaciones, distribución y riqueza de especies de aves dependientes de bosque (Lampila *et ál.* 2005).

El CC afecta la ecología y el tamaño de las poblaciones de las especies de aves de diferentes maneras: alterando su rango de distribución, interacciones, fenología, sobrepasando la tolerancia de las especies a temperatura y otras variables ambientales y alterando el hábitat. En Costa Rica, por ejemplo, se estudió que el CC está alterando el rango de distribución de tucanes (*Ramphastos sulfuratus*),



haciendo que estos se muevan a alturas mayores, traslapándose con el hábitat de quetzales (*Pharomachrus mocinno*), a cuyos huevos depredan (Miller-Rushing *et ál.* 2010). Otro ejemplo de aves tropicales que podrían ser afectadas por el CC es el de la familia Pipridae (manakins); esta es una familia de aves limitada a hábitats de bosque en zonas neotropicales, con distribución geográfica y preferencias ecológicas variadas, además de tener distribuciones altitudinales amplias (Sekercioglu *et ál.* 2012). Anciaes y Peterson (2009), modelaron el nicho ecológico de diferentes especies de manakins, usando la distribución presente y preferencias climáticas y combinándolas con proyecciones climáticas para mediados del siglo 21. Ellos encontraron que aquellas especies limitadas a tierras bajas de la cuenca del Amazonas y el Cerrado, van a ser las más afectadas, necesitando moverse mayores distancias para seguir sus nichos ambientales. Se espera que estas especies pierdan el 80% de su hábitat debido al cambio en la temperatura producto del CC.

Ecológicamente, las aves son importantes para muchos procesos de los ecosistemas y muchas especies proveen servicios ecosistémicos clave como polinizadores, dispersores de semillas, controladores de plagas (invertebrados y vertebrados), limpieza del ambiente (carroñeros), depredadores de especies invasoras, para el monitoreo ambiental, turismo, usos culturales y económicos. La continua reducción de la abundancia y la riqueza de especies de aves posiblemente tendrá consecuencias ecológicas de gran alcance, con diversos impactos en la sociedad, variando desde la propagación de enfermedades y pérdida de controladores de plagas en la agricultura, hasta la extinción de plantas. La pérdida rápida de especies de aves puede ser causa de reducciones importantes en ciertos procesos de los ecosistemas, antes que se tenga el tiempo para estudiar y comprender los mecanismos subyacentes (Sekercioglu *et ál.* 2006). Así, la conservación de la diversidad de aves representa una sinergia entre mitigación y adaptación puesto que estas cumplen funciones importantes para la preservación de los bosques -asociado a procesos de mitigación-, así como al mantenimiento de servicios ecosistémicos y protección ante eventos climáticos extremos, asociados a procesos de adaptación.

Es necesario comprender con urgencia cómo el CC afectará la capacidad de las áreas protegidas para albergar especies y comunidades; aquellas áreas propensas a la sequía, por ejemplo, reducirán la disponibilidad de alimento lo que reduciría el éxito reproductivo de las aves, conduciendo a una amplia disminución de poblaciones aún en reservas de gran tamaño. Las áreas en zonas altas y más frías serán importantes para la conservación de especies con distribución restringida; de esta forma, se hace necesario el diseño de redes de áreas protegidas considerando el CC, ya que esto será crítico para la conservación (Sekercioglu *et ál.* 2012).

### **2.3.3. Bosques y cambio climático**

Se estima que la deforestación en regiones tropicales comprendió entre un 7–14% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico durante el periodo 2000 – 2005 (Harris *et ál.* 2012). La mayoría de los GEI liberados a la atmósfera en los países tropicales provienen de la deforestación y degradación del bosque (Gibbs *et ál.* 2007; Hosonuma *et ál.* 2012). El evitar la deforestación y por lo tanto preservar el contenido de carbono almacenados en la vegetación, dará una oportunidad para

mitigar los efectos del cambio de uso de la tierra<sup>1</sup> y el CC en la biodiversidad y mantendrá la conectividad a través del paisaje (Jantz *et ál.* 2014).

Honduras ha logrado identificar causas principales de deforestación y/o degradación de los bosques en 7 ejes temáticos (Vallejo 2011): políticas, legislación, institucionalidad y aspectos técnicos, sociales, financieros y culturales. Desafortunadamente, el país adolece de un sistema de monitoreo que genere cifras precisas sobre la tasa de deforestación anual; según el análisis multitemporal realizado por la Unidad de Monitoreo Forestal del ICF, se estimó la tasa anual de deforestación en 28 395 ha/año en el periodo de 2005-2009 (Murillo 2011).

A nivel mundial los bosques cubren ~42 millones de km<sup>2</sup> en zonas tropicales, templadas y boreales; esto representa alrededor del 30% de cobertura en los paisajes terrestres (Bonan 2008). Estos bosques proveen servicios ecológicos, económicos, sociales y estéticos tanto para la humanidad como para los sistemas naturales. Estos servicios incluyen: refugio para la biodiversidad, alimento, medicina, productos forestales, regulación del ciclo hidrológico, protección del suelo, usos recreacionales, necesidades espirituales y valores estéticos (Bonan 2008).

Los bosques son especialmente sensibles ante el CC debido al periodo largo de vida que poseen, el cual no les permite una rápida adaptación a cambios en el ambiente (Lindner *et ál.* 2010). El CC puede afectar los bosques alterando la frecuencia, intensidad, duración y el tiempo del fuego, sequías, especies introducidas, surgimiento de plagas, huracanes o deslizamientos (Dale *et ál.* 2001). A pesar de la variabilidad de los modelos de CC, existe un consenso que, ante los escenarios más probables, alrededor de un tercio de las áreas boscosas del mundo serán significativamente afectadas (Dudley 1998).

Dudley (1998), resume los principales tipos de cambio esperados en ecosistemas boscosos:

- **Perturbaciones:** el CC incrementará el grado de perturbaciones, desde eventos climáticos extremos como tormentas hasta cambios pequeños pero importantes en la estacionalidad, lluvias y temperatura. El CC agregará aquellas otras formas de perturbación humana, las cuales actualmente están fragmentando y alterando los ecosistemas de los bosques.
- **Simplificación:** efectos relacionados con la reproducción de árboles y tasas de migración de especies en áreas que experimenta CC severo tenderán a causar problemas para las especies de crecimiento lento, favoreciendo un crecimiento rápido de gramíneas de vida corta y especies invasoras. El resultado será la aceleración de una tendencia que ya está ocurriendo como resultado de otras formas de intervención humana, como el reemplazo de bosques ricos en especies por bosques pobres.
- **Movimiento:** probablemente, geográfica y altitudinalmente. La habilidad de los árboles para migrar suficientemente rápido para mantener el ritmo del CC todavía es ampliamente desconocida y dependiente de muchos otros factores. La amplitud con la cual las condiciones ecológicas cambien, dependerá de una compleja mezcla de factores. Por ejemplo, condiciones más cálidas podría estimular a los árboles a moverse altitudinalmente, mientras que sequías adjuntas, podrían tener el efecto contrario.
- **Reducción en la edad:** perturbaciones, aumento en los incendios, cambios en patrones de plagas y transiciones de comunidades enteras, podrían motivar una tendencia existente

---

<sup>1</sup> En el caso de Honduras se da por la conversión de bosques y praderas y quema *in situ* de bosque (Castro *et ál.* 2008).

hacia el reemplazo de bosques maduros con bosques más jóvenes. Esto tiene implicaciones importantes para la biodiversidad, ya que muchas de las especies actualmente amenazadas están confinadas a bosques maduros.

- **Extinción:** algunos de los hábitats más vulnerables, incluyendo especies en el borde de su nicho ecológico y algunos sistemas particularmente amenazados como manglares en islas, podrían desaparecer. Las especies también pueden desaparecer de algunos bosques que aparentemente pueden sobrellevar los cambios relativamente bien.

Ante el CC, la biodiversidad que los bosques poseen se verá impactada de diferentes maneras. Con el incremento esperado durante el presente siglo del CO<sub>2</sub> atmosférico, es probable que el CC se convierta en la primera o segunda causa de la pérdida de la biodiversidad global (Heller y Zavaleta 2009; McCarty 2001; Brodie *et ál.* 2012).

El cambio global ya ha empezado a afectar la distribución geográfica de las especies; movimientos hacia los polos en límites de distribución correlacionados con cambios climáticos y cambios en la precipitación, han sido documentados para especies de bosque templado y subtropicales; cambios fenotípicos presagian mayores movimientos hacia los polos (Colwell *et ál.* 2008). Diferentes estudios han conducido meta-análisis estadísticos de la respuesta de especies al CC para revelar patrones emergentes. La conclusión de dichos estudios es que el calentamiento global del siglo veinte producto de la actividad humana, ha afectado la biota de la tierra. En los trópicos, el incremento proyectado de la temperatura conducirá a una reducción o pérdida de aproximadamente un 30% de las especies epífitas y cerca del 80% de las especies de hormigas en las tierras bajas de Costa Rica (Colwell *et ál.* 2008). Así mismo, el incremento en la temperatura podría ser de particular importancia para ectodermos tropicales y árboles, los cuales tienen un rango de tolerancia a cambios en la temperatura estrechos (Brodie *et ál.* 2012).

## 2.4. Estrategias de conservación ante el cambio climático

Ante el panorama del CC que enfrentan y enfrentarán los bosques naturales y la biodiversidad en general, es necesario plantearse las estrategias de conservación para los ecosistemas naturales. En este sentido, una de las maneras de afrontar los impactos del CC es mediante la adaptación y mitigación como estrategias complementarias para reducir y manejar sus riesgos (IPCC 2007; IPCC 2014; Duguma *et ál.* 2014; Füssel 2007).

Así, por medio de la mitigación se busca reducir las fuentes o aumentar los sumideros de GEI, mientras que la adaptación busca reducir los impactos del CC (Locatelli *et ál.* 2011). Las interacciones entre la mitigación y la adaptación pueden darse si, por ejemplo, se da la forestación con especies nativas, lo que aumenta la captura y el almacenamiento de carbono, reduce inundaciones y ayuda a la adaptación de la biodiversidad (Berry 2008). A pesar de que las dos medidas buscan reducir los impactos negativos del CC, estas son diferentes en su naturaleza, sus cobeneficios, sus límites, quién decide y quién paga el precio *versus* quién se beneficia. Por ejemplo, las medidas tienden a ser diferentes en sus dimensiones temporales, los patrones geográficos de sus efectos y el enfoque sectorial de sus respuestas (Wilbanks *et ál.* 2007)

### **2.4.1. Mitigación ante el cambio climático**

La mitigación consiste en actividades que apuntan a reducir la emisión de GEI, directa o indirectamente, evitando o capturándolos antes que sean emitidos a la atmósfera o secuestrándolos por medio de sumideros como los bosques. Dichas actividades pueden implicar, por ejemplo, cambios en patrones de comportamiento o desarrollo y difusión de tecnologías (Secretariat CDB 2011).

Así, la mitigación reduce los impactos positivos o negativos del CC y además reduce el reto de la adaptación; tiene además beneficios globales, aunque la mitigación efectiva requiere la participación de un número suficiente de emisores de GEI para impedir las fugas (IPCC 2007).

Tradicionalmente, la mitigación ha recibido mayor atención que la adaptación debido a varios factores: i) tiene la capacidad de reducir impactos en todos los sistemas sensibles al clima; ii) los beneficios a largo plazo son ciertos porque reduce la causa del problema del CC; iii) generalmente aplica el principio del que contamina paga; y iv) los GEI son fáciles de monitorear cuantitativamente (Füssel 2007).

Es necesario tomar medidas de mitigación inmediatas para limitar la magnitud y reducir los riesgos del CC a largo plazo. Entre las principales causas de las emisiones en Latinoamérica se encuentran el uso de la tierra, cambio de uso y la silvicultura y la agricultura (Vergara *et ál.* 2013). Si bien las emisiones de la región son bajas, las mismas siguen siendo más altas que en África y Asia, por lo que las medidas de mitigación se concentrarían más en mantener los niveles bajos de emisiones que en reducirlos (CDKN 2014). En el caso específico de Honduras, las emisiones con potencial para el calentamiento global las genera principalmente el sector energía, el cual contribuyó con un 21,10%, seguido por el sector de cambio en el uso de la tierra y silvicultura, con un aporte del 18,62% de las emisiones para el año 2000 (Castro *et ál.* 2008).

Las medidas de mitigación en bosques se pueden clasificar en cuatro categorías: a) conservación de carbono (evitar emisiones por deforestación, protección de bosques); b) secuestro; c) compensaciones de carbono (sustitución de combustibles fósiles, extracción de madera en forma sostenible); d) compensaciones de carbono de los productos maderables (Ravindranath *et ál.* 2000). Los proyectos REDD+ serán muy importantes en la mitigación ya que buscan la reducción de la deforestación y la degradación por lo que la priorización para conservar o restaurar grandes bosques y parches de bosque pequeños -incluso-, contribuirá a la conservación de hábitats y de las especies que en ellos se encuentren (Herrera *et ál.* 2016).

### **2.4.2. Adaptación ante el cambio climático**

Se define la adaptación como los ajustes en sistemas naturales y humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos y que moderen los daños o exploten las oportunidades beneficiosas (Secretariat CDB 2011). La adaptación puede ser una acción específica, por ejemplo, un granjero que cambia una variedad de cultivo a otra que se ajusta mejor a condiciones anticipadas. También, puede ser un cambio sistemático, como la diversificación de los medios de vida en la zona rural como una respuesta en contra de los riesgos asociados a la variabilidad y a cambios extremos. La adaptación es un proceso y este incluye el aprender acerca de los riesgos, evaluar las opciones de

respuesta, crear las condiciones que permitan la adaptación, movilizar recursos y revisar opciones con nuevo aprendizaje (Leary *et ál.* 2008).

Herrera y colaboradores (BID y CATIE 2014), resumen los principios para el diseño de estrategias y políticas de adaptación<sup>2</sup>:

- a) Promueve la resiliencia o resistencia en los ecosistemas como en las comunidades humanas
- b) Promueve enfoques multi-sectoriales
- c) Integra y opera escalas geográficas múltiples
- d) Integra estructuras de implementación flexibles que permiten y propician el manejo adaptativo
- e) Maximiza los beneficios con las metas de desarrollo y conservación de la biodiversidad para evitar efectos negativos sociales y ambientales
- f) Parte del mejor conocimiento científico y local disponible y promueve la generación, sistematización y difusión del conocimiento
- g) Es participativa, transparente, responsable y culturalmente apropiada, y aborda aspectos de equidad de género.

En relación a los bosques, la adaptación comprende dos categorías: 1) adaptación para los bosques, la cual se enfoca en los cambios en el manejo necesarios para aumentar la resistencia y la resiliencia de los mismos y 2) bosques para la adaptación, la cual apunta al rol que los bosques cumplen ayudando a las sociedades a adaptarse al CC (Secretariat CDB 2011).

El CC está ocurriendo y se ha observado que está afectando a los ecosistemas y su biodiversidad; esto implica que la mitigación sola no es capaz de evitar los impactos del CC. Así, actividades de adaptación específicamente diseñadas para reducir los impactos del cambio climático tienen que ser consideradas junto con estrategias de mitigación (Gitay *et ál.* 2002).

Dentro de las principales acciones de adaptación para el manejo y la conservación de la biodiversidad ante el CC, se recomiendan las siguientes (Heller y Zavaleta 2009):

- Aumento de la conectividad (diseño de corredores, remover barreras para la dispersión, ubicar reservas cercanas, reforestación)
- Integrar el CC dentro de los ejercicios de planificación
- Mitigar otras amenazas (especies invasivas, fragmentación, contaminación)
- Estudio de las respuestas fisiológicas, de comportamiento y demográficas de las especies ante el CC
- Traslado de especies
- Incrementar y mantener programas de monitoreo básico
- Práctica de manejo intensivo para asegurar poblaciones
- Incrementar el número de reservas
- Protección de áreas de mayor tamaño, aumentar tamaño de las reservas

---

<sup>2</sup> Esto como parte de la Estrategia Nacional de Adaptación de la Biodiversidad ante el Cambio Climático en Costa Rica

### 2.4.3. Sinergias entre adaptación y mitigación

Vallejo *et ál.* (2016), definen las sinergias entre la adaptación y la mitigación, como las interrelaciones entre ellas, las cuales se ven reflejadas en decisiones y acciones planificadas y sujetas a monitoreo y evaluación. Estos autores indican que las decisiones y las acciones se diseñan e implementan a diferentes escalas, buscando generar y maximizar los beneficios de la mitigación y la adaptación y al mismo tiempo disminuir las disyuntivas entre ellas, promoviendo el desarrollo sostenible.

Un ejemplo de las sinergias entre ambas estrategias sería si la adaptación puede reducir los costos de la mitigación o viceversa, o si se da una situación en donde una estrategia de adaptación apoya la estrategia de mitigación a una escala local (Hamin y Gurran 2009).

La adaptación es necesaria tanto en el corto como en el largo plazo para enfrentar los impactos generados por el calentamiento global que ocurrirán aún en el escenario de menor estabilización evaluado; sin embargo, sin la mitigación en el largo plazo, el CC excedería la capacidad de los sistemas naturales y humanos para adaptarse (Hamin y Gurran 2009).

Según Klein *et ál.* (2007), hay cuatro aspectos que relacionan a la mitigación con la adaptación:

- a) Acciones de adaptación que tiene consecuencias para la mitigación
- b) Acciones de mitigación que tiene consecuencias para la adaptación
- c) Decisiones que incluyen compensaciones o sinergias entre adaptación y mitigación
- d) Procesos que tienen consecuencias para ambas

Las oportunidades en donde la adaptación y la mitigación pueden armonizar son diversas; por ejemplo, en el sector energía, transporte, manejo de bosques, desarrollo económico, salud humana, calidad de vida urbana y el manejo del ambiente (Moser 2011). El Cuadro 2 muestra ejemplos de medidas que mejoran los objetivos de la mitigación y la adaptación simultáneamente.

**Cuadro 2. Medidas que mejoran los objetivos de la mitigación y la adaptación simultáneamente**

Medida u opción	Implicaciones positivas para la mitigación	Implicaciones positivas para la adaptación
<b>Restauración de humedales costeros</b>	Aumenta el almacenamiento de carbono	Protección contra tormentas, hábitat de especies, criaderos de peces
<b>Reforestación con especies nativas y diversas especies de árboles</b>	Almacenamiento de carbono	Protección de hábitats y especies, control de inundaciones y protección del suelo
<b>Reducción de la producción de petróleo</b>	Reducción en combustible líquido asociado a la emisión de GEI	Se reduce el riesgo de derrames de petróleo, reducción de estrés en ecosistemas marinos y costeros
<b>Aislamiento de edificios</b>	Reducción en el consumo de energía para calentar y enfriar	Protección del calor, beneficios a la salud humana
<b>Conservación de suelos</b>	Almacenamiento de carbono aumentado, fijación de nitrógeno	Mejorada la retención de nutrientes y agua, incrementada la biodiversidad del suelo
<b>Manejo de la demanda de energía</b>	Uso de energía y emisiones de GEI relacionados con la energía, reducidos	Ahorro para los consumidores, evitado el riesgo de apagones debido a alta demanda de energía

Fuente: Moser 2011

Las sinergias entre la mitigación y la adaptación no siempre son posibles; los *trade-off* o compensaciones se dan cuando un balance entre la adaptación y la mitigación es buscado pero la integración de las dos políticas, por alguna razón, completa o parcialmente falla (Landauer *et ál.* 2015). El Cuadro 3 lista ejemplos donde acciones de adaptación pueden tener implicaciones negativas para la mitigación.

**Cuadro 3. Ejemplos de acciones de adaptación que pueden tener implicaciones negativas para la mitigación**

Medida de adaptación u opción	Potenciales implicaciones negativas para la mitigación
Desalinización, aumentar el reuso del agua, bombeo de agua subterránea, transferencia de agua entre cuencas	Mayor consumo de energía para el bombeo del agua, almacenamiento y procesos de transferencia, aumento en las emisiones de GEI
Aumento en el uso de aire acondicionado	Mayor consumo de energía estacional, aumento de emisiones de GEI dependiendo del contenido de carbono en el combustible
Reubicación de infraestructura y desarrollo de llanuras de inundación	Aumento de las emisiones de GEI, una sola vez, debido a la reconstrucción de estructuras; posible aumento en la expansión y en curso de emisiones relacionadas con el transporte
Construcción de grandes represas o estructuras masivas de protección costera	Aumento (una sola vez) en el uso de energía y emisiones de GEI, relacionados a la construcción
Aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados para compensar las pérdidas potenciales de rendimiento	Aumento en las emisiones de GEI, del sector agricultura

Fuente: Moser 2011

De igual manera las medidas de mitigación pueden tener implicaciones negativas para la adaptación. El Cuadro 4 muestra algunos ejemplos.

**Cuadro 4. Ejemplos de acciones de mitigación que pueden tener implicaciones negativas para la adaptación**

Medida de mitigación u opción	Potenciales implicaciones negativas para la adaptación
Reemplazo de combustibles fósiles con biocombustibles	La producción de biocombustibles puede reemplazar ecosistemas más diversos, impactos negativos potenciales en la producción de alimentos y seguridad
Reforestación o aforestación con especies no nativas o con alta demanda de agua	Competencia por fuentes de agua, pérdida de biodiversidad, servicios ecosistémicos limitados
Cambios rápidos a recursos energéticos que generan muy pocos o no generan GEI	Precios de energía mayores, pueden generar desarrollo económico más lento y afectar en forma desproporcionada a poblaciones de bajos ingresos, aumentando potencialmente su vulnerabilidad
Reemplazo del carbón con combustibles bajos en carbón	Reducidos los medios de vida de comunidades mineras de carbón, aumentando la vulnerabilidad
Hidroeléctricas y retención de agua en la época lluviosa en reservorios para la estación seca	Potencial aumento en el riesgo de derrames y fallos en represas, se reduce la protección de inundaciones aguas abajo de la represa
Captura de carbono y almacenamiento	Aumento potencial en el uso y en la competencia por el agua
Diseños urbanos más compactos	Aumento potencial del calor en islas urbanas, aumento en el desarrollo en llanuras inundables

Fuente: Moser 2011

## 2.5. Áreas funcionales para la conservación

Poiani *et ál.* (2000) definen un área funcional para la conservación como un área geográfica que mantiene los ecosistemas focales (aquellos que requieren un manejo o estrategias de conservación específicas), especies y procesos ecológicos dentro de sus rangos naturales de variabilidad. Dichas áreas

poseen diferentes características, como el tamaño, la configuración y otras características de diseño, las cuales serán determinadas por los ecosistemas focales, especies y los procesos ecológicos. Por otro lado, se considerarán funcionales si los patrones de su diversidad biótica y abiótica y de sus procesos son mantenidos dentro de los rangos naturales de variabilidad sobre el tiempo (100-500 años); además, estas áreas no impiden las actividades humanas, aunque su funcionalidad e integridad puede verse afectada por dichas actividades. Finalmente, las AFC pueden requerir un manejo ecológico o restauración para mantener su funcionalidad (Poiani *et ál.* 2000).

Poiani *et ál.* (2000), indican que los atributos ecológicos para evaluar la funcionalidad son: composición y estructura de los ecosistemas focales y las especies; regímenes ambientales dominantes, incluyendo los disturbios naturales; área mínima dinámica; y la conectividad.

Herrera *et ál.* (2016) indican que las AFC están compuestas por tres elementos: a) áreas protegidas; b) corredores biológicos; c) la matriz. Los mismos autores apuntan que ante el CC las AFC son una excelente forma de hacer frente a sus posibles impactos. Las áreas protegidas (AP) son muy importantes para la conservación de la biodiversidad. Son pilares en las estrategias de conservación, mantienen el funcionamiento natural de los ecosistemas, son refugios para las especies y mantienen los procesos ecológicos. Además, son sitios para ayudar a evitar la extinción de especies amenazadas o endémicas. También, cuando su tamaño es suficientemente grande, son importantes para la adaptación y la restauración, ambas de mucha importancia bajo condiciones de CC (Dudley 2008).

Los corredores biológicos (CB) son uno de los medios para alcanzar la conectividad entre parches de bosques. Estos pueden facilitar el movimiento de animales o plantas en el tiempo entre dos o más parches de hábitat. Elementos del paisaje que funcionan como corredores pueden servir a muchos otros propósitos, proveyendo servicios estéticos, servicios ecosistémicos, protección de bienes culturales y oportunidades de recreación. Uno de los beneficios más obvios de los CB es que aumentan el tamaño del hábitat, esto permite una mayor riqueza de especies, así como un mayor número de individuos de las especies lo cual puede ayudar a la conservación de pequeñas poblaciones disminuidas por actividades humanas (Hilty *et ál.* 2006). Heller y Zavaleta (2009) y Hagerman y Chan (2009), identifican a los corredores biológicos como una de las principales estrategias para la adaptación al CC por la función de conectividad que presentan.

Al momento del diseño de un AFC es necesario tomar en cuenta las áreas protegidas existentes ya que éstas son consideradas núcleos de conservación; la presencia de sitios de interés para la conservación que contribuyan a la conectividad del paisaje, así como la presencia de especies de flora y fauna claves dentro de la zona (Herrera *et ál.* 2016).

La matriz es considerada importante para la adaptación de la biodiversidad en tiempos de CC. Algunos usos de la tierra como la silvicultura o la agroforestería pueden proveer a las poblaciones silvestres zonas de "amortiguamiento" mientras que estas responden al CC y se mueven afuera de las zonas núcleos de las AP. Para que esto sea efectivo, la matriz tiene que tener el tamaño suficiente y los dueños de las tierras tienen que estar en la disposición de ajustar sus actividades de acuerdo a las necesidades de las poblaciones monitoreadas (Hagerman y Chan 2009).



## 2.6. Corredores de carbono

Los bosques tropicales son áreas importantes para la biodiversidad y el almacenamiento de carbono; cubren del 7-10% de los paisajes terrestres, pero almacenan el 25% del carbono aéreo y por debajo del suelo. Son responsables además del 34% de la productividad primaria del planeta y almacenan el 96% de las 45 000 especies de árboles estimados en el planeta (Poorter *et ál.* 2015).

Esta biomasa constituye una gran cantidad de carbono almacenado y representa una oportunidad para mitigar los efectos del uso de la tierra y el CC. Herrera *et ál.* (2016), proponen usar el carbono contenido en la vegetación como una variable para delimitar AFC en un paisaje. En el marco de proyectos REED+, el contenido de carbono en la vegetación es importante puesto que está relacionado con la reducción de emisiones en el sector forestal. En este sentido, Herrera *et ál.* (2016), incluyen dentro de su modelo el estimar los patrones de la deforestación y la degradación de los bosques en el paisaje, ya que tienen impacto desde el punto de vista de la mitigación, como de la adaptación. Este enfoque tiene una relación directa con las sinergias entre la mitigación y la adaptación, debido a que aquellos sitios con una alta probabilidad de deforestación deben ser prioritarios en proyectos de mitigación (REDD+), promoviendo además la conservación y adaptación de las especies ante el CC.

Herrera *et ál.* (2016) plantean además el uso de otras variables para la delimitación de AFC, como la identificación de sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, el análisis de la vulnerabilidad de la biodiversidad ante el CC y de amenazas de origen antropogénico y el grado de conectividad en el paisaje, variables que facilitan la adaptación al CC y la optimización e identificación de paisajes prioritarios.

Jantz *et ál.* (2014), proponen invertir en corredores entre áreas protegidas que atraviesan localidades con: a) vegetación con alto contenido de carbono; b) alta riqueza de especies y endemismo; y c) bajo costo de oportunidad económica. Bajo estos criterios, aquellas áreas con mayor probabilidad de deforestación son elegibles para mayor protección –por ejemplo, con la estrategia de REDD+-, especialmente cuando el costo de oportunidad por uso es bajo. En el estudio estas áreas fueron representadas por sitios con alta riqueza de especies.

Jantz *et ál.* (2014) encontraron que el 59% de los corredores almacenan tanto carbono como las áreas protegidas que enlazan. En África, por ejemplo, estimaron que los corredores mostraban mayor almacenamiento de carbono en relación a las áreas protegidas que conectan. En Suramérica y Asia se encontró que los corredores almacenan menor cantidad de carbono que las áreas protegidas de la región. Otro resultado importante fue que el carbono almacenado en áreas fragmentadas tiende a estar en mayor riesgo de ser perdido que aquel en áreas fuera de los corredores (Venter 2014).

Como conclusión del estudio de Jantz *et ál.* (2014), los corredores pueden ser priorizados usando un marco de múltiples criterios que considerarían la vegetación con alto contenido de carbono, la biodiversidad, la amenaza de deforestación y el costo de oportunidad económica. La protección de dichos corredores puede verse como una estrategia de corto plazo que ayude a minimizar la fragmentación de los bosques existentes en determinada región, así como una estrategia a largo plazo para mantener la conectividad que permita a los bosques tropicales tener una respuesta ante el CC.

## 2.7. Refugios climáticos

Se conocen como refugios climáticos aquellas áreas que por razones meteorológicas, geográficas, geológicas e históricas serán poco afectados por el CC (FAO 2013). Desde el punto de vista biológico, los refugios son hábitats donde componentes de la biodiversidad se trasladan para persistir y desde los cuales puedan potencialmente expandirse bajo condiciones ambientales cambiantes (Keppel *et ál.* 2012).

Los refugios climáticos pueden existir en lugares en donde los cambios en el clima son atenuados, así como en aquellos lugares en donde la diversidad biológica es particularmente robusta a cambios en el clima, tal vez debido a una tolerancia climática mayor (Groves *et ál.* 2012).

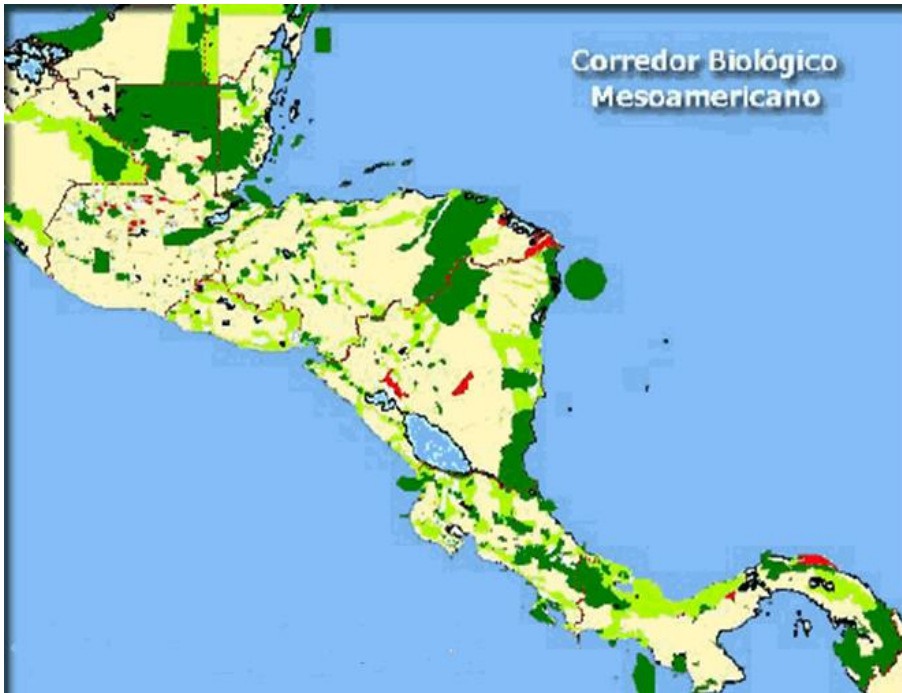
## 2.8. El Corredor Biológico Mesoamericano

Los corredores biológicos como estrategia de conservación surgen del supuesto que mantener y restaurar la conectividad a diversas escalas es esencial para la conservación de la biodiversidad en la cada vez mayor cantidad de ecosistemas y comunidades naturales fragmentadas (Anderson y Jenkins 2006). De esta forma, los corredores se han transformado en herramientas importantes de conservación y uso sostenible de los recursos naturales (SINAC 2008).

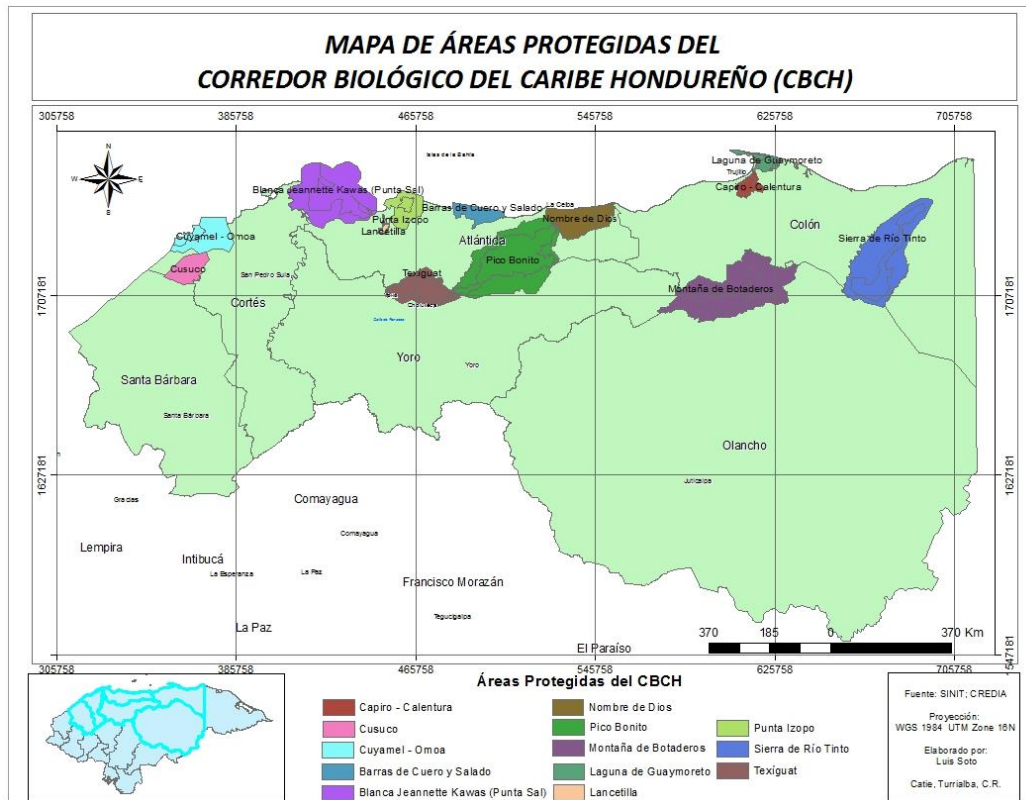
El Corredor Biológico Mesoamericano (Figura 1), abarca 5 estados del sur de México (Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas) y los siete países centroamericanos (Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá). Surgió como una iniciativa regional con el objetivo de conservar la diversidad biológica y los ecosistemas tratando de fomentar un desarrollo social y económico sostenible. Dentro de sus objetivos están la protección de sitios importantes para la biodiversidad y su conexión a través de corredores que permitan el movimiento y la dispersión de plantas y animales y promover formas de desarrollo económico y social en las áreas y alrededor de las mismas que conserven la biodiversidad y que sean socialmente equitativas y culturalmente sensibles (Miller *et ál.* 2001).

En Honduras el CBM está representado por el Corredor Biológico del Caribe Hondureño (CBCH) (Figura 2), el cual consta de 13 áreas protegidas, de las cuales 10 constituyen el CBCH y 3 corresponden a áreas de conectividad. El CBCH se extiende por seis departamentos de Honduras: Atlántida, Colón, Cortés, Olancho, Santa Bárbara y Yoro. De las 10 áreas protegidas, ocho son consideradas prioritarias dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH), por el alto valor ecológico, cultural y social que representan, además el CBCH es un ejemplo de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales más importantes en Centroamérica (Valladares 2012).

El CBCH representa el 13,07% (529 365,10 ha) del total del SINAPH (4048 millones de ha); la mayor cobertura y el número de áreas protegidas se concentra en los departamentos de Colón y Atlántida. Este último departamento constituye la zona de estudio del presente trabajo.



**Figura 1. Corredor Biológico Mesoamericano**  
Fuente: Herrera 2003



**Figura 2. Áreas protegidas del Corredor Biológico del Caribe Hondureño**

## 2.9. Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG), desempeñan un importante papel como herramientas para el manejo ambiental debido a la creciente preocupación por el uso sostenible de los recursos y la conservación y el monitoreo de la biodiversidad. Además, los SIG son parte integral de cualquier sistema de manejo de información de la biodiversidad (Salem 2003).

Los SIG han venido jugando un papel creciente en biogeografía y la biología de la conservación; proveen interfaces necesarias para almacenar, analizar y visualizar datos espaciales. Especialmente importantes han sido las aplicaciones de sensores remotos los cuales, actualmente proveen información ambiental que va desde la escala global a la local (Schindler *et ál.* 2010).

En el caso del uso de la tecnología y los corredores de carbono, las recientes innovaciones en el mapeo del carbono almacenado en la vegetación presentan nuevas oportunidades para adaptar la disposición espacial de las actividades de mitigación del clima para mantener la conectividad de los paisajes tropicales y promover la biodiversidad ante el uso cada vez más intenso de la tierra y el CC (Jantz 2014).

Actualmente se utilizan diferentes *softwares* para la priorización de la conservación; así, se han diseñado programas para la determinación de las amenazas a las poblaciones silvestres, proyecciones de su distribución, conectividad del paisaje, etc., dependiendo de las necesidades de conservar, proteger o restaurar. El Cuadro 5 resume de los principales programas utilizados para la planificación de la conservación.

**Cuadro 5. Programas más utilizados para la planificación de la conservación**

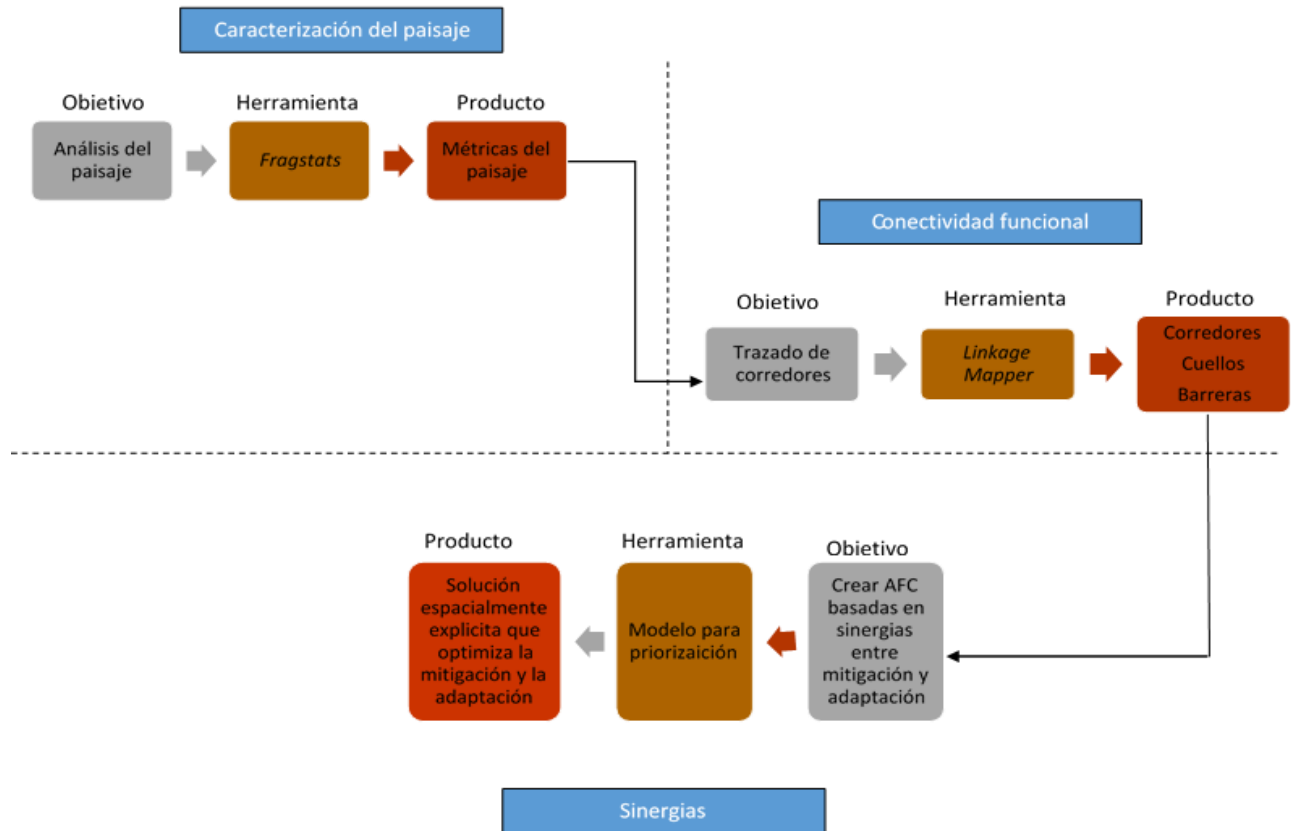
Programa	Objetivo del programa
	Selección de reservas
Marxan <sup>a</sup>	Minimizar una combinación del costo de la red de la reserva y el largo del límite de todo el sistema, mientras cumple con un conjunto de metas con la biodiversidad
Zonation	Identifica áreas importantes de hábitat de calidad y conectividad para múltiples especies
C-Plan	Programa que ayuda a decisiones de conservación, enlazando SIG con opciones de mapas para alcanzar objetivos de conservación específicos
Sites	Provee un conjunto de opciones para la conservación, pero opera principalmente para dentro de un marco de planeamiento ecorregional
	Distribución de especies
Maxent	Basado en el enfoque de máxima entropía para la modelación de hábitat para las especies
DesktopGARP	Algoritmo genético que crea un modelo de nicho ecológico para especies que representan las condiciones ambientales donde estas serán capaces de mantener poblaciones
DIVA-GIS	Programa útil para el mapeo y análisis de datos de biodiversidad, como el de distribución de especies u otros "puntos de distribución"

OpenModeller	Proporciona un ambiente robusto, flexible, multiplataforma para realizar experimentos de modelaje de nichos ecológicos
BioMapper	Herramienta de SIG para el modelaje de nichos ecológicos e idoneidad de hábitat
Conectividad	
Linkage Mapper <sup>b</sup>	Herramienta de SIG, diseñada para el apoyo de análisis de la conectividad de hábitat de la vida silvestre en una región. Identifica y traza enlaces de menor costo entre áreas núcleos; esto permite identificar cuales rutas presentan mayores o menores características que facilitan o impiden el movimiento entre núcleos de bosque
CorridorDesigner	Incluye una herramienta para <i>ArcToolbox</i> para la creación de hábitat y modelos de corredores con ArcGIS y una extensión de <i>ArcMap</i> para la evaluación de corredores
CircuitScape	Toma prestados algoritmos de la teoría de circuitos para predecir patrones de movimientos, flujo de genes y diferenciación genética entre poblaciones, en paisajes heterogéneos
Connectivity Analysis Toolkit	Provee a los planificadores de la conservación de las herramientas desarrolladas más actualizadas, tanto para el mapeo de enlaces, como para el análisis de "centralidad" a nivel de paisaje
Conefor	Cuantifica la importancia de áreas de hábitat para el mantenimiento o mejoramiento de la conectividad del paisaje
UNICOR	Implementa las rutas más cortas de diversos algoritmos para cualquier número de paisajes y distribución de especies
FRAGSTAS <sup>c</sup>	Programa de análisis de patrones espaciales para cuantificar la estructura del paisaje

Fuente: <sup>a</sup>: Ball *et ál.* 2009. <sup>b</sup>: McRae y Kavanagh 2011 <sup>c</sup>: McGarigal y Marks 1995. Resto: ALCC 2015

### 3. Métodos

Para la delimitación de las AFC se siguieron 3 fases: a) Caracterización del paisaje, b) determinación de la conectividad funcional en el paisaje y c) delimitación de las AFC tomando en cuenta las sinergias entre la adaptación y la mitigación al CC. La Figura 3 esquematiza los pasos seguidos para llegar a la definición de las AFC en el departamento de Atlántida, Honduras.



**Figura 3. Esquema general para la delimitación de AFC, departamento de Atlántida, Honduras**

Los supuestos en los que se basa la delimitación de las AFC en el paisaje de Atlántida son que: 1) las aves son un elemento representativo de procesos ecológicos, es decir, cumplen importantes funciones dentro de los bosques y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que estos prestan. Adicionalmente, son organismos que, según se ha comprobado, están siendo afectados por el CC actual. 2) se toma la cobertura vegetal en la zona como un *proxi* de la biodiversidad y se trata de hallar una relación entre el contenido de carbono en la vegetación y la biodiversidad presente.

A continuación, se detallan las fases mencionadas.

#### 3.1. Caracterización del paisaje

##### 3.1.1. Área de estudio

El área de estudio es el departamento de Atlántida, Honduras (Figura 4). Tiene una extensión de 4372km<sup>2</sup> (437 210 ha) y limita al norte con el mar Caribe, donde se encuentra el departamento de Islas

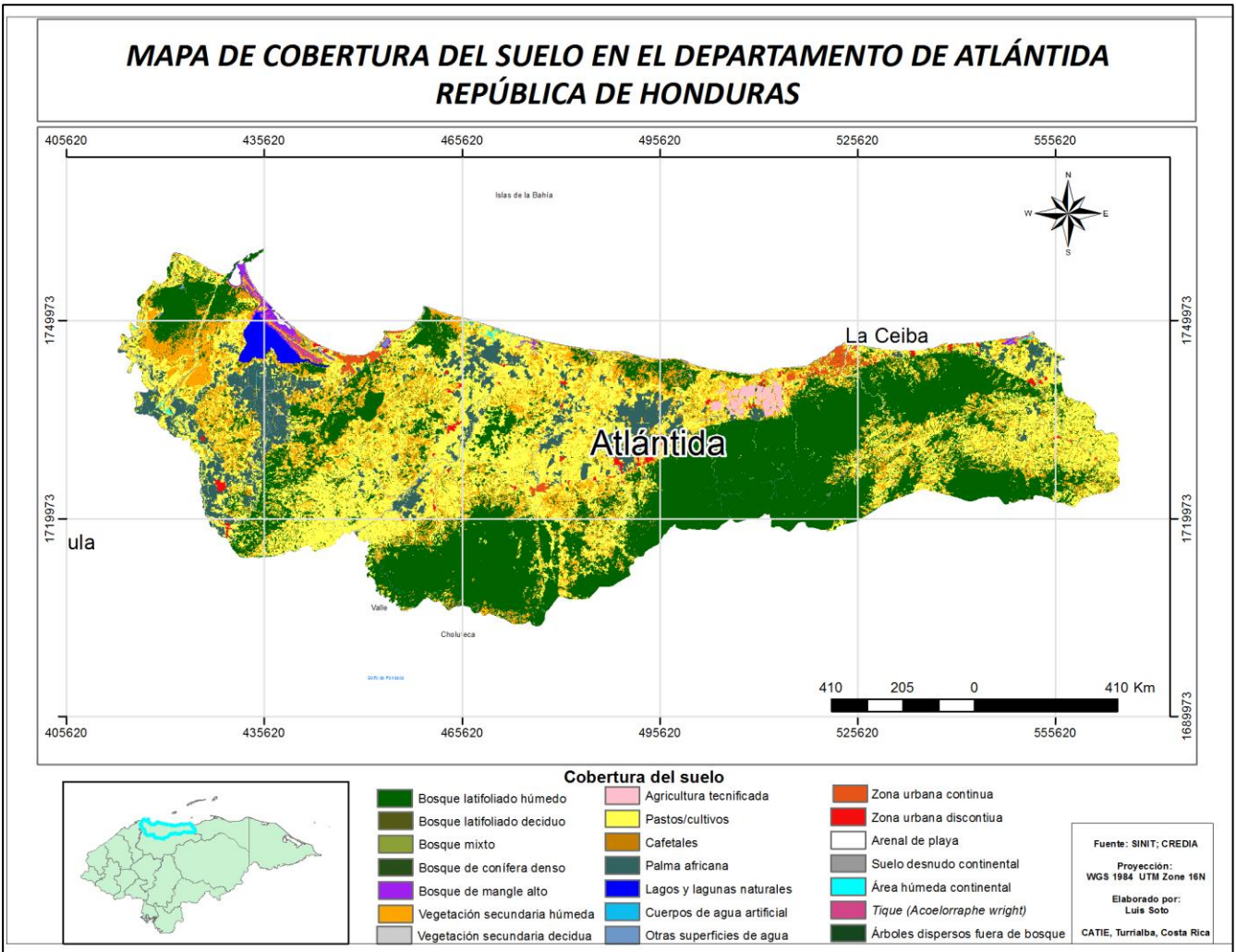
de la Bahía; al sur con el departamento de Yoro, al este con el de Colón y al oeste con el de Cortés. El departamento de Atlántida es montañoso con más del 75% del territorio con pendientes mayores a 25% (Ardón y Guzmán 2011). Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, alberga cuatro tipos: Bosque húmedo tropical (bh-T), Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST), Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y Bosque seco tropical (bs-T) (SINIT 2016) (Figura 4).

En el país, el departamento de Atlántida forma parte del Corredor Biológico del Caribe Hondureño (CBCH), que a su vez es parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), una iniciativa a nivel de la región mesoamericana para promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales de la región (IEG 2011).



**Figura 4. Zonas de vida de Holdridge en el departamento de Atlántida, Honduras**

La cobertura de bosques en el departamento es del 39%; el bosque latifoliado húmedo presenta el mayor porcentaje (38,32%) y otros tipos de bosque (mangle alto, latifoliado decíduo y mixto), representan el 0,47%. El uso agropecuario constituye el 41,84% del uso de la tierra otros usos como árboles dispersos fuera del bosque, arenal de playa, suelo desnudo y vegetación secundaria decídua el 17,61% y los cuerpos de agua representan el 1,75% restante (ICF 2015a) (Figura 5). Los anexos 1 y 2 muestran en detalle los diferentes usos de la tierra en el departamento y su definición.



**Figura 5. Cobertura del suelo en el departamento de Atlántida, Honduras**

Las áreas de humedales presentan elevaciones desde menos de un metro hasta los 20 msnm. La precipitación anual promedio es de 2800 mm. La zona atlántica es azotada por tormentas tropicales y huracanes del caribe (ICF 2015a).

### 3.1.2. Análisis del paisaje

Para el análisis del paisaje se utilizó la herramienta *Fragstats* v4.2 (McGarigal *et ál.* 2012); la cual es un programa para el análisis de patrones espaciales que cuantifica la estructura (composición y configuración) del paisaje. *Fragstats* cuantifica la heterogeneidad espacial del paisaje que representado, ya sea en un mapa categórico (mosaico del paisaje) o en una superficie continua (gradiente del paisaje) (McGarigal 2015).

Para el análisis se hizo uso del Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra generado por la Unidad de Monitoreo Forestal del ICF. El mapa se elaboró a partir de imágenes *RapidEye* del 2012 y 2013, con una resolución de 5 metros y una unidad de mapeo de hasta 0,5 ha (ICF 2015). Se consideraron 18 clases o usos de suelo encontradas en el departamento (Cuadro 9), las cuales se definen en el Anexo 2. Para la cuantificación de las métricas calculadas se usó la regla de 4 vecinos. Esta regla es importante



para la identificación de los parches en el paisaje; asume que las cuatro celdas más cercanas tocan la celda de interés en un mapa *raster*, dando un número de parches mayor que utilizando la regla de 8 vecinos, la cual incluye las celdas diagonales a las celdas más cercanas a la de interés, por lo que el número de parches de un uso de suelo se reduce (Turner *et ál.* 2001). Al mapa forestal y cobertura de la tierra se le cortó el área de estudio (departamento de Atlántida), y posteriormente se le añadió una zona *buffer* de 10 kilómetros para que el bosque presente no quedara cortado con los límites del mismo. Al mapa de Atlántida con su zona *buffer*, se le calculó la estadística de ocupación de cada uno de los usos del suelo. De esta forma el área original del departamento (4372km<sup>2</sup>), quedó con un área de estudio de 6882 km<sup>2</sup> (688 203 ha) (Figura 10 y posteriores).

Para la delimitación de las AFC se analizó la conectividad estructural a nivel de clase (uso de suelo). Este atributo es importante desde el punto de vista de la adaptación de las especies al CC. Determinar la conectividad estructural permite conocer la distribución espacial de los diferentes tipos de hábitat en el paisaje, estableciendo la continuidad de hábitats adecuados, dimensión de brechas, distancia entre parches de bosque y presencia de senderos alternativos (Herrera *et ál.* 2016). Para este estudio se analizaron métricas que tienen un significado para la conectividad (de las 4 especies de aves estudiadas), en el paisaje, y por lo tanto para su conservación. El Cuadro 6 muestra las métricas usadas en este estudio para describir los componentes del paisaje.

## **3.2. Conectividad funcional**

### **3.2.1. Diseño de corredores**

Para el diseño de corredores se usó la herramienta *Linkage mapper*, la cual realiza automáticamente mapas de corredores de hábitats de vida silvestre; esta herramienta determina los enlaces de menor costo al movimiento entre áreas núcleos, lo que permite identificar cuales rutas presentan mayores o menores características que facilitan o impiden el movimiento entre núcleos de bosque (McRae y Kavanagh 2011). *Linkage mapper* utiliza el programa *Circuitscape V 4.0*, el cual usa la teoría de circuitos en paisajes heterogéneos. Además, *Circuitscape* usa la teoría gráfica, convirtiendo las celdas de resistencia a nodos y conectándolos a sus vecinos más cercanos (McRae *et ál.* 2014).

Los corredores se diseñaron a partir de la **fricción** en el paisaje (dificultad al desplazamiento de las especies). Para esto se utilizaron valores de fricción de todos los usos del suelo obtenidos mediante encuestas a expertos, a los cuales se les pidió que valoraran en una escala del 1-10 (que posteriormente se llevó de 1-100 para poder compararla con las otras variables para la delimitación de las AFC; ver Sección 3.3 Creación de AFC), la dificultad al desplazamiento (impuesta por los usos del suelo), para las especies de aves estudiadas. Los valores obtenidos fueron promediados para ser usados en el programa. Adicionalmente, se obtuvieron mapas de barreras y cuellos de botella en los corredores. Para comparar los mapas obtenidos con los valores de fricción de los expertos, se elaboraron los mismos mapas de corredores, barreras y cuellos de botella, usando esta vez los valores de carbono presente en los diferentes usos de suelo.

**Cuadro 6. Métricas usadas para describir los componentes del paisaje, departamento de Atlántida, Honduras**

Métrica	Descripción	Importancia
<b>Nivel de clase</b>		
Área total de la clase (CA)	Medida de la composición del paisaje. (ha)	Mide cuanto del paisaje es abarcado por un particular tipo de parche
Porcentaje del paisaje (PLAND)	Porcentaje del paisaje correspondiente al tipo de parche	Mide la abundancia proporcional de cada tipo de parche en el paisaje
Densidad de parches (PD)	Total del número de parches dividido por el área total del paisaje. Se expresa en número de parches por 100 ha (#/100 ha)	Indica el grado de fragmentación del paisaje
Índice de parche mayor (LPI)	Área del parche más grande del tipo de parche correspondiente, dividido por el área total del paisaje. Se expresa en porcentaje	Cuantifica el porcentaje del total del área del paisaje que abarca el parche más largo
Borde total (TE)	Suma de las longitudes de todos los segmentos de borde relacionados al tipo de parche correspondiente. Se expresa en metros	Es una medida absoluta de la longitud total de bordes de un tipo particular de parche
Densidad de borde (ED)	Suma de las longitudes de todos los segmentos de borde relacionados al tipo de parche correspondiente dividido por el área total del paisaje y multiplicada por 10 000. Se expresa en metros por hectárea	Facilita la comparación entre paisajes de diferentes tamaños
Área de parche promedio (Área_MN)	Tamaño promedio de parches de un particular uso de suelo o a través de todo el paisaje. Se expresa en unidad de área al cuadrado, metros o hectáreas	Sirve como un indicador de la fragmentación del hábitat
Distancia promedio al vecino más próximo (ENN_MN)	Suma de la distancia al parche vecino más cercano del mismo tipo; se basa en la distancia de los bordes más cercanos para cada parche de los parches correspondientes y se divide por el número de parches del mismo tipo. Se expresa en metros o pies	Es una medida del aislamiento de los parches en el paisaje. Evalúa como un paisaje puede funcionar con respecto al movimiento de personas y vida silvestre (es decir cualquier proceso o fenómeno de interés que suponga movimiento entre parches del mismo tipo).
Índice de esparcimiento y yuxtaposición (IJI)	Es el esparcimiento observado sobre el esparcimiento máximo posible para un número dado de tipos de parches. Se expresa en porcentaje	IJI se aproxima a 0 cuando el tipo de parche correspondiente es adyacente a un tipo de parche y el número de tipos de parches se incrementa. Es igual a 100 cuando el tipo de parche correspondiente es adyacente por igual a todos los tipos de parche.
Índice de agregación (AI)	Número de adyacencias iguales relacionadas con la clase correspondiente, dividida por el número máximo posible de adyacencias iguales relacionadas con la correspondiente clase. Esto se logra cuando la clase está máximamente aglutinada en un único parche compacto. Se expresa en porcentaje	Esta medida muestra el grado de agregación de los parches en el paisaje. Es 0 cuando no hay adyacencias similares (cuando la clase está desagregada completamente) y 1 cuando se alcanza la máxima adyacencia, es decir, cuando la clase está completamente agregada

Fuente: Leitão *et al.* 2006; McGarigal 2015; McGarigal y Marks 1995

Como insumos para la elaboración de los corredores funcionales se usó el **mapa de contenido de carbono de Baccini *et ál.* (2012)**, mapa producido a 500 m de resolución; además, se utilizó el **mapa del uso de suelo (ICF 2015)**, **así como información de presencia, tamaño del territorio y máxima distancia de vuelo** de las especies de aves estudiadas (Cuadro 7), para las especies estudiadas. El dato del territorio y de movimiento de las cuatro especies de aves se usó de manera conjunta para elaborar los mapas para tres de las especies que son estrictamente de bosque (*H. leucosticta*, *T. atrinucha* y *G. spirurus*), y con un rango de hogar y distancia de vuelo parecido. Para la especie *T. assimilis* se elaboró otro *set* de mapas, ya que esta especie, además de hacer uso del bosque también se encuentra en los pastos y cafetales alrededor del mismo y presenta un rango de hogar y movimiento mucho mayor a las otras especies.

**Cuadro 7. Especies de aves estudiadas, departamento de Atlántida, Honduras**

<b>Especies</b> <b>Características</b>	<i>Turdus assimilis</i> <b>White-throated Thrush (mirlo)</b>	<i>Henicorhina leucosticta</i> <b>White-breasted Wood-Wren (saltapared)</b>	<i>Thamnophilus atrinucha</i> <b>Black-crowned Antshrike (batará)</b>	<i>Glyphorhynchus spirurus</i> <b>Wedge-billed Woodcreeper (trepatroncos)</b>
Altura de forrajeo	Suelo (a)	Sotobosque alto, suelo	Sotobosque a dosel	Sotobosque a dosel, bordes del bosque
Tamaño del territorio (ha)	26 (b)	2	0,8	0,5–1
Máxima distancia de vuelo observada (m)	126 (0-5809) (c)	50 (150)	240 (240)	150 (250)
Familia	Turdidae	Troglodytidae	Thamnophilidae	Furnariidae
Hábitat común	Bosque, claros de bosque, plantaciones de café, matorrales adyacentes perturbado (b)	Bosque intacto, bosque perturbado, rebrote cercano	Bosque intacto	Bosque, pastizal arbolado cercano
Hábitat abierto principalmente observado	Café con sombra, pastizal (b)	Pastizales dominados por helechos	Bosque	Pastizal arbolado

Fuente: Modificado de Fagan *et ál.* 2016 a; Gallardo 2014 b; Cohen y Lindell 2005 c; Sekercioglu *et ál.* 2007

### 3.2.1.1. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella

Con la herramienta e insumos mencionados, se obtuvieron mapas de corredores, de barreras y de cuellos de botella para las especies de aves estudiadas. Los corredores delimitados a partir de los modelos de fricción (carbono en vegetación y encuesta a expertos), fueron trazados siguiendo las rutas de menor costo al desplazamiento; es decir, por aquellos sitios donde la vegetación y el contenido de carbono eran mayores. Esto tiene implicaciones para la mitigación y la adaptación de las especies al CC, puesto que estos corredores sirven en sí mismos para el mantenimiento de carbono y además conectan áreas protegidas, lo cual facilita el desplazamiento de las especies y su adaptación ante los efectos que el CC podría producir en los ecosistemas de la zona. Las barreras al desplazamiento de las especies en el paisaje son aquellas que impiden el movimiento entre áreas ecológicamente importantes (McRae *et ál.* 2012); son señaladas en los mapas elaborados. Los cuellos de botella son aquellas áreas donde la conectividad se reduce y proveen valores de resistencia costo-efectivo, complementando las distancias de menor costo en el análisis de conectividad en el paisaje (McRae 2012). También son señalados en los mapas producidos.

### 3.3. Creación de áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad

Para la creación de las AFC se siguió la metodología propuesta por Herrera *et ál.* (2016), la cual busca priorizar paisajes en los que se fomenten las sinergias entre la adaptación y la mitigación al CC. En esta investigación, la metodología seguida es una aproximación a la propuesta de estos investigadores.

Las variables se crearon utilizando una herramienta de distancia euclidiana a cada una de las entidades. Todas las variables tienen un rango de 1 a 100 unidades. A las variables que representan perturbaciones se les tomó el inverso de la escala (100 a 1), esto para que al hacer el análisis tuvieran un mismo significado con respecto a las otras (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Variables usadas para la delimitación de las AFC, departamento de Atlántida, Honduras**

Variable	Escala	Supuesto	Afectación
Distancia a áreas protegidas	1 - 100	+ cerca + prioritario	Conservación
Distancia a calles	100 - 1	+ cerca – prioritario	Perturbación
Distancia a poblados	100 - 1	+ cerca - prioritario	Perturbación
Distancia a zonas deforestadas	100 - 1	+ cerca - prioritario	Perturbación
Densidad de observaciones de las especies	1 - 100	+ cerca + prioritario	Conservación
Contenido de carbono	1 - 100	+ cantidad + prioritario	Conservación
Distancia a los corredores	1 - 100	+ cerca + prioritario	Conservación

Para llevar a todas las variables a valores de 1-100, se realizó una transformación lineal (Malczewski 1999). Se utilizaron las ecuaciones de beneficio-costos (ecuación 1 y 2, respectivamente), para definir la prioridad de la variable con respecto a la definición de las AFC. En este sentido, aquellas variables de conservación con valores altos son más prioritarias para el modelo, mientras que para las variables de perturbación, aquellas con valores bajos son menos prioritarias. De esta forma el modelo toma en cuenta aquellos *pixeles* que estén más cerca o dentro de las AP, donde las probabilidades de perturbaciones sean menores (están lejos de los poblados, de carreteras, de zonas deforestadas), el contenido de carbono sea mayor y están más cerca o dentro de los corredores.

La Figura 6 muestra como el modelo utilizado prioriza y optimiza los *pixeles* según las variables utilizadas, ya sean de conservación o de perturbación. En el caso de variables de conservación, la escala va de 1-100 y en el de perturbación de 100-1. Así, los valores máximos de conservación se suman en el modelo; mientras que los de perturbación, se suman los menores. Esto dio como resultado una priorización de aquellas áreas en donde se maximizan las variables de conservación, pero tomando en cuenta además las de perturbación. De esta forma las AFC incluyen dentro de su diseño, las sinergias entre mitigación y adaptación al CC al incluir variables relacionadas con las dos estrategias para hacer frente al mismo.

$$X'_{ij} = \left( \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$X'_{ij} = \left( \frac{X_{jmax} - X_{ij}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:  $X'_{ij}$  = valor transformado del *pixel*

$X_{ij}$  = valor del *pixel*

$X_{jmax}$  = valor máximo del *pixel*

$X_{jmin}$  = valor mínimo del *pixel*

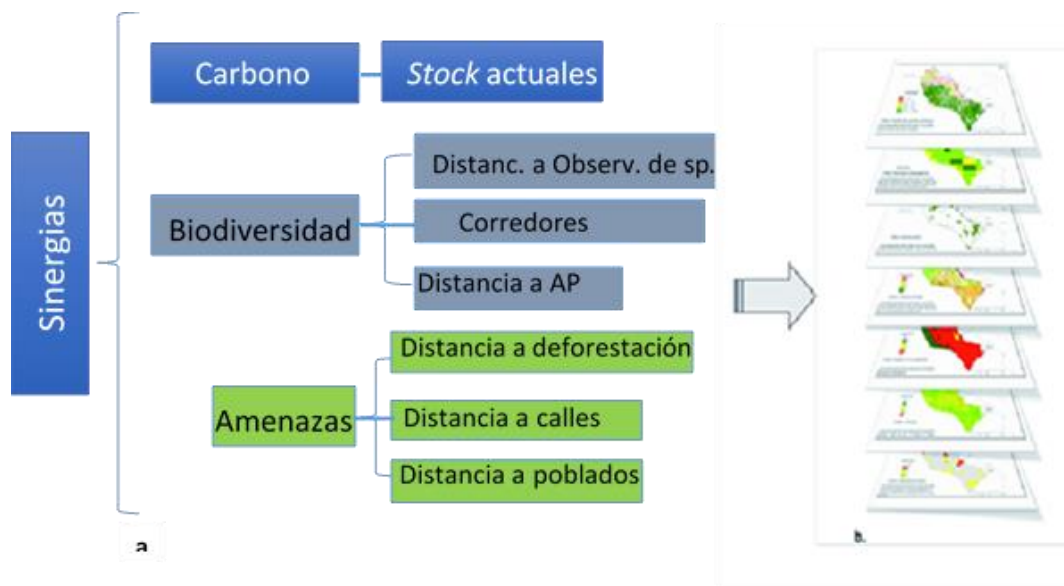
CONSERVACIÓN				CONSERVACIÓN				PERTURBACIÓN				AFC		
100	90	60		100	90	60		10	30	60		210	210	180
90	60	30	+	90	60	30	+	30	60	90	=	210	180	150
60	30	10		60	30	10		60	90	100		180	150	120
Distancia a corredores				Distancia a áreas protegidas				Distancia a calles						
Escala: 1-100 (más cercanía, mayor prioridad)				Escala: 1-100 (más cercanía, mayor prioridad)				Escala: 100-1 (más cercanía, menor prioridad)				Pixel focal		

**Figura 6. Esquema del modelo utilizado para llegar a la priorización y optimización de los sitios delimitados como AFC, departamento de Atlántida, Honduras**

Las variables se llevaron a valores de 1-100 en el caso de las de conservación o de 100-1 en el de perturbación. Así, el *pixel* priorizado es en el que se cumplen las sinergias entre adaptación y mitigación al CC.

### 3.3.1. Uso de sistemas de información geográfica

El modelo busca promover las sinergias entre la adaptación y la mitigación al CC en AFC; para ello se combinaron variables relacionadas con la mitigación y la adaptación al CC, utilizando los sistemas de información geográfica (SIG) (Figura 7).



**Figura 7. Modelo utilizado para el fomento de las sinergias entre adaptación y mitigación al CC para la conservación de la biodiversidad, departamento de Atlántida, Honduras**

Fuente: modificado de Herrera *et ál.* (2016)

VARIABLES COMO CARBONO EN LA VEGETACIÓN, POBLADOS, CALLES Y DEFORESTACIÓN SE RELACIONAN DIRECTAMENTE CON LA MITIGACIÓN. EL MODELO ASEGURA, POR EJEMPLO, QUE LOS SITIOS CON MAYOR CONTENIDO DE CARBONO SEAN PRIORIZADOS CON EL OBJETIVO DE QUE SE MANTENGAN ESTAS RESERVAS, ALMACENÁNDOLAS Y, AL MISMO TIEMPO, REDUCIENDO LAS EMISIONES DE GEI. EN EL CASO DE LA DEFORESTACIÓN, EL PROCEDIMIENTO PRIORIZA AQUELLOS SITIOS CON LAS MAYORES PROBABILIDADES DE SUFRIR ESTA AMENAZA, LA CUAL ESTÁ ASOCIADA A LA PRESENCIA DE POBLADOS Y CALLES. LAS DEMÁS VARIABLES -ÁREAS PROTEGIDAS, CORREDORES BIOLÓGICOS Y BIODIVERSIDAD DE AVES (DENSIDAD DE OBSERVACIONES), ESTÁN RELACIONADAS CON PROCESOS DE ADAPTACIÓN.

EN EL CASO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y DE LOS CORREDORES BIOLÓGICOS, EL MODELO TIENE EN CUENTA QUE ESTAS ÁREAS TIENEN VALORES ALTOS DE RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESPECIES, POR LO QUE EN LA ESCALA DE IMPORTANCIA SE TOMA EN CUENTA QUE LOS SITIOS MÁS CERCANOS AL ÁREA PROTEGIDA O AL CORREDOR, SERÁN PRIORITARIOS PARA SU CONSERVACIÓN. POR OTRO LADO, LA VARIABLE DENSIDAD DE LAS OBSERVACIONES DE AVES ESTÁ DIRECTAMENTE RELACIONADA A LA BIODIVERSIDAD EN EL ÁREA, LA CUAL CUMPLE IMPORTANTES FUNCIONES ECOLÓGICAS EN LOS ECOSISTEMAS.

LOS DATOS DE ÁREAS PROTEGIDAS, POBLADOS Y CALLES SE OBTUVIERON DEL PORTAL EN LÍNEA DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN TERRITORIAL (SINIT 2016). PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE CARBONO EN LA VEGETACIÓN SE USÓ EL MAPA DE BACCINI *et ál.* (2012). EN EL CASO DE LOS DATOS DE OBSERVACIONES DE AVES EN LA ZONA, LA INFORMACIÓN FUE OBTENIDA DE LA BASE DE DATOS EN LÍNEA EBIRD (2016), UNO DE LOS PROYECTOS DE CIENCIA CIUDADANA MÁS GRANDE DEL MUNDO (CALLAGHAN Y GAWLIK 2015). EN ESTE CASO SE GENERÓ UN MAPA USANDO UN KERNEL DE DISTANCIA Y OTRO DE DENSIDAD MEDIANTE EL PROGRAMA ARCGIS 10.2, A PARTIR DE LAS

concentraciones y distancia a las observaciones para generar una probabilidad de ocurrencia de las especies en cualquier lugar del paisaje. Para la estimación de la deforestación, el mapa se obtuvo de parte de la Unidad de Estadísticas Forestales, Centro de Información y Patrimonio Forestal del ICF (2016), el cual contiene la información sobre persistencia y cambio de uso para el periodo 2000-2016. El cálculo de la tasa de deforestación se hizo a partir de la fórmula:  $r = (1/(t_2 - t_1)) \times \ln(A_2/A_1)$  (Puyravaud 2003); los corredores funcionales fueron elaborados usando el mapa Forestal y Cobertura de la Tierra (ICF 2015).

## 4. Resultados

### 4.1. Análisis del paisaje

#### 4.1.1. Descripción de las métricas

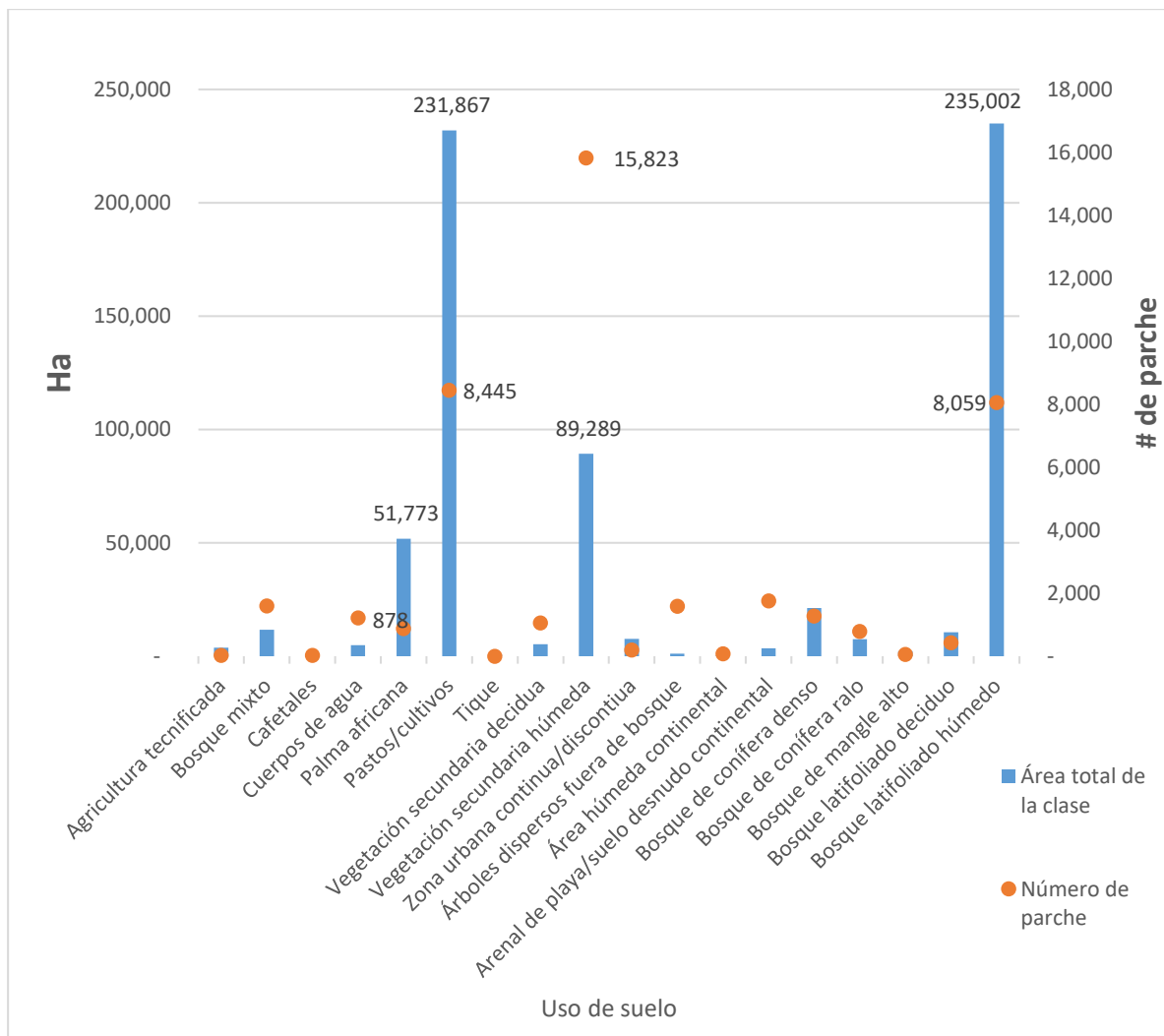
El área de estudio (con su zona *buffer*) tiene una extensión de 688 203 ha y 43 343 parches en 18 clases o usos de suelo Cuadro 9.

**Cuadro 9. Usos del suelo en el departamento de Atlántida, Honduras**

Usos de suelo	Área (ha)
Agricultura tecnificada	3741,48
Bosque mixto	11607,12
Cafetales	99,36
Lagos y lagunas naturales/cuerpos de agua artificial/otras superficies de agua	4907,97
Palma africana	51772,5
Pastos/cultivos	<b>231 866,73</b>
Tique ( <i>Acoelorrhaphe wright</i> )	702,63
Vegetación secundaria decidua	5283,45
Vegetación secundaria húmeda	<b>89288,55</b>
Zona urbana continua/zona urbana discontinua	7601,49
Árboles dispersos fuera de bosque	1101,87
Área húmeda continental	392,22
Arenal de playa/suelo desnudo continental	3450,51
Bosque de conífera denso	21220,29
Bosque de conífera ralo	7444,35
Bosque de mangle alto	2200,59
Bosque latifoliado deciduo	10520,28
Bosque latifoliado húmedo	<b>235002,15</b>

Como se observa en el Cuadro 9, los usos de suelo dominantes en el paisaje del departamento de Atlántida son el bosque latifoliado húmedo (BLH) y pastos y cultivos (PC) con 235 002 ha (34%) y 231 867 ha (34%) respectivamente y la vegetación secundaria húmeda (VSH) con 89 289 ha (13%) (Figura 8). No obstante, es esta última vegetación la que concentra el mayor número de parches (15 823), seguida de los pastos y cultivos (8445) y el bosque latifoliado húmedo con 8059.





**Figura 8. Usos de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras**

Al igual que representan las mayores áreas en el paisaje, los usos bosque latifoliado húmedo y pastos y cultivos, tienen además los mayores índices de parche más altos (LPI) (10,56 y 5,75% respectivamente). Este índice indica el porcentaje del total del área del paisaje del parche más largo.

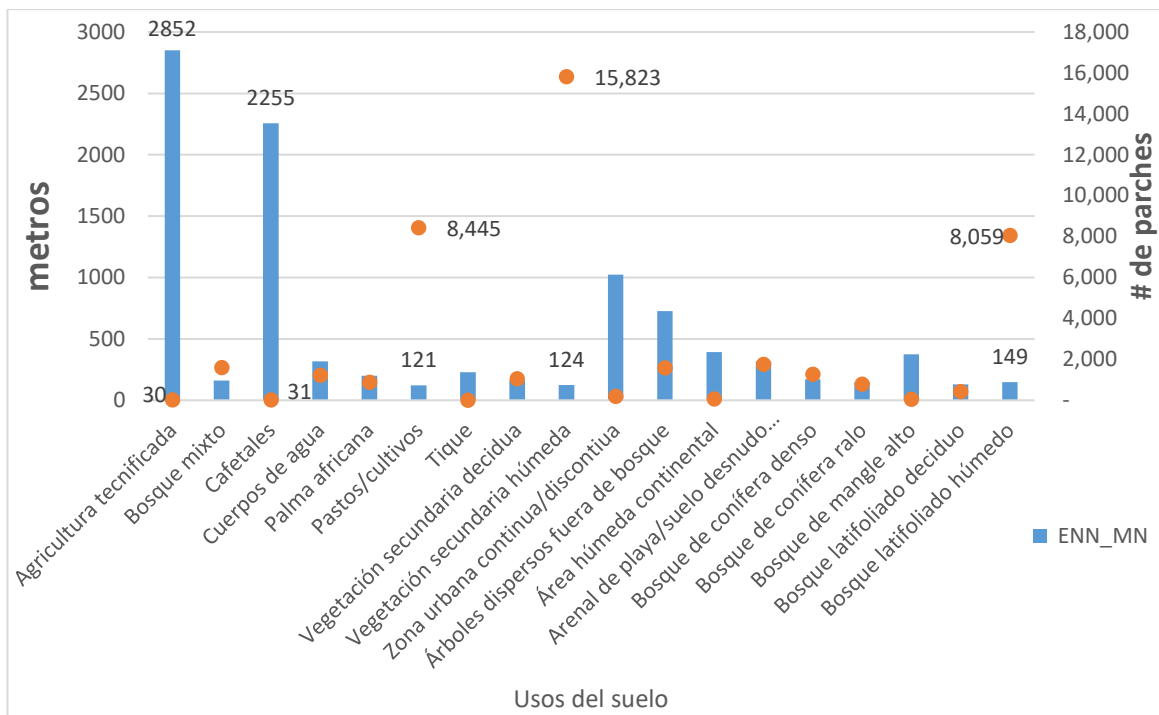
Los mayores valores de borde total (TE) -medida de la longitud total de bordes de un parche particular-, los presentan los tres usos de suelos principales (PC, VSH y BLH), con +33, +26 y +20 millones de metros respectivamente. En el caso de la densidad de borde (ED), métrica que facilita la comparación entre paisajes de diferentes tamaños, los tres usos de suelo mencionados también presentan los mayores valores (25,62, 19,93 y 15,90 m/ha respectivamente). En este caso, los pastos y cultivos son los que presentan los valores más altos, no obstante, constituyen una densidad baja que se puede relacionar con efectos negativos sobre las especies de plantas y animales, por efecto del borde en los distintos usos del suelo en el paisaje.

El BLH, los PC y la VSH presentaron un área de parche promedio (AREA\_MN), de 29, 27 y 5 ha respectivamente. Esta métrica puede ser un indicador de la fragmentación del hábitat y a nivel de clase, es una función del número de parches en la clase y el área total de la clase (McGarigal 2015). El Cuadro 10 muestra esta métrica junto con la del número de parches calculados para el área de estudio.

**Cuadro 10. Número y área promedio de parches para cada uso de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras**

Usos de suelo	N.- de parches (PN)	Área de parche promedio (ha) (AREA_MN)
Agricultura tecnificada	30	125
Bosque mixto	1604	7
Cafetales	31	3
Cuerpos de agua	1224	4
Palma africana	878	59
Pastos/cultivos	8445	27
Tique ( <i>Acoelorrhaphe wright</i> )	4	176
Vegetación secundaria decidua	1060	5
Vegetación secundaria húmeda	15823	6
Zona urbana continua/discontinua	197	39
Árboles dispersos fuera de bosque	1593	1
Área húmeda continental	79	5
Arenal de playa/suelo desnudo continental	1757	2
Bosque de conífera denso	1284	17
Bosque de conífera ralo	788	9
Bosque de mangle alto	57	39
Bosque latifoliado deciduo	430	24
Bosque latifoliado húmedo	8059	29

Los PC presentan la menor distancia promedio al vecino más cercano (ENN\_MN), (121 m); esto está relacionado a que son una de las categorías de uso de suelo más representada en la zona, seguida por los usos VSH (124 m) y BLH (128 m). El uso de suelo con la mayor distancia promedio entre sus parches fue la agricultura tecnificada (2852 m), la cual está poco representada en el paisaje. El BLH es el uso de mayor representatividad en la zona; esta cobertura tuvo una ENN\_MN de 149 m. De las cuatro especies, tres sobrepasan esa distancia de vuelo y una de ellas está prácticamente en el límite de su rango máximo (Cuadro 7). La Figura 9 muestra la distancia promedio de los parches entre los usos principales de suelo. Se observa que los usos más representados en el paisaje de Atlántida, tienen las distancias más cortas entre sus parches, pero también presentan las mayores cantidades de parches en el paisaje.



**Figura 9. Distancia promedio de vuelo de las especies de aves estudiadas al parche vecino más cercano (ENN\_MN), departamento de Atlántida, Honduras**

Los índices de esparcimiento interspersión y yuxtaposición (IJI), indican qué tan cerca está un tipo de parche de otro; es cero cuando un tipo de parche se acerca a otro tipo único y 100 cuando un tipo de parche se acerca a todos los otros tipos (McGarigal 2015). Para el área de estudio, IJI da valores de 57, 40 y 43%, para los usos de suelo PC, VSH y BLH, respectivamente. Esto implica que estos usos están rodeados entre un 40 y un 57% de otros usos, lo que podría tener un efecto positivo sobre la diversidad de las especies. Según McGarigal (2015), el esparcimiento afecta la calidad del hábitat para especies que requieren de diferentes tipos de parche para su sobrevivencia; buscando maximizarlo en el hábitat, se espera que se incremente la diversidad de especies.

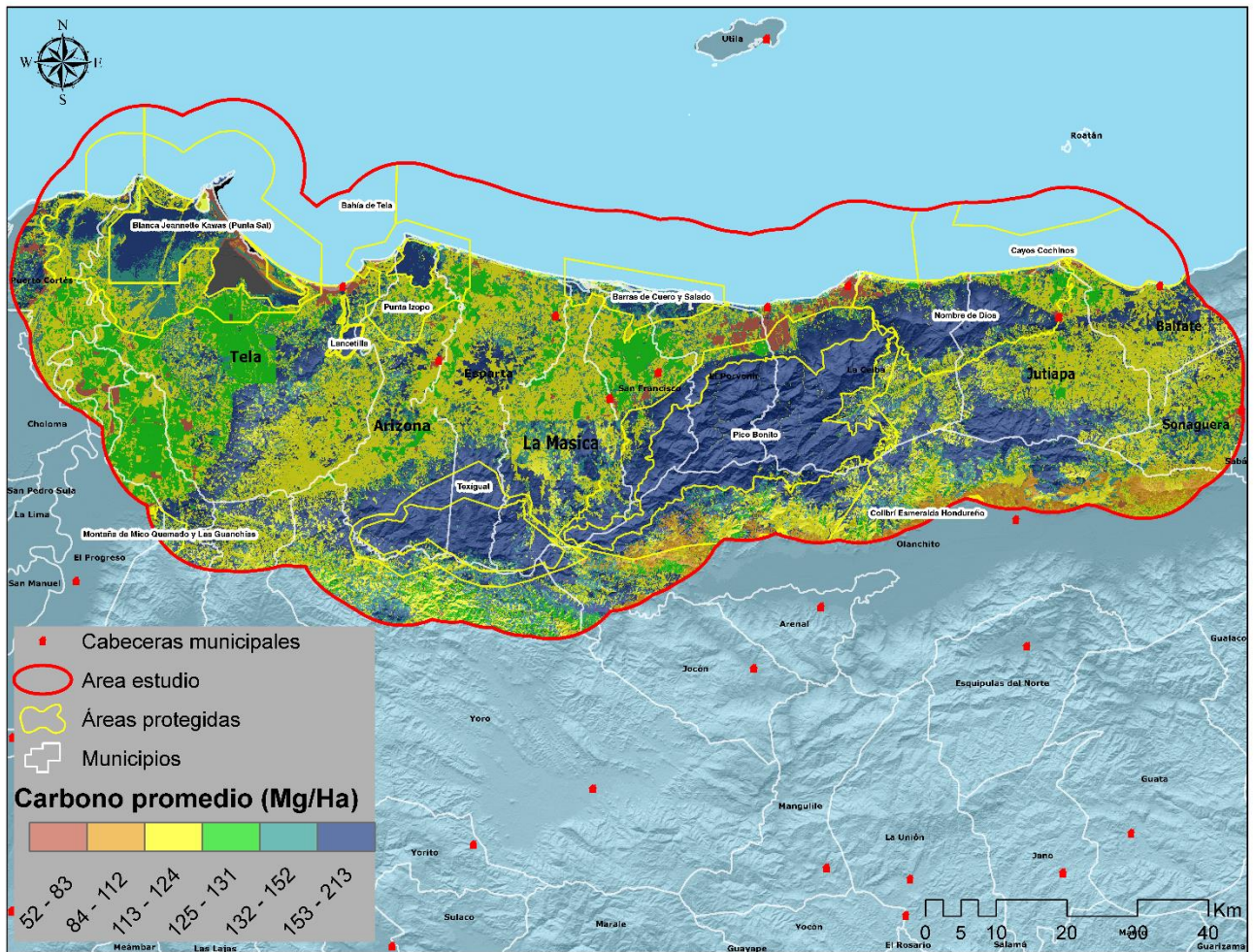
El índice de agregación, el cual mide las adyacencias similares entre los parches, tiene valores de 93, 78 y 89% para el BLH, la VSH y los PC, respectivamente. Esto indica que el BLH tiene los parches mayormente aglutinados. Los valores de las métricas obtenidas para todos los usos de suelo se indican en el Anexo 3.

## 4.2. Conectividad funcional y corredores biológicos

### 4.2.1. Almacenamiento de carbono en los usos de la tierra de Atlántida

Se elaboró un mapa para determinar los contenidos de carbono en todos los usos del suelo del departamento con el objetivo de conocer los lugares o municipios donde se concentran las mayores cantidades de carbono en la vegetación. Al conocer estos sitios es posible priorizar en la zona futuros proyectos de reforestación o restauración, necesarios para la mitigación o para la adaptación de las especies que dependen del bosque para su sobrevivencia. La Figura 10 muestra los sitios donde los contenidos de carbono son mayores; además de aquellos lugares que no están protegidos pero que

también representan significativas cantidades de carbono almacenado y por lo tanto son de importancia para su conservación. Como se observa en el mapa, los sitios donde se conserva la mayor cantidad de carbono están en color azul; se ubican dentro de las áreas protegidas, aunque fuera de ellas también se encuentran lugares con cantidades importantes. Estas áreas tienen un potencial de almacenamiento de carbono que va desde 153–213 MgC/ha. En el municipio de Tela se ubican áreas con importantes contenidos de carbono en la vegetación, pero que no están protegidas. En este municipio, existe una gran franja de bosque remanente fuera de los límites de las áreas protegidas y que, sin embargo, sirve como corredor funcional y hábitat para especies en la zona. Otros municipios con bosque remanente importante son Arizona, La Masica, Esparta, Jutiapa (con un área extensa de bosque sin protección), Balfate y Sonaguera (estos dos pertenecen al departamento de Colón).



**Figura 10. Mapa de contenido de carbono en los diferentes usos de suelo en el departamento de Atlántida, Honduras**

#### 4.2.2. Deforestación y vulnerabilidad

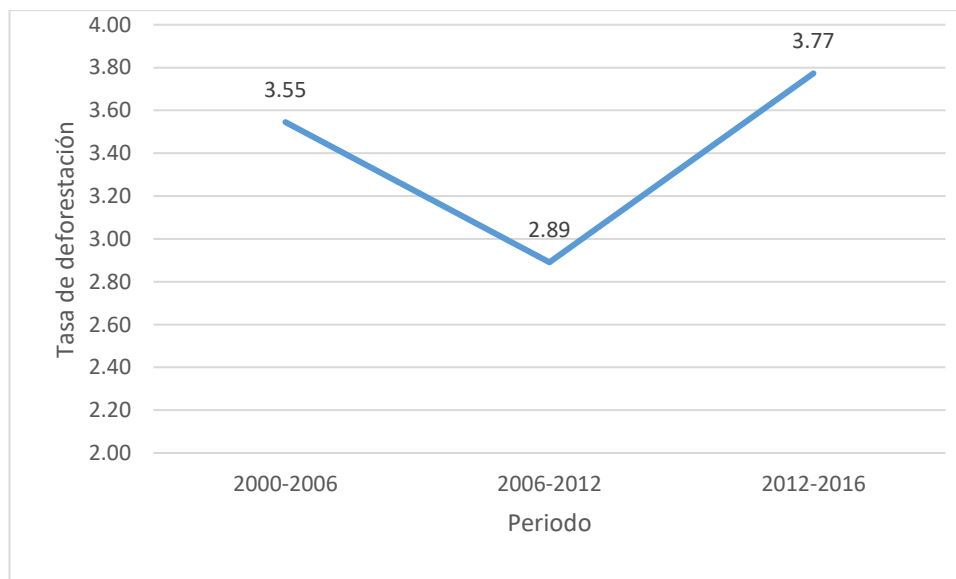
Se determinó la cobertura forestal y su pérdida en los años 2000-2016 en el departamento de Atlántida. El Cuadro 11 muestra la cobertura boscosa y la pérdida de bosque para los años y periodos correspondientes.

**Cuadro 11. Cobertura boscosa y deforestación para el periodo 2000-2016 en el departamento de Atlántida, Honduras**

Años	2016	2012	2006	2000	Total (ha)
Cobertura boscosa (ha)	353 533	358 909	365 188		373 039
Deforestación					
Periodo	2000-2006	2006-2012	2012-2016		
Pérdida	7852	6279	5376		19 507

En el cuadro anterior se observa que la cobertura forestal en Atlántida ha sufrido una disminución de 19 507 ha en el periodo comprendido entre el 2000 al 2016, con un promedio de 1219 ha por año. No obstante estos datos, se desconocen los errores en la clasificación de la cobertura boscosa en los mapas usados como base para el análisis, por lo que no se puede saber con un alto nivel de seguridad cuanto de la deforestación es real y cuanto es producto de error de los mapas usados.

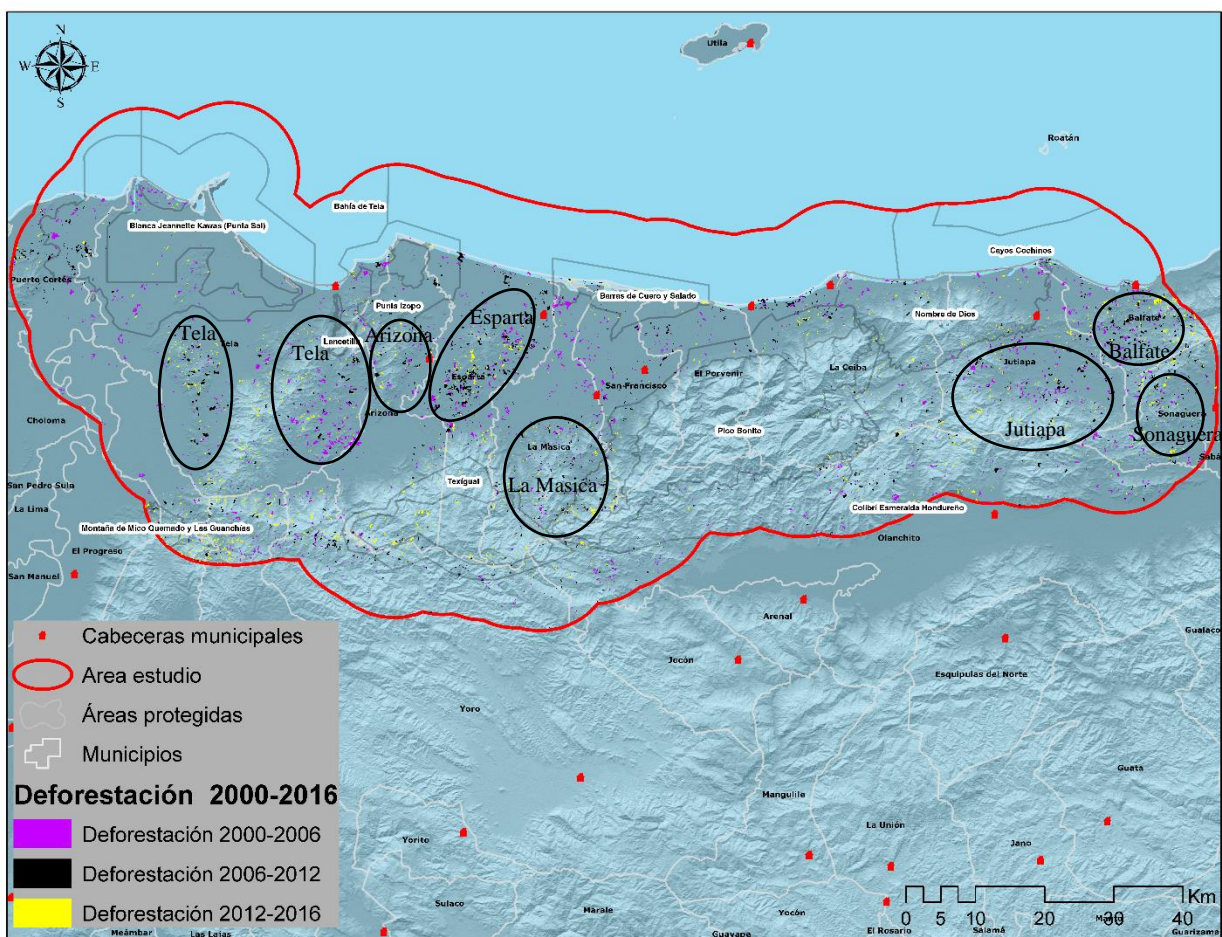
Se estimó la tasa de deforestación o pérdida de cobertura en el departamento durante los últimos 16 años. Como se puede observar en la Figura 11, la tasa ha sido fluctuante durante los años analizados, reduciéndose durante el periodo intermedio, pero aumentando al final del mismo. La tasa se expresa por cada mil hectáreas.



**Figura 11. Tasa de deforestación (por cada mil ha) durante el periodo 2000-2016 en el departamento de Atlántida, Honduras**

Además, se construyó un mapa de la deforestación histórica en el departamento (Figura 12). Como se puede ver en el mapa, la deforestación se concentra en los remanentes de bosque fuera de las áreas protegidas; no obstante, las mismas no quedan libre de la amenaza de la deforestación. Esto se puede ver en el caso del Refugio de Vida Silvestre Texiguat, donde tanto la zona de amortiguamiento como su zona núcleo experimentaron pérdida de cobertura a través de los años estudiados (2000-2016). Igual situación experimenta el Parque Nacional Pico Bonito, principalmente en su zona de amortiguamiento al igual que la totalidad de las áreas protegidas del departamento.

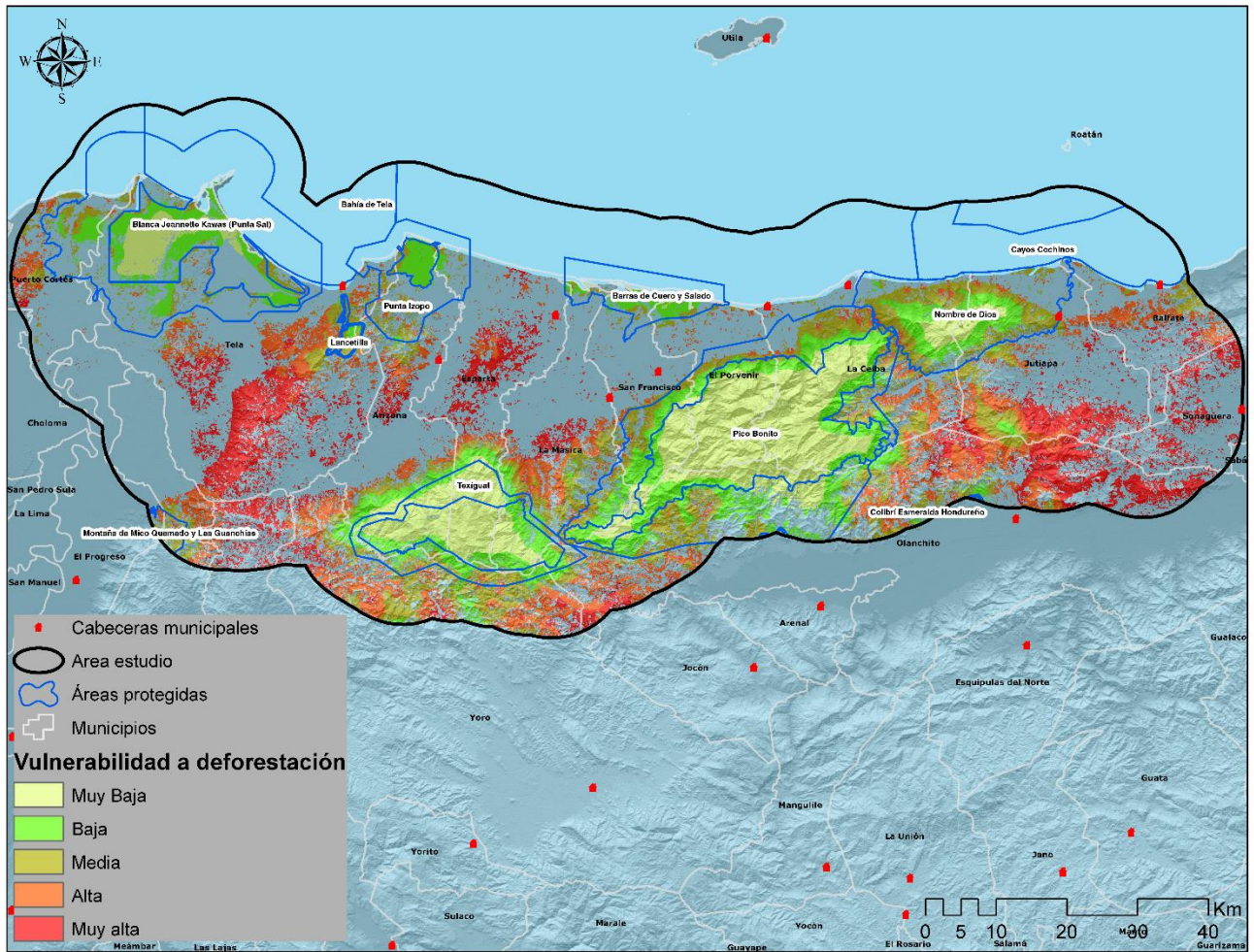
Es de notar que las zonas fuera de las AP, también son importantes como sitios tanto de almacenamiento de carbono y de hábitat para multitud de especies que residen en la zona. Estas áreas están bajo una gran presión debido a la amenaza latente de la deforestación, tanto en la década pasada como en la actualidad. Esta amenaza también afecta a las áreas bajo protección.



**Figura 12. Mapa de la deforestación histórica en el departamento de Atlántida, Honduras**

La vulnerabilidad a la deforestación en el departamento se muestra en el mapa de la Figura 13. Como se puede notar, áreas protegidas como PN Pico Bonito, RVS Texiguat, PN Nombre de Dios y el PN Blanca Jeannette Kawas tienen una muy baja o baja probabilidad de deforestación en sus zonas núcleos; sin embargo, en sus zonas de amortiguamiento presentan áreas en las que la vulnerabilidad a la deforestación es de una probabilidad media e incluso alta, en el caso del PN Jeannette Kawas. El área

declarada como zona de protección del colibrí esmeralda hondureño (*Amazilia luciae*), única ave endémica de Honduras, enfrenta una vulnerabilidad alta y hasta muy alta a la deforestación.



**Figura 13. Mapa de vulnerabilidad a la deforestación en el departamento de Atlántida, Honduras**

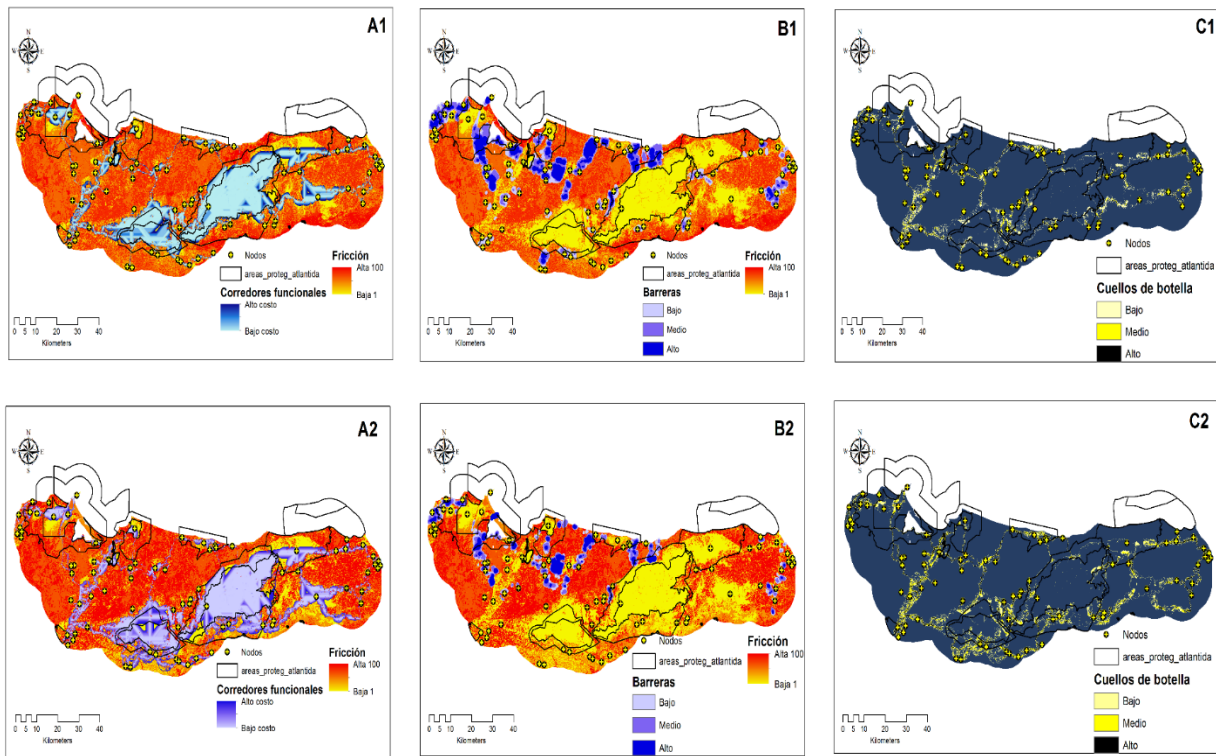
El Cuadro 12 muestra el área que comprende cada categoría de vulnerabilidad a la deforestación en el departamento de Atlántida.

**Cuadro 12. Área de las zonas vulnerables a la deforestación en el departamento de Atlántida, Honduras**

ha	%	Vulnerabilidad
114 430	21	Muy baja
118 339	22	Baja
114 793	21	Media
103 577	19	Alta
92 924	17	Muy Alta
544 063	100	Total

### 4.3. Mapas de corredores y *stocks* de carbono, barreras y cuellos de botella en el paisaje

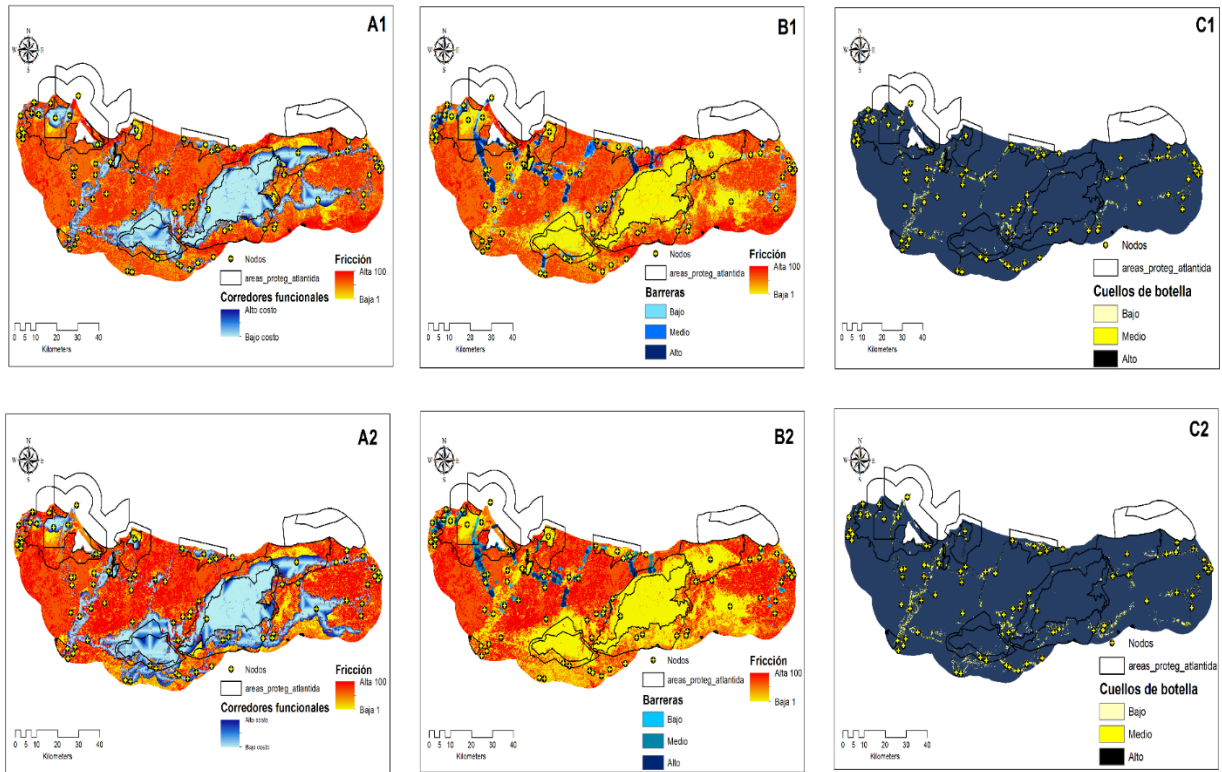
La Figura 14 muestra los mapas de corredores, barreras, y cuellos de botella para el desplazamiento de tres de las cuatro especies de aves estudiadas (*Henicorhina leucosticta*, *Thamnophilus atrinucha* y *Glyphorhynchus spirurus*), las cuales son dependientes del bosque. Estos mapas fueron elaborados a partir de la fricción impuesta en el paisaje por los diferentes usos del suelo. La fricción para los mapas A1, B1 y C1 se midió usando la variable contenido de carbono en los usos del suelo. Los mapas A2, B2 y C2 consideran la fricción a partir del criterio de expertos.



**Figura 14. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella para las especies *Henicorhina leucosticta*, *Thamnophilus atrinucha* y *Glyphorhynchus spirurus*, departamento de Atlántida, Honduras**

Adicionalmente, se elaboró un segundo grupo de mapas para la especie *Turdus assimilis* (Figura 15). Se hizo esta distinción entre las especies ya que las tres primeras especies son estrictas de bosque y sus rangos de hogar y desplazamientos reducidos en comparación a los del mirlo, el cual tiene un comportamiento más "generalista", pudiendo aprovechar otros usos del suelo y un rango de hogar y desplazamientos mayores (véase cuadro 7). Al igual que para la Figura 14, los mapas A1, B1 y C1 representan corredores, barreras y cuellos de botella para el desplazamiento usando la fricción y el contenido de carbono en los usos del suelo. Los mapas A2, B2 y C2 se elaboraron usando el criterio de expertos.





**Figura 15. Mapas de corredores, barreras y cuellos de botella para la especie *Turdus assimilis*, departamento de Atlántida, Honduras**

Las figuras 14 y 15 presentan las áreas dentro del departamento de Atlántida que pueden servir como sitios de corredores para las cuatro especies de aves estudiadas. También se puede ver el grado de fricción impuesto en el paisaje por los diferentes usos del suelo. Esta fricción puede observarse más claramente en el mapa de barreras, indicándose en color amarillo los lugares o uso del suelo que presenta el menor costo de desplazamiento para las especies de aves estudiadas.

En general, ambos *sets* de mapas (especies estrictas de bosque *versus* especie "generalista"), presentan altos contenidos de carbono dentro de las AP y en algunos sitios fuera de ellas. Específicamente, en la Figura 14 se puede observar (en ambos modelos de fricción), que los sitios por donde pasan los corredores corresponden a la vegetación que presenta el mayor contenido de carbono. Estos sitios atraviesan las áreas protegidas declaradas; sin embargo, existen sitios importantes fuera de las mismas por los altos contenidos de carbono que poseen.

De los mapas obtenidos se calculó el área para ambos modelos de fricción y para las especies estrictas de bosque y "generalista" (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Área de los corredores, barreras y cuellos de botella para las especies de aves estudiadas, departamento de Atlántida, Honduras**

Especie	Mapa	Fricción carbono (ha)	Fricción encuesta (ha)
<i>Henicorhina leucosticta</i> , <i>Thamnophilus atrinucha</i> y <i>Glyphorhynchus spirurus</i>	Corredores	169 790	193 515
	Barreras	100 436	56 346
	Cuellos de botella	27 732	48 885
<i>Turdus assimilis</i>	Corredores	196 344	223 972
	Barreras	37 529	29 211
	Cuellos de botella	23,225	28 479

En el Cuadro 13 se puede observar al hacer la comparación entre los dos modelos de fricción (contenido de carbono en los usos del suelo en el paisaje y la fricción según el criterio de expertos), que el área calculada de los corredores fue mayor en este último (para ambas especies), debido seguramente al criterio más subjetivo de los expertos. Se puede observar además que el área de corredor es mayor para la especie *T. assimilis* que para las otras tres especies en conjunto. Hay que recordar que *T. assimilis* tiene un tamaño de hábitat y de distancia de vuelo mucho mayores que las otras tres especies, lo cual puede explicar su área de corredor mayor. Esta última especie hace uso de una mayor variedad de hábitats, anida en pastizales y plantaciones de café y luego las aves jóvenes se trasladan al bosque, lo que aumenta sus probabilidades de sobrevivencia (Cohen y Lindel 2004, 2005).

Con respecto a las barreras y los cuellos de botella en el paisaje, en general, la especie *T. assimilis* presenta áreas mucho menores que *H. leucosticta*, *T. atrinucha* y *G. spirurus*. Esto también se puede deber a la flexibilidad de esta especie para usar un mayor número de hábitats. Así, las especies como *T. assimilis* que son más flexibles ante el uso de hábitats o especies generalistas tendrían mayores posibilidades de sobrevivencia ante los cambios en hábitat que se espera sucedan con el CC o por presiones en el cambio de uso del suelo por actividades humanas.

En relación a los cuellos de botella, los resultados señalan áreas importantes en las que estos se presentan. Como con las barreras, los cuellos de botella se ubican fuera de las áreas protegidas y son más importantes en aquellos lugares en donde la presión por los pastos y cultivos y la palma africana son mayores.

En los mapas de corredores se determinó el contenido de carbono en la vegetación. Se calculó que estos almacenan unas 156 T/ha (Cuadro 14). El corredor para la especie *T. assimilis* contiene más carbono que el de las otras tres especies en conjunto. Claramente esto es debido a que el área de su corredor es mayor (Cuadro 13).

**Cuadro 14. Contenido de carbono en corredores funcionales, paisaje y por hectárea para las especies de aves estudiadas en el departamento de Atlántida, Honduras**

<b>Especie</b>	<b>Mapa</b>	<b>Contenido de carbono</b>
<i>Henicorhina leucosticta</i> , <i>Thamnophilus atrinucha</i> y <i>Glyphorynchus spirurus</i>	Corredor	35 966 815,77 (ton)
<i>Turdus assimilis</i>	Corredor	40 671 746 (ton)
	Total en el paisaje	107 220 838 (ton)
	Total por hectárea	<b>156 (ton/ha)</b>

#### **4.4. Áreas funcionales para la conservación**

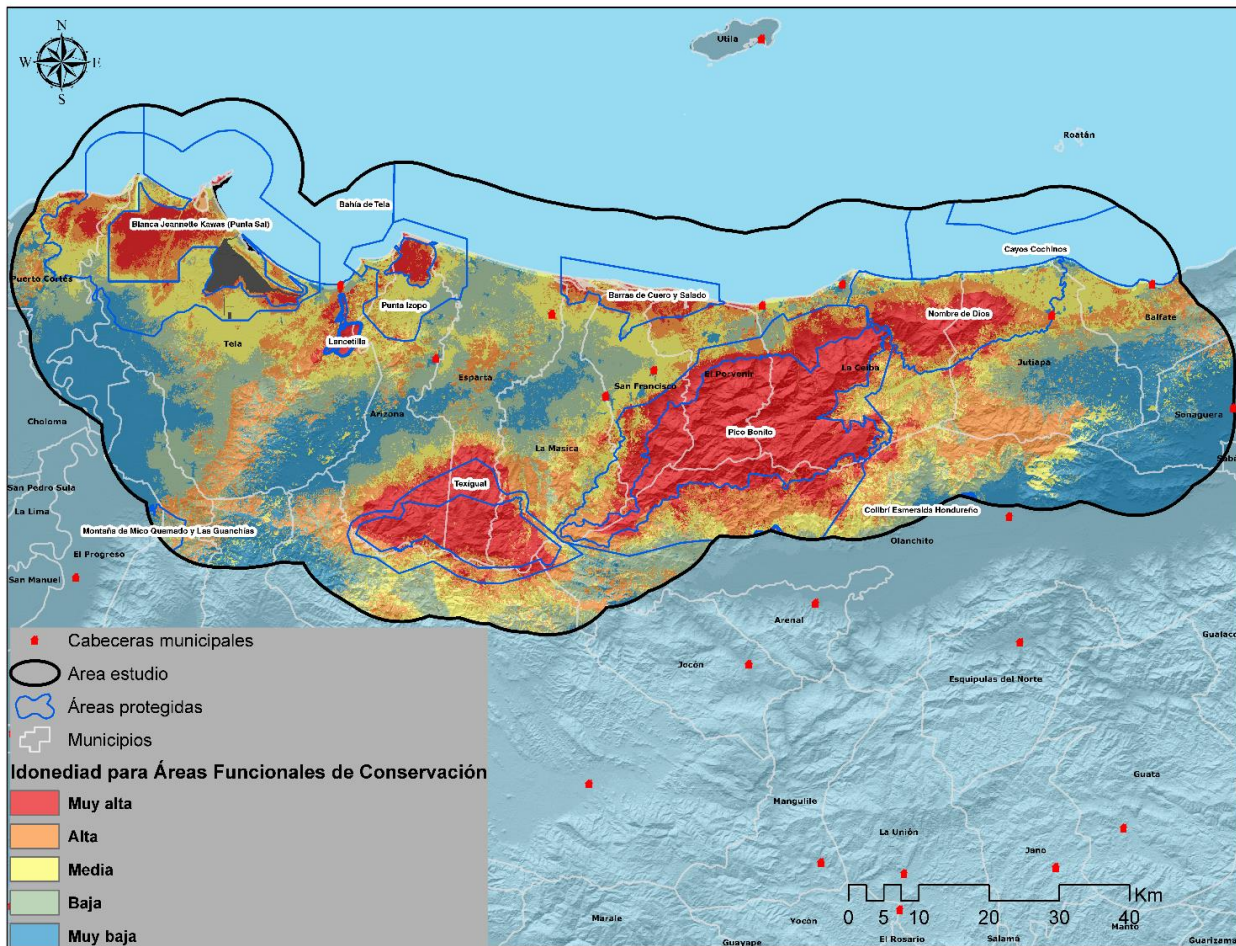
Los resultados anteriores conducen a la definición de las áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad de aves a escala de paisaje. La Figura 16 resalta las áreas que se consideran más idóneas para ser tomadas en cuenta como AFC. Las áreas definidas fueron priorizadas a partir de tres criterios: contenido de carbono, biodiversidad y amenazas. En el modelo, el contenido de carbono en los usos del suelo representa los sitios que presentan los menores y mayores niveles de dificultad de las especies de aves al movimiento (fricción), priorizando aquellos sitios con mayor contenido de carbono y por lo tanto, menor resistencia al movimiento de las especies (mayor conectividad). El resultado son corredores por los que las especies de aves pueden desplazarse sin dificultad.

Los corredores, junto con la densidad de las observaciones de aves en el paisaje de Atlántida y la distancia a las AP, son tomadas como variables para definir el criterio de biodiversidad que usó el modelo para delimitar las AFC. Así, los *pixeles* con la mayor cantidad de observaciones de aves que están dentro o más cercanos a los corredores definidos y aquellos que están dentro o más cercanos a las áreas protegidas fueron priorizados para delimitar las AFC.

Con respecto a las amenazas, el modelo asume que aquellas zonas que están más cercanas a poblados, calles y a la deforestación son de menor prioridad, es decir, busca priorizar aquellos sitios o lugares que tengan mayores probabilidades de conservación en el tiempo y los delimita como AFC. Esto no quiere decir que los sitios con las mayores amenazas no sean importantes; por el contrario, estos sitios son identificados dentro del modelo como de una idoneidad alta y media para ser tomados en cuenta como AFC y deben prevalecer al momento de tomar decisiones en procesos de restauración y/o conservación ecológica.

Así, las AFC propuestas cumplen con los objetivos de las sinergias entre la mitigación y adaptación al CC, puesto que priorizan los lugares donde las reservas de carbono son mayores y por lo tanto la fricción es menor (corredores), la biodiversidad de aves es mayor (distancia a observaciones), la probabilidad de deforestación y otras perturbaciones (poblados, calles), es menor y están más cerca de

las AP. Las AFC incluyen áreas protegidas y zonas donde hay una importante cantidad de bosque fuera de las mismas.



**Figura 16. Mapa de áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad propuestas para el departamento de Atlántida, Honduras**

Estas áreas se muestran en el mapa en color rojo y tonalidades naranja y amarillo. Las zonas en color rojo son las que cumplen con todos los criterios para ser consideradas como AFC. Las tonalidades naranja y amarillo corresponden a sitios con idoneidad alta a media, respectivamente.

Las AFC están diseñadas para que los procesos ecológicos de las especies que las habitan se mantengan y así se conserve la diversidad biológica de la región. En este sentido, los paisajes priorizados en el departamento de Atlántida cumplirían con esa función vital para los organismos presentes ya que se puede observar que cubren un alto porcentaje del área del departamento (Cuadro 15) y que todavía existen zonas sin proteger que conectan las mismas, permitiendo por un lado la conectividad estructural, además de la funcional.

**Cuadro 15. Área de las zonas idóneas como áreas funcionales de conservación en el departamento de Atlántida, Honduras**

Área (ha)	%	Idoneidad
131 917	19	Muy alta
142 037	21	Alta
144 721	21	Media
132 506	19	Baja
137 023	20	Muy baja
688 204	100	Total

## 5. Discusión

### 5.1. Descripción del paisaje

Uno de los principales usos del suelo en el paisaje de Atlántida, lo constituye el bosque latifoliado húmedo (BLH), el cual posee parches de bosque que cubren el 10% de su clase. Este tipo de parches son importantes por su tamaño, ya que hay evidencia que los parches de vegetación más pequeños sostienen menos especies que parches más grandes de la misma clase (Bennett 2004). En este sentido, el hecho que existan áreas de bosque de un tamaño importante en el paisaje de Atlántida, asegura que las poblaciones de aves dependientes de bosque puedan mantenerse en el tiempo, siempre que estas se protejan y conserven. Así, proyectos como REDD+ que buscan la disminución de los GEI y mantener las reservas de carbono en los ecosistemas forestales (Locatelli *et ál.* 2011), pueden priorizar estos sitios para sus intervenciones futuras.

El BLH presenta parches con áreas promedio de 29 ha (Cuadro 12). Desde el punto de vista de las especies de aves analizadas, este representa un hábitat adecuado (en cuanto a tamaño, Cuadro 9) para su sobrevivencia, por lo que se estaría manteniendo la conectividad para estas especies. Se espera que el CC tenga efectos negativos sobre las poblaciones de aves (Sekercioglu *et ál.* 2012), pero también la fragmentación de sus hábitats debido a actividades humanas puede afectar negativamente sus poblaciones, distribución y riqueza (Lampila *et ál.* 2005). En este sentido, es necesario que se conserven sus hábitats, priorizando en el paisaje aquellos sitios de bosque que disponen de una mayor diversidad de aves, puesto que estas cumplen funciones vitales para los ecosistemas (Sekercioglu 2006).

Otro uso importante del suelo en el departamento de Atlántida, lo constituyen los pastos y cultivos (PC). Esta cobertura, al igual que el BLH, representa un 34% del área de estudio, con parches de tamaño promedio de 27 ha (Cuadro 12). La agricultura migratoria ha sido identificada como una causa de la deforestación a través de los años en Honduras; ha ocasionado que se degraden y destruyan el suelo y los hábitats y, que se deforesten y degraden cuencas hidrográficas (Vallejo 2011). Ejerce, por lo tanto, presión sobre los bosques y la biodiversidad, aumentando el grado de amenaza a la que se ven expuestas. Sin embargo, existen otras amenazas sobre la biodiversidad que pueden afectar incluso más que el CC: la fragmentación del hábitat, degradación de los ecosistemas, contaminación de los recursos forestales, incendios y crecimiento de asentamientos humanos (Herrera *et ál.* 2016). Bajo esta perspectiva, para que existan sinergias entre la mitigación y la adaptación, se tiene que dar un aprovechamiento de los bosques que involucre mejores prácticas de usos del suelo y manejo de cuencas, conservación de la naturaleza, reforestación, agroforestería y aforestación, tratando así de integrar la gestión de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad con las estrategias de mitigación y adaptación al CC (Herrera *et ál.* 2016).

La distancia promedio al parche vecino más cercano, resultó entre 121–149 m para los tres principales usos de la tierra. Estas distancias son adecuadas para las especies de aves del estudio, ya que todas ellas presentan rangos de distancia de vuelo mayores (Fagan *et ál.* 2016), con lo que la conectividad entre los parches de bosque para estas especies está asegurada. La conectividad es un atributo importante dentro del paisaje como una medida de la extensión en la que plantas y animales pueden moverse entre parches de hábitat (Hilty *et ál.* 2006); desde el punto de vista de este estudio,

el que las especies de aves analizadas tengan una buena conectividad implica un factor positivo para la conservación de la biodiversidad y de sus funciones en los ecosistemas.

Otra métrica importante que también tienen que ver con la conectividad en el paisaje, es el índice de esparcimiento de los parches. Este indicó que los tres usos de suelo principales están conectados entre un 40 y un 57% con los demás usos del suelo, lo que también podría tener implicaciones para la diversidad de la zona, puesto que, entre mayor esparcimiento, mayor es la diversidad (McGarigal 2015). Esta condición podría ser beneficiosa para la especie *T. assimilis*, ya que ocupa de pastos y cafetales en su ciclo reproductivo para asegurar una mayor sobrevivencia.

El índice de agregación dio como resultado valores entre el 78 y 93% para los usos principales, lo que indica que estos parches están aglutinados. Esto podría indicar una buena conectividad entre los mismos, ayudando también a trazar las rutas por donde los corredores deben ser diseñados (Leitão y Ahern 2002), ayudando también a la conservación de la biodiversidad.

## 5.2. Corredores

En el departamento de Atlántida, existen grandes áreas de bosques, localizadas principalmente dentro de las áreas protegidas, pero también fuera de ellas. Los corredores diseñados en este estudio, fueron formulados a partir del contenido de carbono en la vegetación; es decir, pasan por donde el carbono en la biomasa es mayor, facilitando de esta forma la movilidad de las especies de aves estudiadas. Sullivan *et ál.* (2017), encontraron que a pequeña escala (-1 ha), la diversidad de árboles presenta una débil relación con el contenido de carbono aéreo; por lo que a una escala mayor no habría una relación carbono-diversidad. Pese a los hallazgos de Sullivan *et ál.* (2017), otros autores han encontrado una relación positiva entre el contenido de carbono en la vegetación y la biodiversidad (Poorter *et ál.* 2015; Cavanaugh *et ál.* 2014), asociando incluso que una baja biodiversidad (especialmente frugívoros grandes) se relaciona con la pérdida de carbono en los bosques (Bello *et ál.* 2015). En este estudio, no se pudo determinar una relación positiva entre el contenido de carbono y la biodiversidad; sin embargo, se podría asumir que existe ya que las aves utilizadas como variables en el modelo, son dependientes de bosque y muy susceptibles a la fragmentación y pérdida de su hábitat (Sigel *et ál.* 2010). Desde el punto de vista de la mitigación y la adaptación al CC, la relación entre el contenido de carbono en la vegetación y la biodiversidad de aves es muy importante, debido a que la conservación de las masas boscosas conlleva una serie de servicios ecosistémicos asociados, entre los que se encuentra el de biodiversidad de especies vegetales y de fauna (incluida la avifauna) (Sekercioglu *et ál.* 2006; Dirzo *et ál.* 2014).

En Centroamérica, se espera que el CC traiga una disminución de la precipitación, lo que podría aumentar el efecto de la canícula; esto favorecería a aquellas especies que son más afines a climas cálidos y secos. Frishkoff *et ál.* (2016), encontraron que especies afines al uso del suelo agrícola, son más resistentes al CC que especies dependientes de bosque. Su estudio dio como resultado que, bajo el escenario en el que la temperatura aumente 6°C, las especies dependientes de bosque perderían cerca del 60% de sus hábitats actuales, mientras que las especies adaptadas a la agricultura, perderían menos del 30%. Estos resultados enfatizan la necesidad de preservar el bosque tropical y aumentar la conectividad entre los fragmentos, asegurando que especies dependientes de bosque sean capaces de moverse a nuevos hábitats en el futuro (Frishkoff *et ál.* 2016).

Las barreras para la conectividad en el paisaje, se concentran principalmente fuera de las áreas de bosque, al norte y noreste del departamento, donde la fricción es mayor en ambos modelos. Se ubican en lugares dominados por pastos y cultivos (34% del área), y por la palma africana (8%). Esta palma ha sido adaptada a zonas cálidas de la costa norte hondureña. Según FAO (2016), la agricultura comercial provoca casi el 70% de la deforestación en América Latina. Según este informe, en América Central y el Caribe, países como El Salvador, Haití, Honduras y Panamá han tenido un aumento neto de la superficie dedicada a la agricultura del orden de unas 545 000 ha en el período 2000-2010, por lo que la presión sobre los bosques en la región es alta y se hace necesario tomar medidas que ayuden a la conservación de los bosques y a la prestación de servicios que brindan. Así, los lugares donde se identificaron las barreras deberían ser considerados para futuros proyectos de reforestación o restauración ecológica.

En el paisaje de Atlántida, también existen barreras y cuellos de botella que impiden actualmente y podrían hacerlo a futuro, el desplazamiento de las especies a través del hábitat. Estos sitios deben ser tomados en cuenta en proyectos de reforestación o restauración, como proyectos REDD+.

### **5.3. Vulnerabilidad a la deforestación**

Se ha señalado a la deforestación como una amenaza para la pérdida de la biodiversidad y causante de impactos negativos en los ecosistemas, y junto con la degradación, de emisiones de GEI (Locatelli *et ál* 2011; Aguirre *et ál.* 2017; Bennett 2004; Bello *et ál.* 2015; Sekercioglu *et ál.* 2012; Jantz *et ál.* 2014, Herrera *et ál.* 2016). Desde el punto de vista de las sinergias, aquellos sitios que están más propensos a ser deforestados, deben ser priorizados con proyectos de mitigación, adaptación y conservación de la biodiversidad (Herrera *et ál.* 2016).

Los remanentes de bosque en la zona que se encuentran fuera de las áreas protegidas, tienen una alta presión a ser deforestados (Vallejo 2011). Estos bosques fueron clasificados con una alta y muy alta vulnerabilidad a la deforestación; se encuentran en sitios como Tela, Arizona, Esparta, La Masica, Jutiapa, en el departamento de Atlántida y Balfate y Sonaguera en el vecino departamento de Colón (Figura 14). Pero además, no solo estos bosques sufren alta vulnerabilidad a la deforestación, incluso las áreas protegidas han soportado históricamente deforestación en sus límites, principalmente en zonas de amortiguamiento, pasando también a sus zonas núcleos (mapa de deforestación 2000-2016, Figura 13). En Honduras se han asociado las causas de la deforestación y la degradación con políticas nacionales forestales escasas e ineficientes; una normativa legal inconsistente y contradictoria; un marco institucional débil con conflictos, obstáculos administrativos y corrupción; aspectos técnicos inapropiados; aspectos sociales con efectos negativos para los bosques, como agricultura migratoria, uso irracional del bosque, migraciones y pobreza, entre otras; aspectos financieros contraproducentes y aspectos culturales nocivos para el bosque (Vallejo 2011).

### **5.4. Áreas funcionales para la conservación**

Las variables utilizadas para la delimitación de las AFC, consideran los sitios más idóneos para ser considerados como tal. Se delimitaron zonas dentro de las áreas protegidas como las más idóneas para su conservación y restauración; pero además sitios fuera de estas que cumplen con todos los requerimientos para ser consideradas también como AFC.



En las AFC propuestas en este trabajo deberían concentrarse los esfuerzos de futuros proyectos REDD+ que buscan mejorar y/o mantener las condiciones para el almacenamiento de carbono, con miras a mitigar los posibles efectos negativos del CC, previstos para Honduras. También son sitios importantes para el mantenimiento de la diversidad biológica, no solo de las aves dependientes de bosque (grupo analizado en este trabajo), sino de toda la diversidad de animales y plantas que contienen, contribuyendo a que estas especies puedan adaptarse también a los cambios que puedan producirse por el CC.

Todas las acciones que se realicen con la finalidad de proteger y conservar las AFC propuestas, finalmente tendrán repercusiones en la calidad de vida de las personas que habitan en o cerca de estas áreas, pues es bien conocido que las mismas producen múltiples servicios ecosistémicos que también contribuyen al bienestar de las poblaciones humanas que dependen de ellas y que en última instancia también se verán afectadas por el CC.

### **5.5. Mejoras potenciales a las áreas funcionales para la conservación propuestas**

El modelo utilizado en el estudio, podría ser más robusto si se utilizaran variables como temperatura y datos más precisos sobre el impacto que el CC podría tener a futuro sobre la biodiversidad o los ecosistemas presentes en la zona de estudio. Adicionalmente, se podría considerar estudiar otros grupos de avifauna que muestren comportamientos diferentes a los de los grupos de las especies estudiadas en este trabajo, las cuales se conocen por ser un grupo insectívoro muy vulnerable ante la fragmentación de su hábitat (Sigel *et ál.* 2010), lo que podría ser la causa principal para su afectación en el ecosistema, en lugar del CC. En este sentido, se podría considerar incluir aves frugívoras grandes o mamíferos conocidos por ser dispersores de semillas, como murciélagos u otras especies mayores.

El modelo contempla, al hacer la transformación de las variables (de 1-100), que todas se comportan en forma lineal; no obstante, puede existir una fuente de error al hacer esta asunción, puesto que no todas las variables se comportan en forma lineal. Es decir, no necesariamente todas las variables utilizadas en el modelo, van a permanecer estáticas con el tiempo. Es necesario por lo tanto, tomar en cuenta la linealidad o no de las variables al momento de hacer el análisis.

## 6. Conclusiones

El bosque latifoliado húmedo presentó un área promedio de parches que proporcionan el tamaño de hábitat necesario para las especies de aves estudiadas. Sin embargo, los otros dos tipos principales de uso de suelo (pastos y cultivos y vegetación secundaria húmeda), pueden representar una barrera muy fuerte a su desplazamiento puesto que este gremio de aves tiene una reducida movilidad y es altamente sensible a la fragmentación de su hábitat, por lo que es menos probable que ocurran y sean menos abundantes en hábitats usados intensivamente por actividades humanas.

Los corredores que se delimitaron en la zona son áreas extensas de bosque que almacenan importantes cantidades de carbono; es importante su preservación puesto que cumplen una importante función como mitigadores del CC y proveedores de servicios ecosistémicos, como hábitat para un sinnúmero de especies de plantas y animales, cumpliendo también con un rol importante en la adaptación de estas especies y para la humanidad ante el CC.

A pesar de la importancia que los bosques y ecosistemas del departamento de Atlántida tienen, históricamente han sufrido deforestación y degradación. Las áreas de bosque mejor conservadas se encuentran dentro de las áreas protegidas; sin embargo, estas zonas tampoco se salvan de la amenaza producto de las actividades humanas que poco a poco van penetrando no solo sus zonas de amortiguamiento sino incluso sus zonas núcleos. Como es de esperar, los bosques que mayor vulnerabilidad presentan ante la deforestación y la degradación son aquellos que no están protegidos, pero que también son sitios importantes de almacenamiento de carbono y mantenimiento de la biodiversidad de la zona.

Las áreas propuestas como AFC en este trabajo se delimitaron bajo el esquema de sinergias entre mitigación y adaptación de la biodiversidad al CC, ya que incluyen aquellos sitios donde las oportunidades de conservación son mayores (AP, corredores, contenido de carbono, mayor diversidad de aves), y se alejan de las perturbaciones (deforestación, calles, poblados). En este sentido, las AFC propuestas para el departamento de Atlántida maximizan las sinergias entre la mitigación y la adaptación al proponer sitios en donde existen altos contenidos de carbono y que al mismo tiempo son lugares para conservación de la biodiversidad y que contribuyen a la conectividad del paisaje.

Las AFC propuestas pueden ser consideradas para el desarrollo de proyectos REDD+ puesto que se incluyen sitios con las mayores cantidades de carbono en la vegetación y en los que la vulnerabilidad a la deforestación también es mayor. Con esto se busca contribuir a disminuir la deforestación y a mantener la biodiversidad.

Las áreas protegidas en el departamento de Atlántida están cumpliendo con su función de proteger zonas importantes de bosque para el mantenimiento de las reservas de carbono y, de esta forma, ayudando a mitigar los efectos del CC, por un lado y, cumpliendo una función vital para la conectividad de las especies que utilizan los bosques de la región como su hábitat (adaptación), por el otro. Estos lugares deben ser priorizados en proyectos REDD+ para manejo y conservación (principalmente aquellos fuera de las AP) y para buscar mejorar la adaptabilidad de las especies y ecosistemas al CC.

El modelo utilizado se aplica para aves insectívoras y dependientes de bosque; si se quisiera tener una visión más general, se podrían considerar otras especies de aves, o taxones que podrían ser más susceptibles ante el CC, como aves o mamíferos frugívoros o anfibios.

## **7. Recomendaciones**

Se debe incluir en el modelo la variable de cambio de uso de suelo en escenarios futuros para poder predecir si las áreas consideradas como AFC actualmente podrían cambiar; y si lo hacen, tomar las medidas necesarias para poder conservar la biodiversidad y sus cobeneficios asociados.

Las áreas que no cuentan con la protección de leyes para su conservación y que son importantes por el contenido de carbono, hábitat para la biodiversidad o conectividad, deberían ser de alta prioridad para proyectos de restauración, ya que sirven tanto a la mitigación como para la adaptación y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que esta brinda.

Un paso posterior al diseño de AFC sería validar en campo el modelo propuesto. Para esto, se puede empezar por verificar si las zonas propuestas en realidad cumplen con el modelo, es decir, si tienen un nivel de conservación que permita que los procesos naturales de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos se den normalmente, considerando de especial interés, aquellas zonas fuera de las áreas protegidas. Todo esto se debería llevar a cabo con la participación de las autoridades nacionales y locales, así como de la sociedad civil en general.

Aquellos sitios que fueron identificados como AFC o con una alta idoneidad como tales, podrían ser priorizados en proyectos de restauración o conservación e integrarse dentro de políticas nacionales como es el caso de REDD+, teniendo en mente implementar proyectos en donde se den las interrelaciones positivas entre la mitigación y la adaptación al CC.

Es necesario establecer un sistema de monitoreo y evaluación con el cual se puedan comprobar si se dan sinergias entre mitigación y adaptación en las áreas propuestas como AFC. De esta forma se podrían cuantificar los impactos positivos y/o negativos que podrían resultar de dicha interrelación.

Entre los sitios que se podrían empezar a investigar o tomar acciones de restauración o conservación según las AFC más idóneas delimitadas por el modelo, se pueden considerar, por ejemplo, el municipio de Tela en el que se observa, una gran franja de bosque que sirve como zona de conectividad entre áreas protegidas (Figura 16). También, en la zona central del departamento (municipio de Esparta y La Masica) y en la zona oriental (municipio de Jutiapa), se pueden observar zonas con una idoneidad alta para ser consideradas AFC.

## 8. Literatura citada

- Aguilar, E; Aguilar, E; Peterson, TC; Ramírez Obando, P; Frutos, R; Retana, JA; Solera, M; Soley, J; González García, I; Araujo, RM; Santos, AR, Valle, VE; Brunet, M; Aguilar, L; Álvarez, L; Bautista, M; Castañón, C; Herrera, L; Ruano, E; Sinay, JJ; Sánchez, E; Hernández Oviedo, GI; Obed, F; Salgado, JE; Vázquez, JL; Baca, M; Gutiérrez, M; Centella, C; Espinosa, J; Martínez, D; Olmedo, B; Ojeda Espinoza, CE; Núñez, R; Haylock, M; Benavides, H; Mayorga; R.. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *J. Geophys. Res.* 110. D23107, doi:10.1029/2005JD006119.
- ALCC (Apalachian Landscape Conservation Cooperative). 2015. Conservation Planning Software (en línea). Disponible en: <http://applcc.org/conservation-design/gis-planning/conservation-planning/conservation-planning-software>. Consultado 6 dic. 2015.
- Anciaes, M; Townsend Peterson, A. 2009. Ecological niches and their evolution among Neotropical manakins (Aves: Pipridae). *Journal of Avian Biology* 40(6):591-604.
- Anderson, AB; Jenkins, CN 2006. Applying nature's design: corridors as a strategy for biodiversity conservation. New York, United States of America, Columbia University Press. 231 p.
- Angelsen, A; Brockhaus, M; Sunderlin, W; Verchot, L. (eds.). 2013. Análisis de REDD+: Retos y opciones. Bogor, Indonesia, CIFOR. 471 p.
- Ardón, C; Guzmán, M. 2011. Inventario de bienes y servicios ambientales en el departamento de Atlántida. Tegucigalpa, Honduras, SERNA-Procorredor. 54 p.
- Argeñal, F; Jover, N; Cabrera, E. 2010. Variabilidad climática y cambio climático en Honduras. Tegucigalpa, Honduras, SERNA-PNUD. 84 p.
- Baccini, A; Goetz, SJ; Walker, WS; Laporte, NT; Sun, M; Sulla-Menashe, D; Hackler, J; Beck, PSA; Dubayah, R; Friedl, MA; Samanta, S; Houghton, RA. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. (10.1038/nclimate1354). *Nature Clim. Change* 2(3):182-185.
- Bakkegaard, RK; Møller, LR; Bakhtiari, F. 2016. Joint Adaptation and Mitigation in Agriculture and Forestry. s.l. UNEP DTU. 36 p. (Working paper 2:2016).
- Ball, I; Possingham, H; Watts, M. 2009. Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritisation. *Spatial conservation prioritisation: quantitative methods and computational tools.* In Moilanen, A; Wilson, KA; Possingham, H. *Spatial Conservation Prioritization.* New York, United States of America, Oxford University Press. p. 185-195.
- Barquín, L; Chacón, M; Panfil, S; Adeleke, A; Florian, E; Triraganon; R. 2014. The Knowledge and Skills Needed to Engage in REDD+: A Competencies Framework. Virginia, United States of America. CI, CATIE, IUCN, RCFTC.
- Bello, C; Galetti, M; Pizo, MA; Magnago, LFS; Rocha, MF; Lima, RA; Peres, CA; Ovaskainen, O; Jordano, P. 2015. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. *Science advances* 1(11):e1501105.
- Bennett, A. 2004. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. San José, Costa Rica, UICN. 278 p.
- Bergkamp, G; Orlando, B; Burton, I. 2003. Change: Adaptation of Water Management to Climate Change. Gland, Switzerland, IUCN. 53 p.
- Berry, P. 2009. Climate change: Impacts of mitigation and adaptation measures on biodiversity. s.n.t. Macis Project. 22 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2014. Estado del arte de las medidas de adaptación implementadas a nivel mundial y recomendaciones específicas para su aplicación en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52 p.
- Bonan, GB. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320(5882), 1444-1449.

- Brodie, J; Post, E; Laurance, W. 2012. Climate change and tropical biodiversity: a new focus. *Trends in Ecology & Evolution* 27(3):145-150.
- Callaghan, C; Gawlik, D. 2015. Efficacy of eBird data as an aid in conservation planning and monitoring. *Journal of Field Ornithology* 86(4):298-304.
- Castro, M; Najarro, T; López, R; Barralaga, F; Bonilla, P; Talavera, C; Pinell, C; Quiroz, C. 2008. Segundo Inventario de Emisiones y Sumideros de Gases Efecto Invernadero en Honduras año 2000. Tegucigalpa, Honduras, SERNA-PNUD. 76 p.
- Céspedes Agüero, MV. 2006. Diseño de una red ecológica de conservación entre la Reserva de la Biosfera La Amistad y las áreas protegidas del Area de Conservación Osa, Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Cavanaugh, KC; Gosnell, JS; Davis, SL; Ahumada, J; Boundja, P; Clark, DB; Mugerwa, B; Jansen, PA; O'Brien, TG; Rovero, F; Sheil, D; Vásquez, R; Andelman, S. 2014. Carbon storage in tropical forests correlates with taxonomic diversity and functional dominance on a global scale. *Global Ecology and Biogeography* 23:563–573.
- Cifuentes, M. 2010. ABC del cambio climático en Mesoamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 83 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 383).
- CDKN (Alianza, Clima y Desarrollo). 2014. El Quinto reporte de evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica? (en línea). s.n.t. Consultado 28 oct. 2015. Disponible en <http://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/12/INFORME-del-IPCC-Que-implica-para-Latinoamerica-CDKN.pdf>.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. s.n.t. Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- \_\_\_\_\_ 2013. Decision 9/CP.19: Programa de trabajo sobre la financiación basada en los resultados para avanzar en la plena realización de las actividades a que se hace referencia en la decisión 1/CP.16, párrafo 70. (en línea). s.n.t. Disponible <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/spa/10a01s.pdf>
- \_\_\_\_\_ 2015. Conferencia de las Partes 21<sup>er</sup> período de sesiones. Aprobación del acuerdo de París. 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015 (en línea). París, Francia. 40 p. Consultado 22 dic. 2015 Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>.
- Cohen, EB; Lindell, CA. 2004. Survival, habitat use, and movements of fledgling White-throated Robins (*Turdus assimilis*) in a Costa Rican agricultural landscape. *The Auk*, 121(2):404-414.
- Cohen, EB; Lindell, CA. 2005. Habitat use of adult White-throated Robins during the breeding season in a mosaic landscape in Costa Rica. *Journal of Field Ornithology* 76:279–286
- Colwell, R; Brehm, G; Cardelús, C; Gilman, A; Longino, J. 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322(5899):258-261.
- DNCC (Dirección Nacional de Cambio Climático). 2015. Secretaría de Energía, Recursos Naturales Ambiente y Minas (Mi Ambiente), Honduras (en línea). Consultado 13 dic 2015. Disponible en <http://cambioclimaticohn.org/?cat=1023&title=cmnucc&lang=es>
- Dirzo, R; Young, HS; Galetti, M; Ceballos, G; Isaac, NJ; Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345(6195):401-406.
- Dudley, N. 1998. Forests and climate change. A report for WWF International. s.n.t. 19 p. Disponible en <http://www.equilibriumresearch.com/upload/document/climatechangeandforests.pdf>
- Duguma, L; Minang, P; van Noordwijk, M. 2014. Climate change mitigation and adaptation in the land use sector: from complementarity to synergy. *Environmental management*, 54(3):420-432.
- eBird. 2016. Bienvenido a eBird (en línea, sitio web). Disponible en <http://ebird.org/content/ebird/>
- Fagan, ME; DeFries, RS; Sesnie, SE; Arroyo-Mora, JP; Chazdon, RL 2016. Targeted reforestation could reverse declines in connectivity for understory birds in a tropical habitat corridor. *Ecological Applications* 26(5):1456-1474.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 34:487-515.

- Farina, A. 2006. Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape. Dordrecht, The Netherlands, Springer. 412 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Roma, Italia. 346 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. La fauna silvestre en un clima cambiante. Roma, Italia. 167 p. (Estudio FAO. Montes 167).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma, Italia. 119 p.
- Frishkoff, LO; Karp, DS; Flanders, JR; Zook, J; Hadly, EA; Daily, GC; M'Gonigle, LK. 2016. Climate change and habitat conversion favour the same species. *Ecology Letters* 19(9):1081-1090.
- Füssel, H. 2007. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability science* 2(2):265-275.
- Gallardo, RJ. 2014. Guide to the Birds of Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 554 p.
- Gascon, C; da Fonseca, GAB; Sechrest, W; Billmark, KA; Sanderson, J. 2004. Biodiversity Conservation in Deforested and Fragmented Tropical Landscapes: An Overview *In* Schroth, G; da Fonseca, GAB; Harvey, CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington, United States of America, Island Press. p. 15-49.
- Gergel, S; Turner, M. 2002. *Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques*. New York, United States of America, Springer Science & Business Media. 316 p.
- Gibbs, H; Brown, S; Niles, J; Foley, J. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2(4): 045023 (13 p.).
- Groves, CR; Game, ET; Anderson, MG; Cross, M; Carolyn, E; Ferdaña, Z; Girvetz, E; Gondor, A; Hall, KR; Higgins, J; Marshall, R; Popper, K; Schill, S; Shafer, SL. 2012. Incorporation of climate change into systematic conservation planning. *Biodiversity and Conservation* 21(7):1651-1671.
- Gutiérrez, M; Espinosa, T. 2010. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Washington, DC., United State of America, BID. 81 p.
- Hagerman, S; Chan, K. 2009. Climate change and biodiversity conservation: impacts, adaptation strategies and future research directions. *F1000 Biology Reports*, 1, 16. Disponible en <http://doi.org/10.3410/B1-16>
- Hamin, E; Gurrán, N. 2009. Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the US and Australia. *Habitat international* 33(3):238-245.
- Harris, NL; Brown, S; Hagen, SC; Saatchi, SS; Petrova, S; Salas, W; Hansen, MC; Potapov, PV; Lotsch, A. 2012. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. *Science* 336(6088):1573-1576.
- Heller, N; Zavaleta, S. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142(1):14-32.
- Herrera, FB; Piedrahita, C; Chacón, O; Canet, L. 2016. Priorización de paisajes para fomentar sinergias entre adaptación y mitigación al cambio climático en áreas funcionales para la conservación de la biodiversidad. Turrialba, Costa Rica, CATIE-USAID. 45 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 406).
- Herrera, JCG. 2003. Corredor Biológico Mesoamericano: Iniciativa de integración regional para promover la conservación del bosque (en línea). s.n.t. Consultado 10 nov. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/ms15-s.htm>.
- Hilty, J; Lidicker, W; Merenlender, A. 2006. *Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Washington DC., United States of America, Island Press. 323 p.

- Höhne, N; Ellermann, C; Li, L. 2014. Contribuciones previstas determinadas a nivel nacional en el marco de la CMNUCC". International Partnership on Mitigation and MRV. Ecosys© por encargo de GIZ. 17 p. (Documento de Debate).
- Hosonuma, N; Herold, M; De Sy, V; De Fries, RS; Brockhaus, M; Verchot, L; Angelsen, A; Romijn, E. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* 7(4):044009.
- ICF (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Honduras). 2016. Anuario estadístico forestal 2015. Tegucigalpa, Honduras, ICF, GIZ. 139 p.
- ICF (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Honduras). 2015. ICF 2015 (en línea, página web). Disponible en <http://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>
- ICF (Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Honduras). 2015a. Atlas municipal forestal y cobertura de la tierra. Municipio de La Ceiba, Atlántida. Tegucigalpa, Honduras. 43 p.
- IEG (Independent Evaluation Group). 2011. El Corredor Biológico Mesoamericano. Washington, DC, United States of America. 82 p.
- INDC-Honduras. 2015. Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (en línea, página web). Consultado 15 dic. 2015. Disponible en [http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Honduras/1/Honduras%20INDC\\_esp.pdf](http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Honduras/1/Honduras%20INDC_esp.pdf)
- Gitay, H; Suárez, A; Watson, R; Dokken, D. (eds.). 2002. *Climate Change and Biodiversity*. s.l., IPCC. 77 p. (Technical Paper V).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007b. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, JP; van der Linden, PJ; Hanson, CE. (eds.) Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. 976 p. (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático Field, CB; Barros, V; Stocker, TF; Qin, Dokken, DJ; Ebi, KL; Mastrandrea, MD; Mach, KJ; Plattner, G-K; Allen, SK; Tignor, M; Midgley, PM (eds.). s.l. 19 p. (Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) p
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013: *Cambio Climático 2013: Bases físicas*. Stocker, TF; Qin, D; Plattner, G-K; Tignor, M; Allen, SK; Boschung, J; Nauels, A; Xia, Y; Bex V; Midgley PM. (eds.). s.l. 27 p. (Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)].
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Edenhofer, O; Pichs-Madruga, R; Sokona, Y; Minx, JC; Farahani, E; Kadner, S; Seyboth, K; Adler, A; Baum, I; Brunner, S; Eickemeier, P; Kriemann, B; Savolainen, J; Schlömer, S; von Stechow, C; Zwickel, T. (eds.). s.l. 141 p. (Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)]
- Jantz, P; Goetz, S; Laporte, N. 2014. Carbon stock corridors to mitigate climate change and promote biodiversity in the tropics. *Nature Climate Change*, 4(2):138-142.
- Keppel, G; Van Niel, KP; Wardell-Johnson, GW; Yates, CJ; Byrne, M; Mucina, L; Schut, AG; Hopper, SD; Franklin, SE. 2012. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 21(4):393-404.

- Klein, R; Huq, S; Denton, F; Downing, T; Richels, R; Robinson, J; Toth, F. 2007. Inter-relationships between adaptation and mitigation. *In* Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. p. 745-777.
- Lampila, P; Mönkkönen, M; Desrochers, A. 2005. Demographic responses by birds to forest fragmentation. *Conservation Biology* 19(5):1537-1546.
- Landauer, M; Juhola, S; Söderholm, M. 2015. Inter-relationships between adaptation and mitigation: a systematic literature review. *Climatic Change* 131(4):505-517.
- Vallejo Larios, M. 2011. Evaluación Preliminar sobre Causas de Deforestación y Degradación de Bosques en Honduras. Tegucigalpa, Honduras, Ecojuris. 142 p. (Informe final de consultoría para el Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana).
- Leary, N; Adejuwon, J; Barros, V; Batima, P; Biagini, B; Burton, I; Chinvanno, S; Cruz, R; Dabi, D; de Comarmond, A; Dougherty, B; Dube, P; Githeko, A; Hadid, A; Hellmuth, M; Kangalawe, R; Kulkarni, J; Kumar, M; Lasco, R; Mataka, M; Medany, M; Mohsen, M; Nagy, G; Njie, M; Nkomo, J; Nyong, A; Osman-Elasha, B; Sanjak, E; Seiler, R; Taylor, M; Travasso, M; von Maltitz, G; Wandiga, S; Wehbe, M. 2008. A stitch in time: General lessons from specific cases. 2008. *In*: Leary, N; Adejuwon, J; Barros, V; Burton, I; Kulkarni, J; Lasco, R. (eds.). Climate change and adaptation. London, United Kingdom, Earthscan. 398 p.
- Lees, AC; Peres, CA. 2009. Gap-crossing movements predict species occupancy in Amazonian forest fragments. *Oikos* 118(2):280-290.
- Leitão, AB; Ahern, J. 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and urban planning* 59(2):65-93.
- Leitão, A; Miller, J; Ahern, J; McGarigal, K. 2006. Measuring landscapes. A planner's Handbook. Washington, United State of America, Island Press. 212 p.
- Lessard, R; Gignac, L; Rochette, P. s.f. El ciclo del carbono: midiendo el flujo del CO<sup>2</sup> del suelo. Canadá. 7 p. Lindner, M; Maroschek, M; Netherer, S; Kremer, A; Barbati, A; Garcia-Gonzalo, J; Seidl, R; Delzon, S; Corona, P; Kolström M; Lexer, M; Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259(4):698-709.
- Locatelli, B; Evans, V; Wardell, A; Andrade, A; Vignola, R. 2011. Bosques y cambio climático en América Latina. Vincular adaptación y mitigación. *In* Petkova, E; Larson, A; Pacheco, P. Gobernanza forestal y REDD. Desafíos para las políticas y mercados en América Latina. Bogor, Indonesia, Cifor. p. 79-95.
- Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. New York, United States of America, John Wiley & Sons. 392 p.
- McCarty, J. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation biology* 15(2):320-331.
- McGarigal, K; Marks, B. 1995. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Oregon, United States of America, Oregon State University. 134 p.
- McGarigal, K; Cushman, SA; Ene, E. 2012. FRAGSTATS v4.2: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps (en línea, página web) Disponible en <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- McGarigal, K. 2015. FRAGSTATS help. (en línea). s.n.t. Consultado 5 oct. 2016. Disponible en <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>.
- McRae, BH; Kavanagh, DM. 2011. Linkage Mapper (en línea, página web). Disponible en <http://www.circuitscape.org/linkagemapper>.
- McRae, BH. 2012. Pinchpoint Mapper User Guide. The Nature Conservancy, Seattle WA. 8 p.



- McRae, BH; Hall, SA; Beier, P; Theobald, DM 2012. Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PloS one* 7(12), e52604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052604>.
- McRae, BH; Shah, VB; Mohapatra, TK. 2014. Circuitscape 4 User Guide. The Nature Conservancy. Disponible en [http://docs.circuitscape.org/circuitscape\\_4\\_0\\_user\\_guide.html](http://docs.circuitscape.org/circuitscape_4_0_user_guide.html)
- Miller, K; Chang, E; Johnson, N. 2001. En busca de un enfoque común para el corredor biológico mesoamericano. Washington, DC, United States of America, World Resources Institute. 49 p.
- Miller-Rushing, AJ; Primack, RB; Sekercioglu, CH. 2010. Conservation consequences of climate change for birds. *In* Møller, AP; Fiedler, W; Berthold, P. (eds). *Effects of climate change on birds*. Oxford Oxford, New York, University Press. p. 295-310.
- Møller, AP; Fiedler, W; Berthold, P. 2004. *Birds and climate change*. Amsterdam, Elsevier. 251 p.
- Møller, AP; Fiedler, W; Berthold, P. 2010. *Effects of climate change on birds*. Oxford, United States of America, Oxford University Press. 321 p.
- Moser, S. 2011. Adaptation, mitigation, and their disharmonious discontents: an essay. *Climatic Change* 111(2):165-175
- Murillo, A. 2011. Estimaciones de la deforestación en Honduras. Tegucigalpa, Honduras, ICF. 17 p. (Reporte Técnico).
- Newbold, T; Scharlemann, JP; Butchart, SH; Şekercioğlu, ÇH; Alkemade, R; Booth, H; Purves, DW. 2013. Ecological traits affect the response of tropical forest bird species to land-use intensity. *Proc R Soc B* 280: 20122131 280 (1750):20122131.
- NOOA 2015. Carbon Cycle Science (en línea, página web). Disponible en <http://www.esrl.noaa.gov/research/themes/carbon/>. Consultado 14 dic. 2015
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Poiani, K; Richter, B; Anderson, M; Richter, H. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience* 50(2):133-146.
- Poorter, L; van der Sande, M; Thompson, J; Arets, E; Alarcón, A; Álvarez-Sánchez, J; Ascarrunz, N; Balvanera, P; Barajas-Guzmán, G; Boit, A; Bongers, F; Carvalho, F; Casanoves, F; Cornejo-Tenorio, G; Costa, F; de Castilho, C; Duivenvoorden, J; Dutrieux, L; Enquist, B; Fernández-Méndez, F; Finegan, B; Gormley, L; Healey, J; Hoosbeek, M; Ibarra-Manríquez, G; Junqueira, A; Levis, C; Licona, J; Lisboa, L; Magnusson, W; Martínez-Ramos, M; Martínez-Yrizar, A; Martorano, L; Maskell, L; Mazzei, L; Meave, J; Mora, F; Muñoz, R; Nytch, C; Pansonato, M; Parr, T; Paz, H; Pérez-García, E; Rentería, L; Rodríguez-Velazquez, J; Rozendaal, D; Ruschel, A; Sakschewski, B; Salgado-Negret, B; Schiatti, J; Simões, M; Sinclair, F; Souza, P; Souza, F; Stropp, J; ter Steege, H; Swenson, N; Thonicke, K; Toledo, M; Uriarte, M; van der Hout, P; Walker, P; Zamora, N; Peña-Claros, M. 2015. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography* 24:1314–1328.
- Post, W; Peng, T; Emanuel, W; King, A; Dale, V; DeAngelis, D. 1990. The global carbon cycle. *American scientist*, 78(4):310-326.
- Pounds, JA; Fogden, MP; Campbell, JH. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- Prentice, I; Farquhar, G; Fasham, M; Goulden, M; Heimann, M; Jaramillo, V; Wallace, D. 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. *In* Houghton, JT; Ding, Y; Griggs, DJ; Noguier, M; van der Linden, PJ; Dai, X; Maskel, K; Johson, CA. (eds). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. p. 185-237.
- Puyravaud, JP. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177(1):593-596.
- Ravindranath, NH; Fearnside, PM; Makundi, W; Masera, O; Dixon, R. 2000. Forestry sector. *In* Methodological and technological issues in technology transfer. A special IPCC report of the Working Group III. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. 241 p.

- Rodas, J. 2011. Preparación para la reducción de emisiones causadas por la deforestación y degradación de los bosques de Honduras. Incluyendo el rol de la conservación de las reservas naturales de carbono, el manejo forestal sostenible y el incremento de las reservas naturales de carbono forestal. Tegucigalpa, Honduras, ICF, SERNA. 121 p.
- Salem, B. 2003. Application of GIS to biodiversity monitoring. *Journal of arid environments* 54(1):91-114.
- Schindler, S; Poirazidis, K; Papageorgiou, A; Kalivas, D; Von Wehrden, H; Kati, V. 2010. Landscape approaches and GIS for biodiversity management. *In* Andel, J; Bicik, I; Dostál, P; Lipsky, Z; Shahneshin, SG. (eds.). *Landscape Modelling Netherlands*, Springer. p. 171-182.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica; GIZ. 2011. *La Diversidad Biológica y los Medios de Vida: Beneficios de REDD-plus*. Montreal, Canadá. 41 p.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2011. *REDD-plus and Biodiversity*. Montreal, Canada. 65 p.
- Şekercioglu, ÇH; Ehrlich, PR; Daily, GC; Aygen, D; Goehring, D; Sandí, RF. 2002. Disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(1):263-267.
- Sekercioglu, CH. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in ecology & evolution*, 21(8):464-471.
- Sekercioglu, CH; Loarie, SR; Brenes, FO; Ehrlich, PR; Daily, GC 2007. Persistence of forest birds in the Costa Rican agricultural countryside. *Conservation Biology* 21(2):482-494.
- Sekercioglu, CH. 2009. Tropical ecology: riparian corridors connect fragmented forest bird populations. *Current Biology* 19(5):R210-R213.
- Şekercioglu, ÇH; Primack, R; Wormworth, J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* 148(1):1-18.
- SERNA (Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente). 2010. *Estrategia Nacional de Cambio Climático de la República de Honduras*. (ENCC). Tegucigalpa, Honduras. 109 p.
- SERNA-DIBio (Dirección General de Biodiversidad). s.f. *Plan de Acción 2008-2001. Autoevaluación de las Capacidades Nacionales para el Cumplimiento de los Compromisos Ambientales Globales*. Tegucigalpa, Honduras. 66 p.
- SERNA-PNUD. 2014. *Apoyo a la preparación para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD+) en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras. 44 p.
- Sigel, BJ; Robinson, WD; Sherry, TW. 2010. Comparing bird community responses to forest fragmentation in two lowland Central American reserves. *Biological Conservation* 143(2):340-350.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2008. *Guía práctica para el diseño, oficialización y consolidación de corredores biológicos en Costa Rica*. San José, Costa Rica. 53 p.
- SINIT (Sistema Nacional de Información Territorial). 2016. Honduras (en línea, página web). Consultado 15 nov. 2016. Disponible en <http://www.sinit.hn/#>.
- Sullivan, MJP; Talbot, J; Lewis, SL; Phillips, OL; Qie, L; Begne, SK; Chave, J; Cuni-Sanchez, A; Hubau, W; Lopez-Gonzalez, G; Miles, L; Monteagudo-Mendoza, A; Sonké, B; Sunderland, T; ter Steege, H; White, LJT; Affum-Baffoe, K; Aiba, S-i; de Almeida, EC; de Oliveira, EA; Alvarez-Loayza, P; Dávila, EÁ; Andrade, A; Aragão, LEOC; Ashton, P; Aymard C, GA; Baker, TR; Balinga, M; Banin, LF; Baraloto, C; Bastin, J-F; Berry, N; Bogaert, J; Bonal, D; Bongers, F; Brienen, R; Camargo, JLC; Cerón, C; Moscoso, VC; Chezeaux, E; Clark, CJ; Pacheco, ÁC; Comiskey, JA; Valverde, FC; Coronado, ENH; Dargie, G; Davies, SJ; De Canniere, C; Djuikouo K, MN; Doucet, J-L; Erwin, TL; Espejo, JS; Ewango, CEN; Fauset, S; Feldpausch, TR; Herrera, R; Gilpin, M; Gloor, E; Hall, JS; Harris, DJ; Hart, TB; Kartawinata, K; Kho, LK; Kitayama, K; Laurance, SGW; Laurance, WF; Leal, ME; Lovejoy, T; Lovett, JC; Lukasu, FM; Makana, J-R; Malhi, Y; Maracahipes, L; Marimon, BS; Junior, BHM; Marshall, AR; Morandi, PS; Mukendi, JT; Mukinzi, J; Nilus, R; Vargas, PN; Camacho, NCP; Pardo, G; Peña-Claros, M; Pétronelli, P; Pickavance, GC; Poulsen, AD; Poulsen, JR; Primack,

- RB; Priyadi, H; Quesada, CA; Reitsma, J; Réjou-Méchain, M; Restrepo, Z; Rutishauser, E; Salim, KA; Salomão, RP; Samsodin, I; Sheil, D; Sierra, R; Silveira, M; Slik, JWF; Steel, L; Taedoumg, H; Tan, S; Terborgh, JW; Thomas, SC; Toledo, M; Umunay, PM; Gamarra, LV; Vieira, ICG; Vos, VA; Wang, O; Willcock, S; Zemagho, L. 2017. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. *Sci. Rep.* 7:39102; doi: 10.1038/srep39102
- Turner, M; Gardner, R; O'Neil, R. 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process.* Ciudad, United States of América, Springer. 401 p.
- UN-REDD. 2015. Readiness Preparation Proposal (R-PP). Version 6 Working Draft. (en línea). s.n.t. Consultado 10 nov. 2015. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj0m8zAiuLJAhVFYiYKHUmdA9sQFgqeMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unredd.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D13417%26Itemid%3D53&usq=AFQjCNH9t9Qg-o7J2kIyEH0 htB23Tzgdw](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj0m8zAiuLJAhVFYiYKHUmdA9sQFgqeMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unredd.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D13417%26Itemid%3D53&usq=AFQjCNH9t9Qg-o7J2kIyEH0 htB23Tzgdw)
- UN-REDD. 2015. Executive Summary NP UN-REDD Honduras ESP (en línea, página web). Consultado 15 nov. 2015. Disponible en [http://www.unredd.net/index.php?view=document&alias=13375-executive-summary-np-un-redd-honduras-esp-13375&category\\_slug=honduras-3587&layout=default&option=com\\_docman&Itemid=134](http://www.unredd.net/index.php?view=document&alias=13375-executive-summary-np-un-redd-honduras-esp-13375&category_slug=honduras-3587&layout=default&option=com_docman&Itemid=134)
- Valladares, APM. 2012. Análisis del estado actual de las áreas protegidas del Corredor Biológico del Caribe Hondureño (CBCH). Tegucigalpa, Honduras, PROCORREDOR, ICF, SERNA. 59 p.
- Vallejo, C; Chacón, M; Cifuentes, M. 2016. Sinergias entre adaptación y mitigación del cambio climático (SAM) en los sectores agrícola y forestal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p. (Serie técnica, Boletín técnico no. 79).
- Vélez, MCD; Silva, WR; Pizo, MA; Galetto, L. 2015. Movement Patterns of Frugivorous Birds Promote Functional Connectivity among Chaco Serrano Woodland Fragments in Argentina. *Biotropica* 47(4):475-483.
- Venter, O. 2014. REDD+ Policy: Corridors of carbon and biodiversity. (News and Views). *Nature Clim. Change* 4(2):91-92. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2115>
- Vergara, W; Rios, A; Galindo, L; Gutman, P; Isbell, P; Suding, P; Samaniego, J. 2013. The climate and development challenge for Latin America and the Caribbean: Options for climate-resilient, low-carbon development. Washington, United States of America, Inter-American Development Bank. 103 p.
- Wilbanks, T; Leiby, P; Perlack, R; Ensminger, J; Wright, S. 2007. Toward an integrated analysis of mitigation and adaptation: some preliminary findings. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12(5):713-725.

## 9. Anexos

### Anexo 1. Cobertura de la tierra en el departamento de Atlántida

Macrocategorías	Categorías	Superficie (ha)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
<b>Bosque</b>	Bosque denso de coníferas	13,27	0,13	0,00
	Bosque de mangle alto	2012,63	20,13	0,46
	Bosque latifoliado deciduo	2,61	0,03	0,00
	Bosque latifoliado húmedo	167 522,15	1675,22	38,32
	Bosque mixto	37,46	0,37	0,01
	<b>Subtotal bosque</b>	<b>169 588,11</b>	<b>1695,88</b>	<b>38,79</b>
	<b>Agroforestal</b>	Cafetales	61,36	0,61
	<b>Subtotal agroforestal</b>	<b>61,36</b>	<b>0,61</b>	<b>0,01</b>
<b>Agropecuario</b>	Agricultura Tecnificada	2822,66	28,23	0,65
	Palma africana	32 920,38	329,2	7,53
	Pastos/cultivos	147 168,90	1471,69	33,66
	<b>Subtotal agropecuario</b>	<b>182 911,94</b>	<b>1829,12</b>	<b>41,84</b>
<b>NO BOSQUE</b>	Árboles dispersos fuera de bosque	4999,10	49,99	1,14
	Área húmeda continental	295,88	2,96	0,07
	Arenal de playa	555,86	5,56	0,13
	Suelo desnudo continental	2409,01	24,09	0,55
	Vegetación secundaria decidua	692,14	6,92	0,16
	<b>Otros usos</b>			

	Vegetación secundaria húmeda	20,69	0,21	0,00
	Zona urbana continua	62.930,04	629,3	14,39
	Tique ( <i>Acoelorrhaphe wright</i> )	3105,90	31,06	0,71
	Zona urbana discontinua	1971,63	19,72	0,45%
	<b>Subtotal Otros usos</b>	<b>76.980,25</b>	<b>769,8</b>	<b>17,61</b>
<b>Cuerpos de agua</b>	Cuerpos de agua artificial	208,17	2,08	0,05
	Lagos y lagunas naturales	4421,71	44,22	1,01
	Otras superficies de agua	3038,46	30,38	0,69
	<b>Subtotal cuerpos de agua</b>	<b>7668,34</b>	<b>76,68</b>	<b>1,75</b>
	<b>Subtotal no bosque</b>	<b>267 621,89</b>	<b>2676,22</b>	<b>61,21</b>
	<b>Gran total</b>	<b>437 210,00</b>	<b>4372,10</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Tomado de ICF (2015a)

## Anexo 2. Definición de las categorías del suelo

Las categorías del suelo del departamento de Atlántida han sido definidas por la Unidad de Monitoreo Forestal del ICF (ICF 2016).

### 1. Bosque

**Bosque latifoliado húmedo:** bosques que se caracterizan por la presencia de especies de hoja ancha, siempre verdes, con alta densidad de especies.

**Bosque latifoliado deciduo:** bosques de hoja ancha en los que sus árboles pierden las hojas de manera parcial o total en la época seca de cada año.

**Bosque mixto:** asociación entre especies del bosque latifoliado y de conífera, identificables en zonas de transición entre ambos bosques. Pueden predominar las coníferas o de hoja ancha. Especies predominantes pueden ser: *Pinus oocarpa* o *Pinus maximinoi* con varias especies del género *Quercus*, *Liquidambar styraciflua* y *Carpinus carolinensis*, entre otros.

**Bosque de conífera denso:** Compuesto por 7 especies del género *Pinus*; los más frecuentes son el *P. oocarpa*, *P. maximinoi* y *P. caribea*. Se encuentra en zonas con precipitación menor 2,500 mm por año. Presenta un rango altitudinal en Honduras de los 0-2849 msnm.

**Bosque de conífera ralo:** compuesto por las mismas especies del bosque de conífera denso, pero con una menor densidad. Los porcentajes de cobertura pueden estar entre un 15-50% de cobertura arbórea.

**Bosque de mangle alto:** limita con mares u otros cuerpos de agua salada. Formado por árboles y arbustos siempre verdes de raíces fúlcreas o zancos, con neumatóforos. Las especies más frecuentes en Honduras son, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

### 2. Agroforestal

**Cafetales:** plantaciones de diferentes especies de café, tecnificado, semitecnificado o tradicional, el cual puede estar cubierto por especies que funcionan como sombra, Ingas, musáceas y algunas maderables.

### 3. Agropecuario

**Agricultura tecnificada:** áreas destinadas al cultivo de hortalizas, frutas, granos básicos y otros mediante la implementación de prácticas mecanizadas de preparación, siembra, riego y control en zonas relativamente planas del país.

**Pastos/cultivos:** áreas utilizadas para prácticas agrícolas y pecuarias tradicionales en Honduras, frecuentemente entremezcladas con vegetación secundaria y caseríos.

**Palma africana:** la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una planta tropical propia de climas cálidos, que se desarrolla hasta los 500 msnm. En Honduras ha sido adaptada a las zonas cálidas de la costa norte.

#### 4. Cuerpos de agua

**Lagos y lagunas naturales:** cuerpos de agua que se encuentran en el área continental del país donde no interviene la mano del hombre para su formación.

**Cuerpos de agua artificial:** aquellos cuerpos de agua creados por el hombre, como represas o estanques, piscinas, lagunas de oxidación, entre otros.

**Otras superficies de agua:** cuerpos de agua, como ríos, mares u océanos que cubren parte de la tierra de forma natural.

#### 5. Otros usos

**Vegetación secundaria húmeda:** cobertura vegetal originada luego de la intervención o por la destrucción de los bosques húmedos.

**Vegetación secundaria decidua:** cobertura que se presenta en zonas donde el bosque latifoliado decíduo ha sido removido por actividades como agricultura y ganadería, que luego de ser abandonadas originan una vegetación secundaria con alturas promedios menores a 5 m.

**Zona urbana continua:** espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. La vegetación representa una baja proporción del área del tejido urbano.

**Zona urbana discontinua:** espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por vegetación.

**Arenal de playa:** acumulaciones de arena y otros materiales aluviales, generalmente encontrados a la orilla del mar.

**Suelo desnudo continental:** superficies de suelo desprovistas de vegetación, por causas naturales o antropogénicas, constituidos especialmente por arenas y sedimentos de las riveras de los ríos, deslizamientos de tierra, aluviones, minas a cielo abierto, entre otros.

**Área húmeda continental:** extensiones de la superficie terrestre que están temporal o permanentemente inundadas; reguladas por factores climáticos

**Tique (*Acoelorrhaphes wrightii*):** palma natural encontrada principalmente en la Mosquitia hondureña, Biosfera del Río Plátano e Islas de la Bahía. Se establece en suelos húmedos con altitudes cercanas al nivel del mar.

**Árboles dispersos fuera de bosque:** árboles que están fuera de superficies boscosas mayores a 0.5 ha y se encuentran distribuidos de forma aislada o parcialmente agrupada en lotes entre 0.1 y 0.5 ha.

### Anexo 3. Métricas a nivel de clase para los usos de suelo en Atlántida, Honduras

Usos de suelo en Atlántida, Honduras	Área total de la clase (CA) (ha)	% del paisaje (PLAND)	N.- de parches (PN)	Densidad de parches (#/100ha) (PD)	Índice de parche más largo (%) (LPI)
Agricultura tecnificada	3741,48	0,54	30	0,0023	0,0764
Bosque mixto	11 607,12	1,69	1604	0,1217	0,0374
Cafetales	99,36	0,01	31	0,0024	0,0013
Cuerpos de agua	4907,97	0,71	1224	0,0928	0,069
Palma africana	51 772,5	7,52	878	0,0666	0,6081
Pastos/cultivos	231 866,73	33,69	8445	0,6405	5,7508
Tique ( <i>Acoelorrhaphé wright</i> )	702,63	0,10	4	0,0003	0,0305
Vegetación secundaria decidua	5283,45	0,77	1060	0,0804	0,0441
Vegetación secundaria húmeda	89 288,55	12,97	15 823	1,2001	0,2512
Zona urbana continua/discontinua	7601,49	1,10	197	0,0149	0,0705
Árboles dispersos fuera de bosque	1101,87	0,16	1593	0,1208	0,0002
Área húmeda continental	392,22	0,06	79	0,006	0,0047
Arenal de playa/suelo desnudo continental	3450,51	0,50	1757	0,1333	0,0054
Bosque de conífera denso	21 220,29	3,08	1284	0,0974	0,3323
Bosque de conífera ralo	7444,35	1,08	788	0,0598	0,0348
Bosque de mangle alto	2200,59	0,32	57	0,0043	0,0539
Bosque latifoliado deciduo	10 520,28	1,53	430	0,0326	0,1321
Bosque latifoliado húmedo	235 002,15	34,15	8059	0,6112	10,5653

Usos de suelo en Atlántida, Honduras	Borde total (TE) (m)	Densidad de borde (ED) (m/ha)	Área de parche promedio (AREA_MN) (ha)	Distancia promedio al vecino más próximo (ENN_MN) (m)	Índice de conectividad (CONNECT) (%)	Índice de agregación (AI) (%)
Agricultura tecnificada	220 080	0,1669	124,716	2851,9486	2,7586	96,0598
Bosque mixto	3 181 950	2,4133	7,2364	160,6248	0,1287	79,6604
Cafetales	27 000	0,0205	3,2052	2255,4469	0,4301	82,1112
Cuerpos de agua	1 933 380	1,4663	4,0098	317,004	0,0814	70,7591
Palma africana	4 755 660	3,6068	58,9664	198,8348	0,2452	93,2337
Pastos/cultivos	33 778 470	25,6183	27,4561	120,7779	0,0342	89,1291
Tique ( <i>Acoelorrhaphé wright</i> )	62 160	0,0471	175,6575	228,0581	16,6667	94,4354
Vegetación secundaria decidua	1 649 220	1,2508	4,9844	163,923	0,2498	76,9066



Vegetación secundaria húmeda	26 281 770	19,9327	5,643	124,0282	0,0175	78,0016
Zona urbana continua/discontinua	866 940	0,6575	38,5862	1024,6203	0,4714	91,7625
Árboles dispersos fuera de bosque	716 340	0,5433	0,6917	727,0363	0,0148	51,7104
Área húmeda continental	114 660	0,087	4,9648	391,8085	1,4606	79,2846
Arenal de playa/suelo desnudo continental	1 749 000	1,3265	1,9639	316,3718	0,0561	62,3024
Bosque de conífera denso	3 799 350	2,8815	16,5267	170,1124	0,1876	86,7502
Bosque de conífera ralo	1 793 670	1,3604	9,4471	148,7556	0,3006	82,2109
Bosque de mangle alto	348 240	0,2641	38,6068	373,7822	4,1353	88,6991
Bosque latifoliado decíduo	1 590 780	1,2065	24,4658	128,1204	0,5974	88,9193
Bosque latifoliado húmedo	20 973 240	15,9066	29,1602	148,7894	0,0285	93,3641