



## Línea Base Biofísica de Servicios Ecosistémicos

### Vertiente sur de la Sierra de Neiba

Ana Esther De León P, especialista ambiental, UTEPDA

Santiago Hernández, encargado de Geomática, Medio Ambiente RD

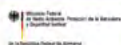


## Línea Base Biofísica de Servicios Ecosistémicos

### VERTIENTE SUR DE LA SIERRA DE NEIBA

Con el apoyo del Programa

**Restaurando Ecosistemas y Paisajes**  
**Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA**



2022

Santo Domingo, República Dominicana

**Instituciones:**

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)  
Unidad coordinadora del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos

Maquetación general  
Juan Carlos Quezada

Diagramación  
Chinel M. Lantigua Frías

Impresión  
Imprenta Amigo del Hogar

**Publicado por**

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la empresa  
Bonn y Eschborn, Alemania

Programa Regional Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA /  
REDD+ Landscape  
Agencia de la GIZ  
Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana  
Urbanización Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad  
El Salvador, C.A.  
Tel: +503 2121-5100  
Fax: +503 2121-5101  
E-Mail: [info@reddlandscape.org](mailto:info@reddlandscape.org)  
[www.giz.de](http://www.giz.de)  
[www.reddlandscape.org](http://www.reddlandscape.org)  
Versión  
Agosto 2020

**Diseño**

Oscar Rodríguez, asesor técnico en Comunicación  
[oscar.rodriguez@giz.de](mailto:oscar.rodriguez@giz.de)  
Programa Regional Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA /  
REDD+ Landscape

**Créditos fotográficos**

**Todas las fotos:**

Programa Regional Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA /  
REDD+ Landscape

**Autores**

Ana Esther De León P, especialista ambiental, UTEPDA, [anadeleon@utepda.gob.do](mailto:anadeleon@utepda.gob.do); [anaesther\\_04@hotmail.com](mailto:anaesther_04@hotmail.com).  
Santiago Hernández, encargado de Geomática, Medio Ambiente RD, [santiago.hernandez@ambiente.gob.do](mailto:santiago.hernandez@ambiente.gob.do); [chagohb@gmail.com](mailto:chagohb@gmail.com)

**Bajo la asesoría de:**

Abner Jiménez, especialista sectorial, [abner.jimenez@giz.de](mailto:abner.jimenez@giz.de)  
Emma Flores, asesora técnica en Monitoreo de Servicios Ecosistémicos, [emma.flores@giz.de](mailto:emma.flores@giz.de)  
Programa Regional Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA /  
REDD+ Landscape

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva del Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA, y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea.

El Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA es implementado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), con el apoyo financiero y técnico de la Unión Europea y el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania, en el marco de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI) del BMU como parte del programa «REDD+ Landscape»

**Título de la Publicación. Texto**

Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

Este material fue elaborado en el marco del proyecto 106286 “Conservación Efectiva de Bienes y Servicios Ecosistémicos en Paisajes Productivos de Montaña Amenazados” implementado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés) y financiamiento otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés).

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de sus respectivos autores y/o autoras, y no representan necesariamente las posiciones de las Naciones Unidas, incluido el PNUD, y las de los Estados Miembros de la ONU.

**Para citar documento:**

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021 “Evaluación Estratégica Social y Ambiental (SESA) Sistematización de experiencias del Proyecto Conservación efectiva de bienes y servicios ecosistémicos en paisajes de montaña amenazados, Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos, Santo Domingo RD\* Se permite la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación siempre y cuando sea citada la fuente.

# CONTENIDO

<b>Presentación</b>	<b>08</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>10</b>
<b>II. Descripción general de las zonas Piloto del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Ubicación de la zona piloto</b>	<b>15</b>
<b>Mapa 1.</b> Ubicación del área piloto del proyecto BPP correspondiente a la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.	
<b>Mapa 2.</b> Unidades político-administrativas (regiones, provincias, municipios, distritos municipales, secciones, parajes y poblados), en la Zona Piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.	
<b>Tabla 1.</b> División política administrativa de las zonas piloto del Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos.	
<b>2.2 Áreas protegidas y Cobertura Arbórea</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 2.</b> Áreas Protegidas en la Zona Piloto Vertiente Sur Sierra de Neiba.	
<b>Tabla 3.</b> Distribución de la superficie por tipo de cobertura en la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.	
Índice de Vegetación diferencial normalizada (NDVI)	
<b>Mapa 4.</b> Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), en el área de acción directa de la Zona Piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba del BPP.	
Superficie de cobertura arbórea por unidad político-administrativa.	
<b>Mapa 5.</b> Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) por municipios, en la Zona Piloto Vertiente Sur Sierra de Neiba.	
<b>Tabla 3.</b> Superficie de Bosque y No Bosque por municipios de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.	
<b>Mapa 6.</b> Cobertura arbórea, no arbórea y café en el área de acción directa de la Zona Piloto Vertiente Sur Sierra de Neiba.	
<b>2.3 Topografía</b>	<b>24</b>
2.3.1 Geoformas o formas del relieve	
<b>Mapa 7.</b> Geoformas del relieve en la Zona Piloto	

Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

### 2.3.2 Curvatura

**Mapa 8.** Curvatura del relieve del área de acción directa de la Zona Piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

### 2.5.3 Elevaciones

**Mapa 9.** Elevaciones del relieve del área de acción directa de la Zona Piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

### 2.5.4 Pendiente

**Tabla 5.** Pendientes según el porcentaje y tipo Vertiente sur sierra de Neiba.

### 2.3.4 Textura de suelo

**Tabla 6.** Rangos de arena, arcilla y limo

**Tabla 7.** Clases de textura de suelo

**Mapa 10.** Pendiente en por ciento Vertiente Sur Sierra de Neiba

**Mapa 11.** Textura del suelo en la Zona Piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

### 2.3.5 Red Hídrica y Microcuencas de orden 9

Mapa Microcuencas de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

## 2.4 Clima

30

Precipitación promedio anual

**Mapa 12.** Precipitación promedio anual del área de acción directa de la Zona Piloto del BPP Vertiente Sur Sierra de Neiba.

Temperatura media anual

**Mapa 13.** Temperatura promedio anual en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

Evapotranspiración promedio anual

**Mapa 14.** Evapotranspiración promedio anual en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

Balance hídrico climático anual

**Mapa 15.** Balance hídrico anual del área de acción directa de la Zona Piloto del BPP Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

## Capítulo II: Carbono Forestal

### Metodología

36

**Tabla 8.** Carbono promedio por hectárea por tipos de cobertura arbórea, según inventario forestal nacional, 2019

### Stock de Carbono

37

Carbono promedio por ha

**Mapa 16.** Toneladas de Carbono promedio por hectárea en la vertiente sur de la Sierra de Neiba.

Carbono por microcuenca de orden 9

**Mapa 17.** Carbono ton/ha por en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de carbono por unidad político-administrativa

**Mapa 18.** Índice de Carbono por secciones del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

### **Tablas/gráficos resúmenes de Stock de Carbono**

**40**

**Tabla 9.** Carbono promedio ton/ha, Dióxido de carbono ton/ha y Biomasa por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Tabla 10.** Toneladas totales de Carbono, Dióxido de carbono y Biomasa por ha en las secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Tabla 11.** Índice de Carbono por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 1.** Carbono promedio ton/ha, dióxido de carbono ton/ha y biomasa por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 2.** Toneladas totales de carbono, dióxido y biomasa por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 3.** Índice de carbono por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

## **Capítulo III: Infiltración**

### **Metodología**

**46**

**Tabla 12.** Valores de  $K_p$ ,  $K_v$  y  $K_{fc}$  utilizado para determinar el coeficiente de infiltración

### **Infiltración hídrica**

**47**

Infiltración promedio en mm/año

**Mapa 19.** Milímetros de Infiltración promedio por año del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de infiltración por microcuenca de orden 9

**Mapa 20.** Índice de Infiltración en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de infiltración por secciones

**Mapa 21.** Índice de Infiltración por secciones del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

### **Tablas/gráficos resúmenes de infiltración potencial**

**50**

**Tabla 13.** Infiltración promedio mm/año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Tabla 14.** Infiltración total m<sup>3</sup> por sección del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

Gráficos resúmenes de infiltración potencial

**Gráfico 4.** Infiltración promedio mm/año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 5.** Infiltración total m<sup>3</sup> por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 6.** Índice de Infiltración por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

## Capítulo IV: Erosión

### Metodología

58

Tabla 16. Pérdida de suelo en ton/ha. Año

### Erosión potencial

60

Erosión promedio en ton/ha. año

**Mapa 22.** Toneladas por hectáreas de erosión promedio por año del área de acción directa de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

Índice de erosión por microcuenca de orden 9

**Mapa 23.** Índice de Erosión en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

Índice de erosión por unidad político-administrativa

**Mapa 24.** Índice de Erosión por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

### Tablas/gráficos resúmenes de erosión potencial

62

Tabla 17. Erosión promedio ton/ha. año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

Tabla 18. Erosión total en ton/ha. año por sección del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

Tabla 19. Índice de Erosión por sección del área de acción directa de la zona piloto del PDA. 58

### Gráficos resúmenes de erosión potencial

66

**Gráfico 7.** Erosión promedio ton/ha. año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del PDA

**Gráfico 8.** Erosión total ton/ha/año por municipios del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 9.** Índice de Erosión por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.59

## Capítulo V: Conectividad

### Metodología

70

### Conectividad biológica del paisaje

70

**Mapa 25.** Parches objetivos y corredores óptimos incluyendo al café como cobertura boscosa del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

**Mapa 26.** Parches objetivos y corredores óptimos excluyendo al café como cobertura boscosa del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de conectividad por microcuenca de orden 9

**Mapa 27.** Índice de conectividad en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de conectividad por sección

**Mapa 28.** Índice de conectividad por secciones del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Tablas/gráficos resúmenes de conectividad potencial

**Tabla 20.** Índice de conectividad por sección del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 10.** Índice de conectividad por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

## Capítulo VI: Índice Integrado de Servicios Ecosistémicos

**Metodología** 76

**Mapas del índice integrado de servicios ecosistémicos** 77

Índice integrado de servicios ecosistémicos

**Mapa 29.** Índice integrado de servicios ecosistémicos por secciones del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice integrado de servicios ecosistémicos por microcuenca de orden 9

**Mapa 30.** Índice de conectividad en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Índice de servicios ecosistémicos por unidad político-administrativa

**Mapa 31.** Índice Integrado de Servicios Ecosistémicos por secciones del área de acción directa de la Zona Piloto del PDA.

Tablas/gráficos resúmenes del índice integrado de servicios ecosistémicos

**Tabla 21.** Índices de Carbono, Infiltración, Erosión, Conectividad e integrado de servicios ecosistémicos por sección del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Gráfico 11.** Índice integrado de servicios ecosistémicos de conectividad por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

**Conclusiones** 82

**Bibliografía** 83

# PRESENTACIÓN

El proceso de restauración de ecosistemas y paisajes impacta directamente en la mejora de los servicios ecosistémicos que benefician a los pobladores que los habitan, por ejemplo, la regulación del clima a través de la captura de carbono forestal, la regulación hídrica que garantice la infiltración del agua lluvia hacia los acuíferos, la disminución de la erosión para mantener la capa productiva del suelo y la mejora de la conectividad del paisaje que permita la protección y conservación de la biodiversidad de especies de flora y fauna. El mejoramiento de estos servicios requiere del establecimiento de una línea base que cuantifique el estado de los mismos en términos de cantidad de carbono almacenado, agua infiltrada hacia el manto acuífero, suelo erosionado y el grado de conectividad estructural del paisaje.

En la región de Centroamérica y el Caribe se han aplicado diferentes métodos para cuantificar los servicios ecosistémicos de un paisaje, pero en la mayoría de los casos a escalas nacionales o del paisaje completo no se permiten realizar comparaciones a nivel de mayor detalle, por ejemplo, pequeñas microcuencas o unidades políticas administrativas del tercer nivel (como parajes o secciones). Generar datos a este nivel de detalle representa un desafío, teniendo en cuenta la limitada disponibilidad de información para calibrar los modelos con los cuales se realizan las estimaciones.

En este sentido, desde el Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA, se desarrolló y aplicó una metodología para cuantificar, a escala

de paisaje, los servicios ecosistémicos: carbono, infiltración hídrica, reducción de erosión y conectividad estructural. Se emplearon diferentes métodos ya aplicados en la región, pero ajustándolos para ser utilizados mediante procedimientos de modelación geoespacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG) a un nivel de resolución de 3 m que arrojaron datos a nivel de microcuencas de orden 9 con un tamaño promedio de 454 ha y de orden 7 con un tamaño promedio de 23 ha. Además, que permitieran realizar estimaciones agregadas para diferentes unidades político-administrativas y de gestión territorial (paraje, secciones, distritos municipales, municipios, provincia, regiones, áreas protegidas, microcuencas de orden 9 y microcuencas de orden 7). En el desarrollo y aplicación de la metodología se combinaron datos locales disponibles, el conocimiento de experto basado en estudios previos y el uso de base de datos globales de variables climáticas y suelos generadas mediante machine learning.

En este marco se generó la *Línea Base Biofísica de los Servicios Ecosistémicos del Paisaje en las áreas piloto del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos correspondientes a la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba (provincias Independencia y Bahoruco), Rancho Arriba (parte alta cuenca río Nizao, provincia San José de Ocoa) y Yamasá en la cuenca media del río Ozama.*

Esta información constituye el punto de partida para la medición de los impactos de las acciones que serán implementadas con el proyecto en cada

sitio piloto, para lo cual se ha contado con la asesoría de expertos del Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA, a través de la coordinación técnica GIZ- Proyecto BPP. Al finalizar el proyecto se espera correr nuevamente la metodología para obtener tendencias de los cambios y proyectar los impactos en estas zonas piloto.

El BPP y el Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA / REDD+ Landscape (FDV) han establecido un acuerdo de entendimiento con el objetivo de ejecutar acciones piloto bajo el enfoque de Restauración de Ecosistemas y Paisajes, que contribuyan al restablecimiento de la cobertura vegetal, introducción de buenas prácticas de conservación de suelos y consecuente reducción de la sedimentación, así como el uso sostenible de los recursos naturales para la protección de la diversidad biológica.

El acuerdo indicado además considera facilitar la metodología para la identificación de los potenciales corredores biológicos y planificar acciones para la conectividad en las áreas piloto de la vertiente Sur

de la Sierra de Neiba y para su réplica en las demás zonas de intervención del proyecto BPP.

La Unidad Coordinadora del Proyecto BPP, junto a los técnicos del Ministerio Ambiente (DIARENA) y la Unidad Ejecutora de Proyectos de Desarrollo Agroforestal (UTEPDA) presentan este documento, que incluye un resumen de la metodología y resultados obtenidos de este proceso, el cual se considera una base técnica importante para avanzar en la restauración de los ecosistemas y paisajes del país, y se espera contribuir al conocimiento y aplicación de la metodología para ser escalada a nivel nacional. Se procederá a correr la metodología en las tres zonas pilotos del proyecto BPP y así poder medir los impactos ambientales de las intervenciones realizadas. En el presente informe se presenta el proceso seguido y resultados para la zona piloto correspondiente a la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

# I. INTRODUCCIÓN

En el período de octubre de 2019 a marzo 2020, la UTEPDA participó en el proceso de fortalecimiento de capacidades para la elaboración de la línea base biofísica para la cuantificación de servicios ecosistémicos en proyectos de restauración de ecosistemas y paisajes. Durante esos seis meses se transfirieron conocimiento mediante tres jornadas de trabajo presencial y seis *webinars*, período en el que se desarrollaron los procesos y se obtuvieron los resultados que se resumen en el documento Línea Base Biofísica del territorio Hondo Valle, Independencia y Bahoruco, República Dominicana, publicado por la GIZ en el marco del Programa Regional Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA / REDD+ Landscape, en agosto 2020.

Debido a las sinergias temáticas y a nivel del territorio en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba, y viendo la relevancia de la metodología implementada en ese proceso, el proyecto BPP solicitó al Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA / REDD+ Landscape un acompañamiento técnico que permitiera completar la aplicación de la metodología en la parte suroeste de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba y los otros dos sitios pilotos del proyecto, considerando además incorporar personal técnico adicional del Ministerio de Medio Ambiente.

La base de los análisis realizados fueron datos de imágenes satelitales Planet de 3 m de resolución, un modelo de elevación digital del terreno de 12.5 m obtenido de ALOS PALSAR, datos climáticos obtenidos de WorldClim e información de suelos ob-

tenidos de SoilGrid. Los factores para el cálculo de carbono se obtuvieron del Inventario Forestal Nacional realizado en el país en 2019. Los datos globales combinados con datos locales y el conocimiento de experto (resumido en estudios previos) permitieron derivar un conjunto de factores con los cuales se modelaron los procesos de captura de carbono, infiltración hídrica, erosión y conectividad estructural del paisaje.

La estimación del stock de carbono se realizó a partir del análisis de las imágenes satelitales y las informaciones del promedio nacional de carbono en tonelada por hectárea (C ton/ha). La infiltración hídrica se modeló utilizando el método RAS (Recarga de Agua Subterránea) a partir de un coeficiente de infiltración obtenido de datos de pendientes del terreno, cobertura de la tierra y textura del suelo. La disponibilidad hídrica se obtuvo de datos mensuales de precipitación y evapotranspiración. Los cálculos de erosión se basaron en la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE), que incluye factores de erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, longitud de ladera, pendiente del terreno y cobertura vegetal. La conectividad estructural se basó en la definición de parches objetivos a conectar (ecosistemas de interés para la conservación), la obtención de corredores biológicos óptimos y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés).

Los procedimientos de cálculo fueron implementados usando el software ArcGIS 10.6.1, utilizando la Guía metodológica para la implementación de línea base de servicios ecosistémicos y la generación de índices de aptitud para prácticas de restauración de paisajes, elaborada por el Fondo de Desarrollo Verde para la región del SICA / REDD+ Landscape (FDV) 2021.

Como resultado se obtuvo que la zona de estudio en La Descubierta, para el año 2019, tenía una cobertura arbórea de 4,285.86 ha y una cobertura de café de 4,070.02 ha equivalentes al 47.33 % de la superficie de este territorio. El paisaje almacena 140,442.68 ton de carbono equivalente a 514,956.29 ton de CO<sub>2</sub> y 298,814.32 ton de biomasa arriba del suelo. En promedio anual, el paisaje infiltra 9,881.18 m<sup>3</sup> de agua hacia al acuífero equivalente a un promedio de 241.61mm anuales de agua lluvia infiltrada. El total de erosión potencial del paisaje es de 273,456.29 ton/ha.año equivalente a una tasa anual promedio de erosión 64.54 ton/

ha.año la cual se ubica dentro de la categoría de zona con procesos agresivos de erosión grave. El índice de conectividad promedio para el año 2019 fue de 0.65 correspondiente a la categoría alta.

Además, se realizó el cálculo de un Índice Integrado de Servicios Ecosistémicos que arrojó un promedio para el año 2019 de 0.61 correspondiente a la categoría de alto potencial de servicios ecosistémicos. Los valores más altos de servicios ecosistémicos se encontraron en los municipios de La Descubierta y El Cercado con valores respectivos de 0.86 y 0.75.



A large, stylized orange number '1' is positioned on the left side of the page, partially overlapping the dark olive green horizontal band.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS PILOTO

## II. Descripción general de las zonas piloto del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos

El proyecto «Conservación efectiva de bienes y servicios ecosistémicos en paisajes productivos de montañas amenazados» tienen intervenciones en tres zonas piloto con el objetivo de establecer sistemas de producción sostenible en tres ecosistemas de montaña amenazados y conservación de corredores para amortiguar eficazmente las amenazas actuales y futuras a la biodiversidad, el manejo forestal sostenible y la degradación de tierras, a través de paisajes productivos de montaña. Estos sitios son:

1. Corredores que conectan el Área Natural Protegida Valle Nuevo, el Área Natural Protegida La Humeadora y la Reserva Barbacoa. Esta zona piloto correspondiente a Corredores que conectan las áreas naturales protegidas de Valle Nuevo La Humeadora y la Reserva Loma Barbacoa. Esta zona piloto corresponde al municipio de Rancho Arriba, provincia San José de Ocoa.

2. Cuenca media del río Ozama (Colinas Bajas). La zona piloto de Yamasá se encuentra en la cuenca media del río Ozama, en la provincia de Monte Plata. La cuenca del Ozama proporciona servicios ecológicos muy importantes al Gran Santo Domingo, donde está localizada la capital del país. Al noroeste se encuentra el Parque Nacional Aniana Vargas, al oeste está el Parque Nacional La Humeadora y al sureste la Reserva Biológica Sierra Prieta. La zona ha sido objeto de usos antropogénicos por mucho tiempo y ahora existen pocos paisajes naturales fuera de las áreas protegidas.

3. Vertiente Sur de la Sierra de Neyba, que se extiende a través de partes de las provincias Independencia y Bahoruco, ambas clasificadas en la categoría de Desarrollo Humano Bajo, con valores de 28 y 30, respectivamente. Algunos de los territorios pertenecientes a la provincia de Independencia están

situados en la zona fronteriza con Haití, entre ellos el municipio de La Descubierta, cuyos paisajes de montaña son el foco de atención para el desarrollo de modelos productivos sostenibles. El área de intervención del proyecto está cerca de varias áreas protegidas: Parques Nacionales Sierra de Neyba, Anacaona y Lago Enriquillo, y el Monumento Natural Las Caobas.

La economía de esta zona se basa principalmente en la agricultura, ganadería y agroforestería. Entre los principales rubros que producen estas zonas están: el café, aguacate, cítricos, musáceas y frijoles (habichuela y guandul). En estas zonas nos encontramos con elevaciones en el terreno desde los 500 msnm hasta los 2,225 msnm, siendo sus montañas uno de sus mayores atractivos turísticos, al igual que la variedad en el clima donde se encuentran transiciones de climas fríos y secos.

En los últimos años el área seleccionada para este plan piloto ha afrontado ciertos problemas socioeconómicos y medioambientales caracterizados por altos índices de pobreza, degradación y deterioro de los recursos naturales, erosión y la pérdida de productividad del suelo, contaminación ambiental, entre otras (Presidencia, 2017). Estas condiciones responden a un conjunto de prácticas que han afectado la productividad y el bienestar de la comunidad, como tala indiscriminada de árboles, incendios forestales, ganadería, producción agrícola de subsistencia y la no aplicación de tecnologías adecuadas que desarrollen la producción sostenible. Es por ello que se prevé restaurar los ecosistemas y paisajes que han sido degradados a causa del uso de malas prácticas por parte de sus usuarios.

Las referidas zonas se encuentran dentro de las que tienen los índices más altos de pobreza de todo el país: Neiba (provincia Bahoruco) con 74.6 %, La

Descubierta (Independencia) con 78.8 %, Yamasá con 74.5 % de hogares que viven en pobreza y 23.3 % en pobreza extrema (Censo de 2010), y el municipio de Rancho Arriba con una población de 10,299 personas y un 75.4 % de hogares que viven en pobreza.

El presente informe de línea base de servicios ecosistémicos corresponde a la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

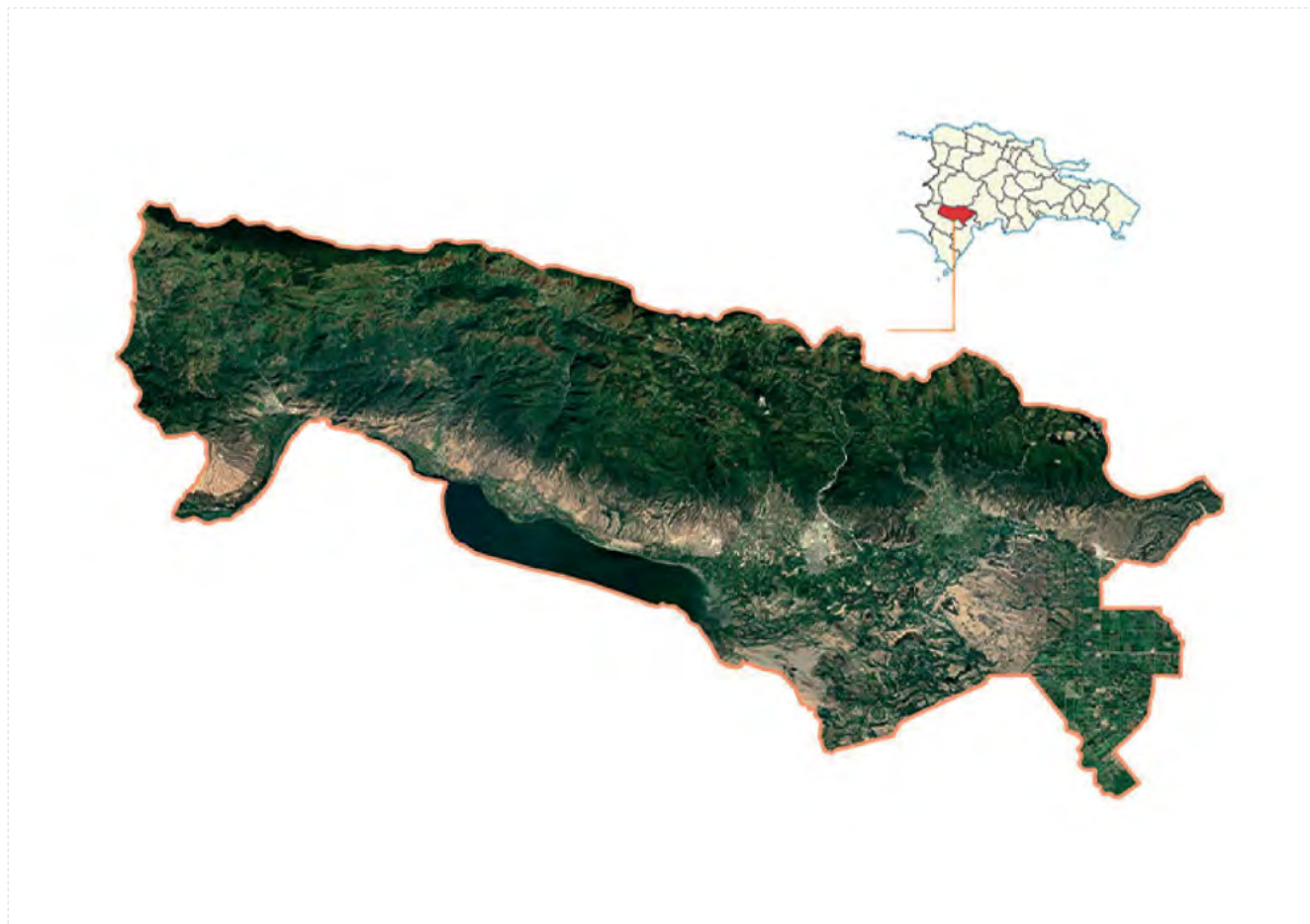
## 2.1 Ubicación de la zona piloto

La zona piloto del Proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba forma parte de la región Enriquillo, en las provincias Bahoruco e Independencia, esta última

con su municipio de La Descubierta, donde se contempla la implementación de acciones directas en el territorio. Las dos provincias, en conjunto, constan de once municipios, quince distritos municipales, veinte secciones y ochenta y siete parajes que son las unidades políticas de menor división territorial del país.

En el mapa 1 se muestra la ubicación general del sitio piloto y en el mapa 2 las unidades político-administrativas que forman parte de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba. En la tabla 1 se presentan cada uno de los parajes según la sección, el distrito municipal, municipio, provincia y región en la cual se encuentra la zona piloto de restauración de paisajes y ecosistemas del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

Mapa 1. Ubicación del área piloto del proyecto BPP correspondiente a la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



Mapa 2. Unidades político-administrativas (regiones, provincias, municipios, distritos municipales, secciones, parajes poblados), en la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



**Tabla 1.** División política administrativa de las zonas piloto del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos.

REGIÓN	PROVINCIA	MUNICIPIO	DISTRITO MUNICIPAL	SECCIÓN	PARAJES	
Enriquillo	Independencia	La Descubierta		Ángel Félix	Ángel Félix, Sabana Real y Bonete	
				Los Pinos	Charco Largo, Palo Alto, Granada, El Bejuco, La Cañaíta, Los Pinos del Edén, Guasosa, El Arroyo, La Plena, El Cao, Acitrón, El Cantón, Cruce de Granada, El Naranjo, Los Borbollones, Cerros y Los Trates.	
		Postrer Río	Postrer Río	Los Bolos	La Caña, La Filipina, La Finca, La Guamita, La Peña, Las Auyamas, Las Chicarras, Los Almendros, Los Bolos, Los Limones, Los Ranchitos y Río Abajo.	
			Guayabal	El Maniel	Agüita Prieta, Barreras, El Maniel, Gajo del Rancho, La Guamita, Lechuzas o Los Morales, Los Pinalitos, Paso de los Novillos y Tasajera del Chivo.	
		Guayabal			Pie Cadencia.	
		Cabeza de Río		Bayona, Cabeza de Río y Las Telas		
		Bahoruco	Los Ríos	Los Ríos	Higo de la Cruz	Barrerita, El Pino, Higo de la Cruz, La Guamita, La Madera, La Rosa, Los Bleos, Los Higos, Monte Bonito y Pino Fresco.
					Los Mosquitos	El Toro, La Finca, La Plena, La Sierra, Los Mosquitos, Los Palos del Burro y Pinalito.
				Las Clavellinas	Caña Vieja	Cañada del Rancho y Caña de Vieja.
			Villa Jaragua	Villa Jaragua	Mata de Naranja	La Cuba y Los Jaricos.
		Neiba				
		Galván				
		Ubilla				

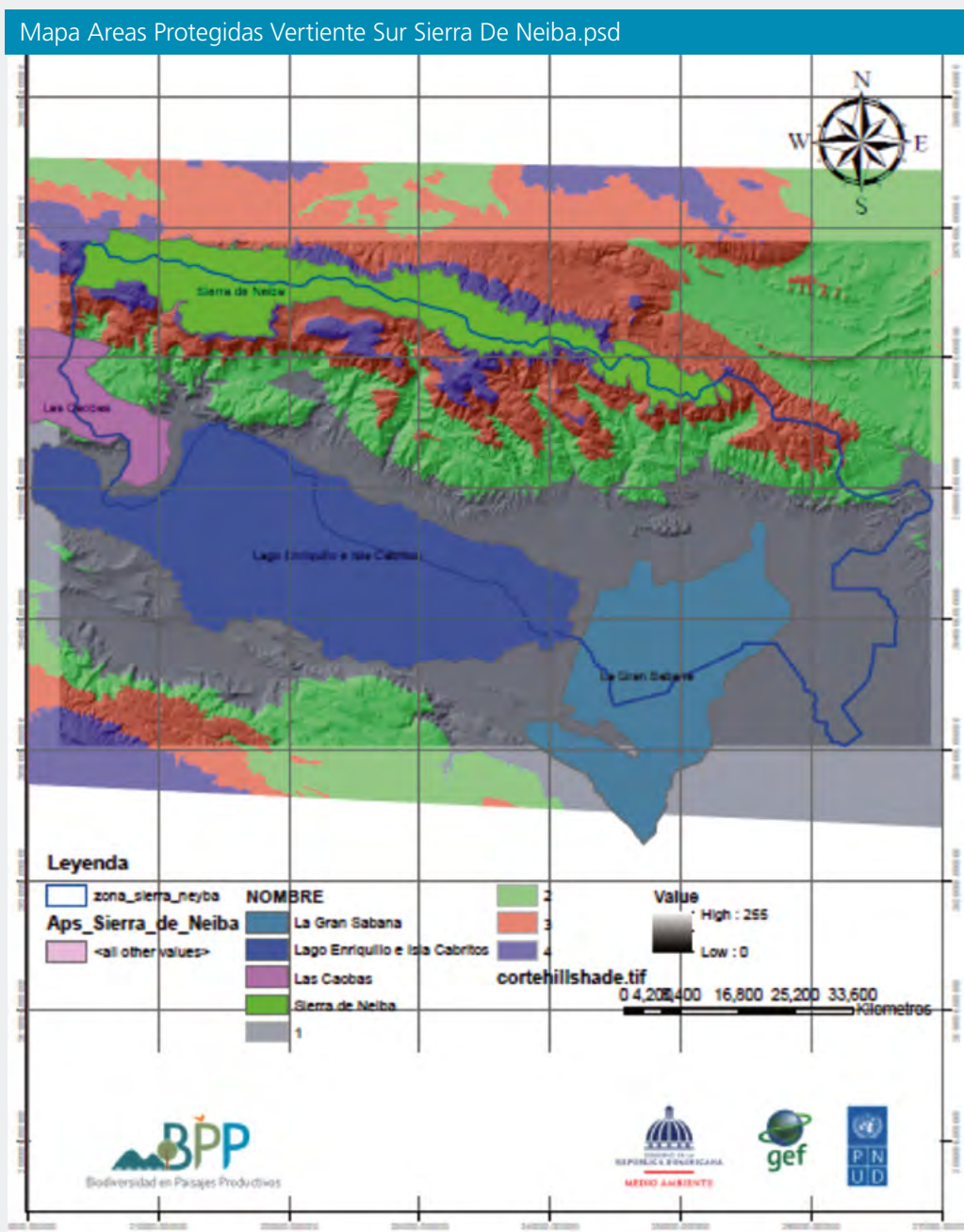
## 2.2 Áreas protegidas y cobertura arbórea

En la zona piloto correspondiente a la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba se encuentra parte del Parque Nacional Sierra de Neiba, que incluye territorios de las provincias de Elías Piñas y San Juan en la Vertiente Norte, y de Bahoruco e Independencia en la Vertiente Sur; es el área protegida de mayor relevancia en la indicada zona. El área piloto de incidencia del proyecto

Biodiversidad en Paisajes Productivos se establece desde el límite del Parque hacia el sur en la zona de La Descubierta en las secciones de Ángel Félix y Los Pinos. El principal objetivo de la elección de esta área es recuperar y restaurar el ecosistema y el paisaje degradado para contribuir a generar conectividad entre las áreas protegidas Parque Nacional Sierra

de Neiba y el Monumento Natural Las Caobas. La Vertiente Sur de la Sierra de Neiba forma parte de la cuenca del Lago Enriquillo, el cual es parque nacional y constituye una de las zonas núcleo de la

Reserva de Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo. A continuación, el mapa de las áreas protegidas en la zona piloto y los datos de superficie de estas en la tabla 2.



**Tabla 2.** Áreas protegidas en la zona piloto Vertiente Sur Sierra de Neiba.

NOMBRE	CATEGORÍA MANEJO UICN	CATEGORÍA MANEJO	EXTENSIÓN TOTAL KM <sup>2</sup>	EXTENSIÓN EN ZONA PILOTO KM <sup>2</sup>
Sierra de Neiba	II – UICN	Parque Nacional	183.00	
Las Caobas	III – UICN	Monumento Natural		

En cuanto a la biodiversidad en la Sierra de Neiba se destacan los ecosistemas de bosque latifoliado húmedo (secundario), bosque nublado, bosque ribereño, bosque de transición de seco a húmedo, bosque de pinos, entre otros; además, se puede encontrar regeneración natural en áreas de barbecho, cafetales en diferentes estadios (recién establecidos, en producción y en regeneración), pastizales y cultivos de ciclo corto. En el Parque Nacional Sierra de Neiba se encuentran 1,216 especies de plantas vasculares, de las cuales 276 son endémicas de la isla. La fauna está representada por 65 especies de aves, de las cuales 24 son endémicas. La Sierra de Neiba aporta a las cuencas de los ríos Artibonito y Yaque del Sur, y el Lago Enriquillo (Plan de Manejo Parque Nacional Sierra de Neiba, 2011). Ver mapa 3.

La cobertura arbórea encontrada en esta zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba corresponde a una superficie de 36,413.56 ha, equivalentes al 31.23 % de la superficie total del sitio piloto. Esta superficie incluye 56.06 ha de bosque de conífera, 11,704.30 ha de bosque latifoliado húmedo, 24,490.08 ha de bosque seco y 163.13 ha de mangle. En la tabla 2 se presenta la distribución de cada tipo de cobertura en hectáreas (ha), así como otros usos de la tierra en la zona piloto. Cabe destacar que el área total de No Bosque (sin cobertura boscosa, incluyendo el café o sistemas agroforestales) es de 72,921 ha, lo que equivale al 63 % del territorio de la zona piloto, incluyendo 6,544.70 ha de café (5.61 % de la superficie total) y 19,981.83 ha de matorrales con el 17.14 % de la zona piloto.

**Tabla 3.** Distribución de la superficie por tipo de cobertura en la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

Tipos de cobertura / no cobertura	Hectárea	%
Bosque conífera	56.06	0.05
Bosque latifoliado húmedo	11,704.30	10.04
Bosque seco	24,490.08	21.00
Bosque de mangle	163.13	0.14
Matorrales	19,981.83	17.14
Deforestación bosque latifoliado	186.69	0.16
Deforestación bosque de coníferas	0.31	0.00
Deforestación de mangle	17.85	0.02
Deforestación bosque seco	394.25	0.34

Tipos de cobertura / no cobertura	Hectárea	%
Pérdida de otras tierras con bosque	62.65	0.05
Pérdida de matorrales	501.37	0.43
Café	6,544.70	5.61
No bosque	26,323.56	22.57
Suelo desnudo	18,907.76	16.21
Cuerpos de agua	6,271.91	5.38
Suelo urbano	1,002.81	0.86
<b>Total</b>	<b>116,609.25</b>	<b>100.00</b>

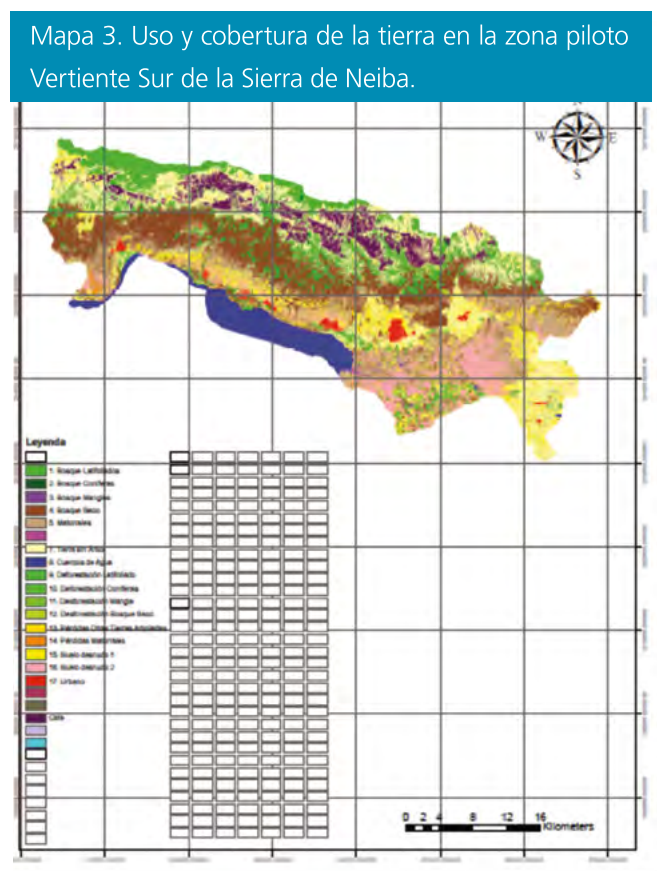
### Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada, por sus siglas en inglés) es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base en la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Alonso, 2020). Utiliza bandas infrarrojas cercanas y roja del espectro electromagnético que permite estimar un indicador adimensional entre -1 y 1, donde los valores cercanos a 1 indican «vegetación», y los cercanos a 0, «ausencia de vegetación».

El NDVI es el índice más utilizado en aplicaciones agronómicas de teledetección debido a su sencillez matemática, fácil interpretación y poder de normalización de la respuesta espectral de sistemas de vegetación; asimismo, debido a su alto nivel de correlación con diversos parámetros de interés agronómico (Sobrino, 2000).

Para este caso se utilizaron imágenes planet del año 2019 (enero, febrero y marzo 2019), se definieron las bandas requeridas para el cálculo del índice, y mediante el software de sistemas de información geográfica ArcGIS se procesó la información, obteniendo valores del NDVI entre -0.11 y 1 (ver mapa 4).

Según el índice de vegetación de diferencia normalizada realizado al área piloto de la Vertiente

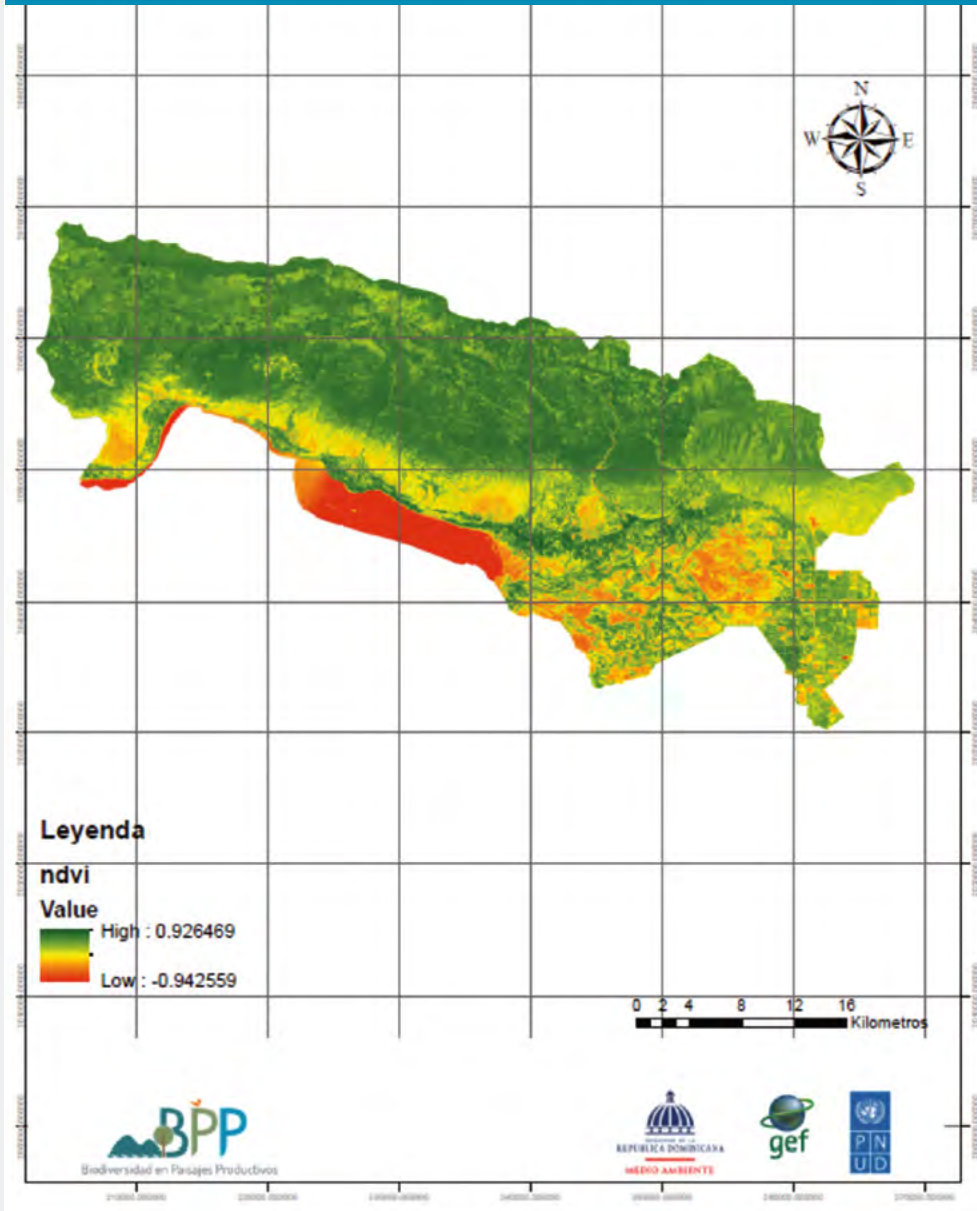


Sur de la Sierra de Neiba, la parte de color verde en el mapa nos indica cobertura, mientras que la de color amarillo indica degradación de la vegetación en un 50 % de la cobertura y la parte de color ladrillo

(naranja oxidado) es donde no hay vegetación o una vegetación de escasa altura. El mapa 4 nos indica que el porcentaje de cobertura y el de no cobertura se

encuentran en rangos muy cercanos, siendo de ---- ha (---% del área total) y -----ha (---% del área total), respectivamente.

Mapa 4. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en el área de acción directa de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba del BPP.



### Superficie de cobertura arbórea por unidad político-administrativa

La cobertura arbórea de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba asciende a 8,354.5 ha, distribuidas en las dos provincias donde se encuentra la zona piloto, siendo el área con mayor cobertura la provincia Independencia con 2,697.9 ha, mientras que Bahoruco tiene unas 1,282.75 ha. En la tabla 3 se pueden observar las superficies de cobertura de cada una de las secciones con sus respectivos

distritos municipales, municipios y provincias de indicada zona piloto.

En el mapa 5 se representa gráficamente la cobertura y no cobertura por municipios de la zona piloto según los valores obtenidos del NDVI. En el mismo se puede apreciar que en los municipios de El Cercado y Hondo valle es donde se observa mayor cobertura y los que presentan una menor cantidad de cobertura son Juan Santiago y Postrer Río.

Mapa 5. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) por municipios, en la zona piloto Vertiente Sur Sierra de Neiba.

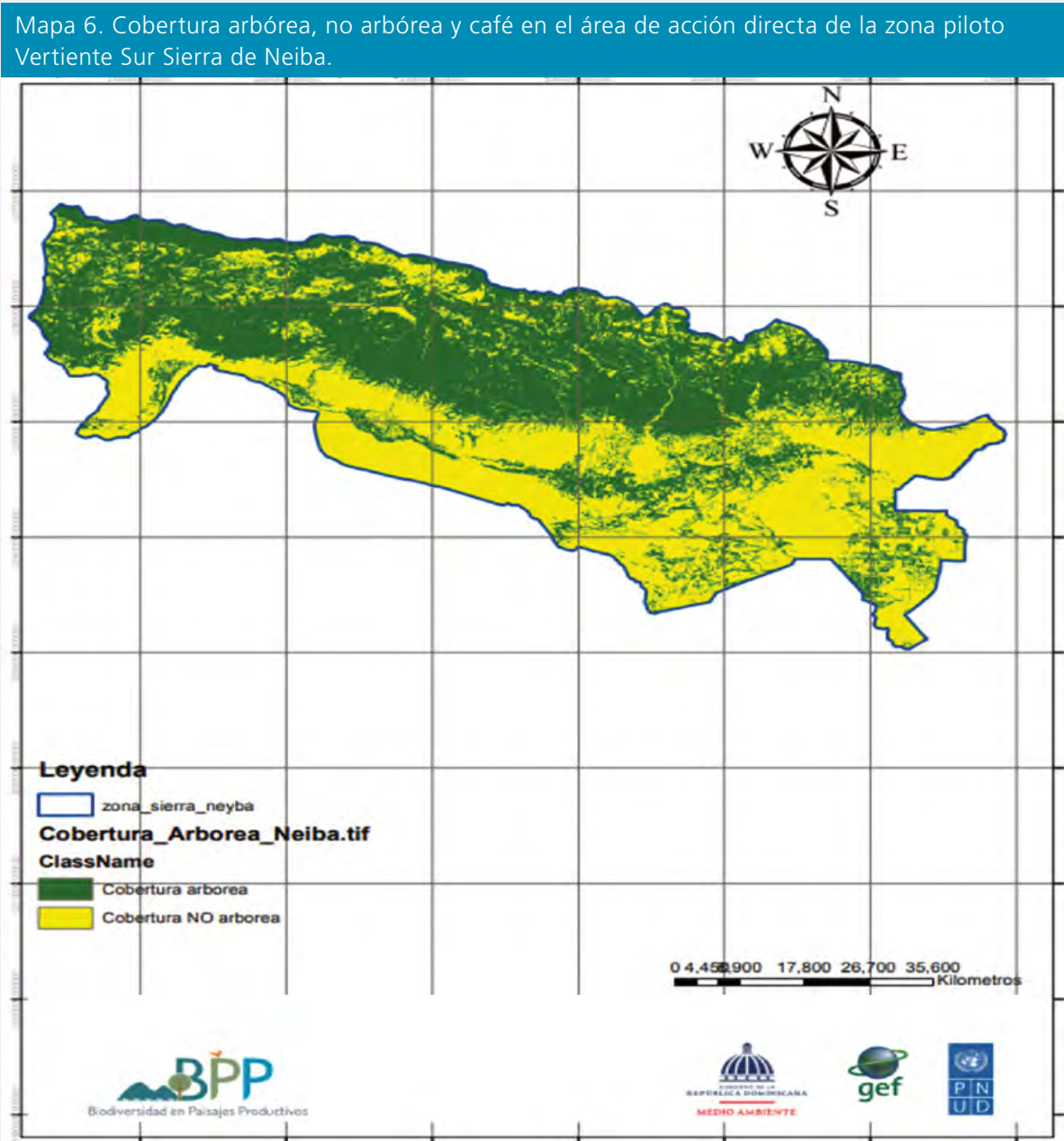


Tabla 4. Superficie de bosque y no bosque por municipios de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

MUNICIPIOS	SUPERFICIE TERRITORIAL (HA)	SUPERFICIE BOSQUE (HA)	SUPERFICIE NO BOSQUE (HA)	SUPERFICIE CAFETALES (HA)
LOS RÍOS	5,228.85	1,218.25	3,056.04	945.88
VILLA JARAGUA	1.34	1.02	0.31	0
NEIBA				
GALVÁN				
LA DESCUBIERTA	2.17	2.17	0	0
POSTRER RÍO	4,923.27	966.02	2,583.18	1,374.02
TOTAL				

Para tener una mejor representación de la cobertura boscosa, el no bosque y el café de la zona piloto se ha elaborado el mapa 6, donde el color verde representa la cobertura boscosa conformada por los siguientes tipos de bosques: conífera dispersa, semihúmedo, latifoliado nublado, latifoliado húmedo, de mangles y seco; el color amarillo representa el no bosque que se refiere a la cobertura de pastos, agricultura,

infraestructuras y cuerpos de agua, y el color rosado representa el café. En este mapa se puede observar que hay una alta presencia de bosque en la Sierra de Neiba, siendo los de mayor cobertura el bosque seco y el bosque latifoliado húmedo con 24,490 ha y 11,704.30 ha, respectivamente. En las demás áreas se encuentra una gran presencia de café y no bosque.



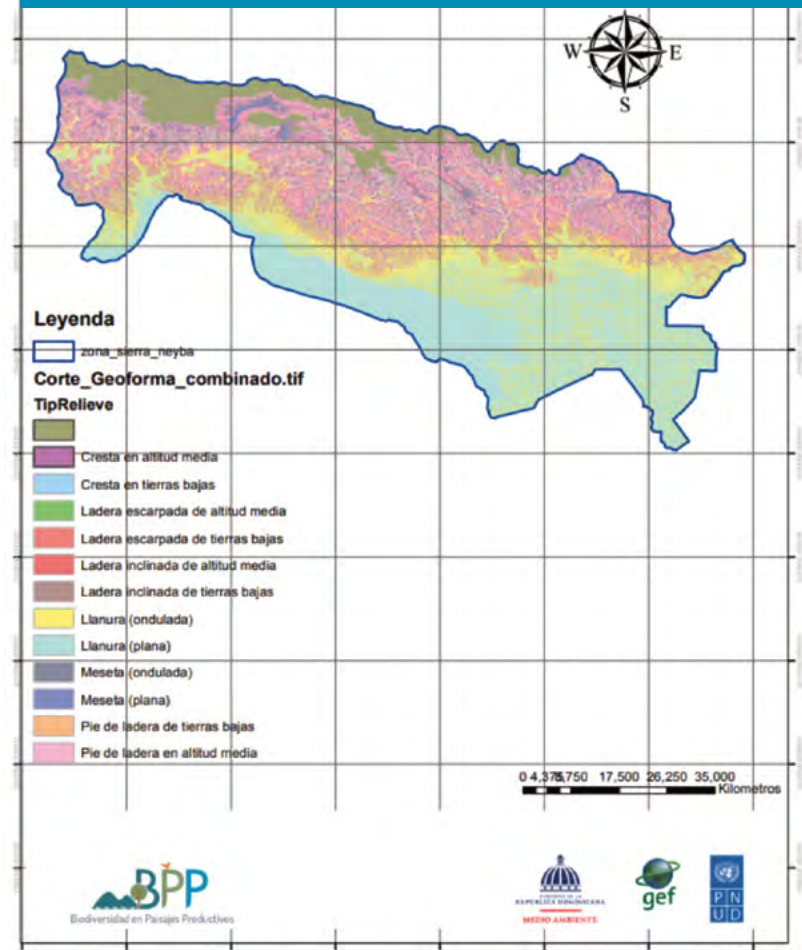
## 2.3 Topografía

La topografía de la zona piloto es muy accidentada; presenta elevaciones mayores a los 2,250 msnm en la parte más alta de la Sierra de Neiba y rangos de pendiente que oscilan entre 32 % y 64 %. Las zonas de menor elevación se encuentran en los municipios de Postrer Río y Los Ríos desde los 500 a 2,000 msnm en la Sierra de Neiba, mientras que en los municipios de Hondo Valle y Juan Santiago las elevaciones se encuentran desde los 750 a 2,000 msnm, siendo el rango de pendiente de toda la zona de un 10 % a un 60 % (Atlas de biodiversidad y recursos naturales de la República Dominicana, 2011).

Para generar los mapas de topografía se utilizó como base el modelo digital del terreno (MDT) del área piloto del proyecto, que se obtuvo de la página web [www.Globaldata.com](http://www.Globaldata.com), con esta base de datos se elaboraron los diferentes rásters de topografía. Todos los modelos generados son herramientas

que permiten una interpretación más rápida y precisa del sitio, para contribuir a una mejor gestión integral y uso múltiple del territorio.

Mapa 7. Geoformas del relieve en la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



### 2.3.1 Geoformas o formas del relieve

Las geoformas, o formas del relieve, son las irregularidades de la superficie terrestre, también han sido descritas como la expresión del sustrato geológico en el terreno (Mendoza, 2019). En nuestro caso, el mapa de geoformas ha sido el resultado de la sumatoria de los rásters de curvatura, elevación y pendientes en cada zona piloto.

En el mapa 7 se determinaron las clases del relieve presentes en cada zona de estudio, encontrándose en el área piloto de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba las 16 clases de relieves, que son: llanura,

meseta plana, llanura ondulada, meseta ondulada, ladera inclinada de tierras bajas, ladera escarpada de tierras bajas, ladera inclinada de altitud media, ladera escarpada de altitud media, ladera inclinada de elevada altitud, ladera escarpada de elevada altitud, cresta en tierras bajas, cresta en altitud media, cresta en elevada altitud, pie de laderas de tierras bajas, pie de laderas en altitud media y pie de laderas en elevada altitud.

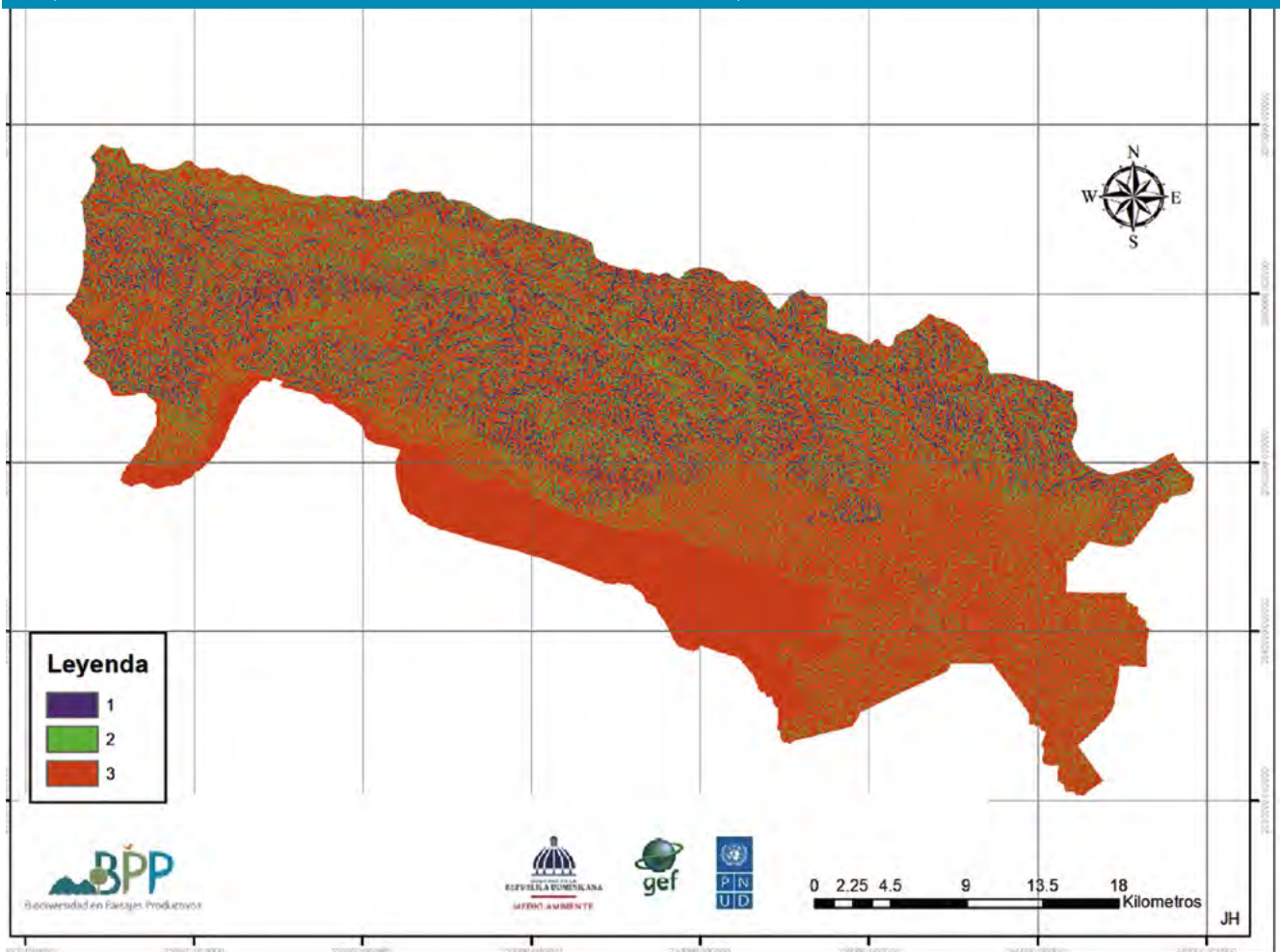
### 2.3.2 Curvatura

La curvatura en un punto ( $\delta$ ) puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende, por tanto, de las derivadas de segundo grado de la altitud, es decir, de los cambios de pendiente en el entorno del punto (Felicísimo, 1994).

La forma del terreno o curvatura no es más que la concavidad o convexidad de la superficie del terreno

en dirección de la pendiente. El cálculo de la forma se basó en el concepto de curvatura utilizando la herramienta Geomorphometry & Gradient Metrics. En el mapa de curvatura se pueden observar tres colores, los cuales indican las crestas, las llanuras y las concavidades de la zona de estudio.

Mapa 8. Curvatura del relieve del área de acción directa de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



### 2.5.3 Elevaciones

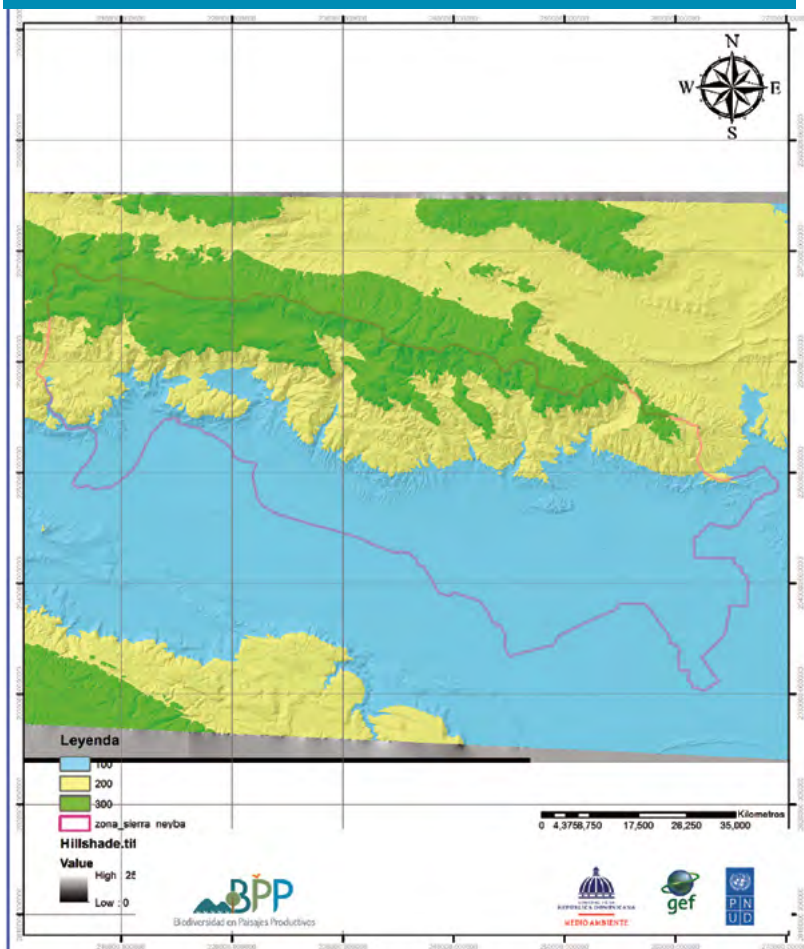
El modelo digital de elevaciones (MDE) o modelo digital del terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua (Felicísimo, 1994). Los MDT son un ejemplo de los modelos de datos en forma matricial (ráster) (Huerta, 1999).

Los MDT pueden ser construidos directamente a partir de la realidad a representar, pero es muy habitual que exista un modelo analógico intermedio a partir del cual se realiza la codificación. Este puede adoptar formas diversas, desde los mapas anteriormente citados hasta pares fotográficos estereoscópicos (Felicísimo, 1994).

El MDT para este proyecto fue procesado a 3 m y se obtuvo la métrica en grado y porcentaje. En el mapa generado para la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba se distinguen cuatro rangos de elevaciones de terrenos que incluyen:

Elevaciones	Clasificación	Superficie (ha)
0 - 500 msnm	Tierras bajas	
500 - 1,000 msnm	Submontano	
1,000 a 2,000 msnm	Montano	
> 2,000 msnm	Altimontano	

Mapa 9. Elevaciones del relieve del área de acción directa de la zona piloto Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



## 2.5.4 Pendiente

La pendiente de un terreno es el ángulo de inclinación con respecto a una línea horizontal de referencia (Mendieta Ocampo & Valencia Céspedes, 2005). El mapa de pendiente fue el resultado de la métrica del MDT, con el que se obtuvieron los mapas de pendientes en porcentajes y grados. En la imagen a continuación se puede observar que la zona piloto de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba cuenta con un amplio rango de pendientes que se clasifican en seis tipos, desde planos hasta muy escarpados.

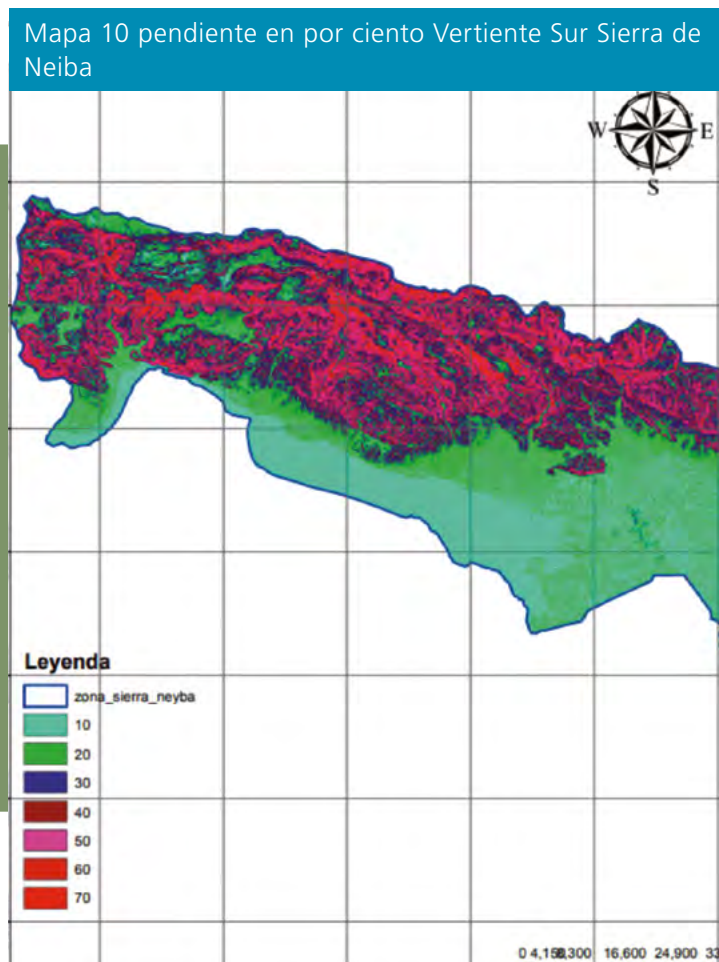
En general las pendientes con mayor presencia son de más de 50 % de inclinación, las que representan unas ---- hectáreas para un ---- % del área total del sitio piloto.

**Tabla 5.** Pendientes según el porcentaje y tipo, Vertiente Sur Sierra de Neiba.

% PENDIENTE	RANGO DE PENDIENTE	TIPO DE PENDIENTE
0 – 7 %	10	Plano
7 – 15 %	20	Ligeramente plano
15 – 30%	30	Moderadamente inclinado
30 – 50%	40	Inclinado
50 – 70%	50	Escarpado
> 70%	60	Muy escarpado

### 2.3.4 Textura de suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura determina considerablemente las propiedades físicas del suelo, por lo que tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua lo penetra y lo atraviesa.



Los datos de suelo fueron obtenidos de la página de SoilGRID, <https://soilgrids.org>. Los referidos datos se encontraban a una resolución de 250 m por lo que se realizó un proceso para transferirlos a una resolución de 3 m. Una vez realizado esto se procedió a obtener la textura del suelo con la sumatoria de los rásters de arena, arcilla y limo, los cuales fueron clasificados según los rangos definidos en la siguiente tabla.

**Tabla 6.** Rangos de arena, arcilla y limo

RANGOS	ARENA	ARCILLA	LIMO
< 20	100	10	1
20 – 30	200	20	2
30 – 40	300	30	3
> 40	400	40	4

Con el resultado de la sumatoria de los rásters y su clasificación se han obtenido seis tipos de texturas de suelos, que fueron las siguientes:

**Tabla 7.** Clases de textura de suelo

CLASE DE TEXTURA	NOMBRE	SIMBOLOGÍA
343	Arcilloso	Arc
424	Franco arcilloso arenoso	FArcAre
433	Franco arcilloso arenoso	FArcAre
434	Franco arcilloso arenoso	FArcAre
443	Arcilloso arenoso	ArcAre
444	Arcilloso	Arc

Los suelos predominantes en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba son franco arcilloso arenosos, un tipo de suelo medio con una relación porcentual de arena-limo-arcilla del 35-35-30, con pH ácido; proporcionan normalmente un buen drenaje y una baja pedregosidad (Valero, 1993).



## 2.4 Clima

Las condiciones climáticas y sus variaciones en todo el año pueden favorecer o afectar la producción agrícola, agroforestal y forestal de una zona determinada, por lo que se ha realizado un modelo para determinar las variables climáticas de evapotranspiración, precipitación, temperatura y radiación solar.

Para crear los rásters de las variables climáticas se usaron como datos base los suministrados por el WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)) del año 2019 para todo el país. De estos datos base se extrajeron las variables climáticas mensuales de las zonas de estudio, y mediante la aplicación de ArcMap versión 10.6.1 se realizaron una serie de geoprocursos, que se describen a continuación, para así poder obtener los rásters y vectores necesarios para alcanzar el promedio anual de cada una de las variables requeridas en el análisis de la línea base de este proyecto.

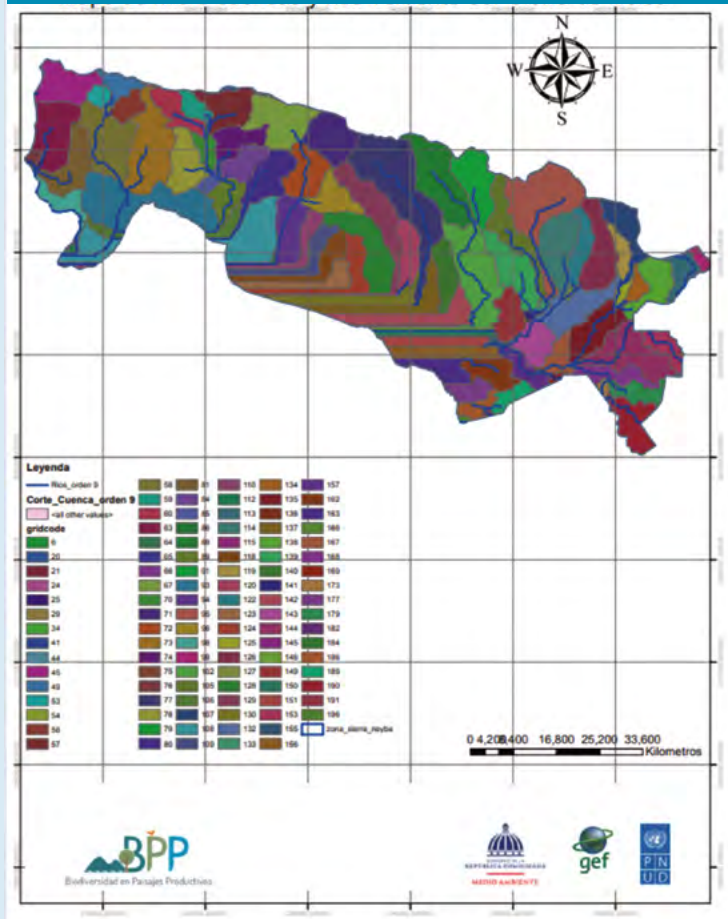
### Precipitación promedio anual

Los datos de lluvia anual de cada zona piloto fueron obtenidos del WorldClim para ser convertidos a puntos y posteriormente a malla. Para obtener el promedio anual de precipitación se sumaron los 12 rásters de lluvia y se dividieron entre 12, y para llevarla a mm se procedió a multiplicar el valor obtenido \* 0.001 m \* tamaño del píxel al cuadrado.

En el siguiente mapa se puede observar que las zonas donde hubo mayores precipitaciones es en el área más alta de la Sierra de Neiba con valores de 1,600 a 1,700 mm/año, siendo mayor

a los 1,700 mm/año en la zona correspondiente al parque nacional; en cambio, las menores precipitaciones fueron observadas en la parte sur de la zona del piloto específicamente en los municipios de Los Ríos y Postrer Río con valores de 1,100 a 1,200 mm/año.

Mapa Microcuencas de la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



Mapa 12. Precipitación promedio anual del área de acción directa de la zona piloto del BPP, Vertiente Sur Sierra de Neiba.

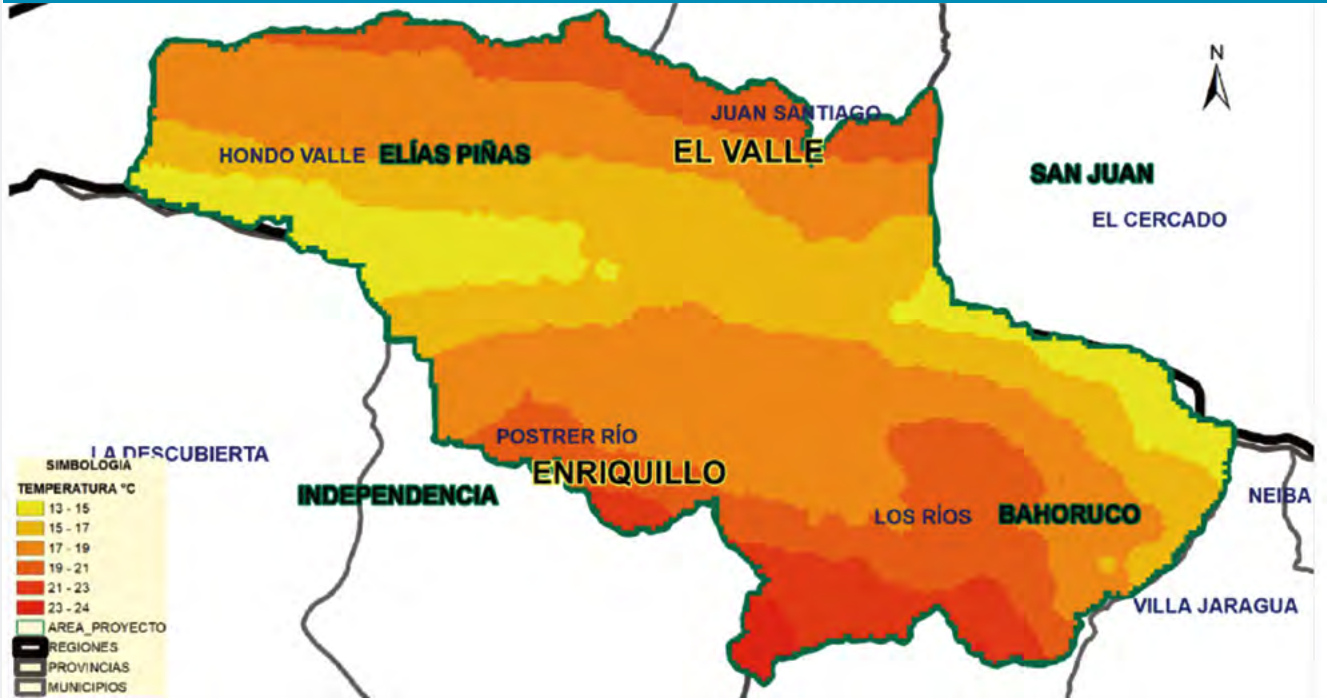


### Temperatura media anual

Los datos de temperatura anual fueron obtenidos del WorldClim para ser convertidos a puntos y posteriormente a malla o ráster. Para obtener el promedio anual de temperatura se sumaron los 12 rásteres generados y se dividieron entre 12.

En el mapa 13 se puede observar que en la Vertiente Sur Sierra de Neiba las zonas donde hubo mayor temperatura corresponden a la parte más al sur, específicamente en los municipios de Los Ríos y Postrer Río con valores de 22-24 °C; mientras que las temperaturas menores se presentan en las partes más altas, principalmente dentro del Parque Nacional Sierra de Neiba, con valores de 13-15°C.

Mapa 13. Temperatura promedio anual en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



Mapa 14. Evapotranspiración promedio anual en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



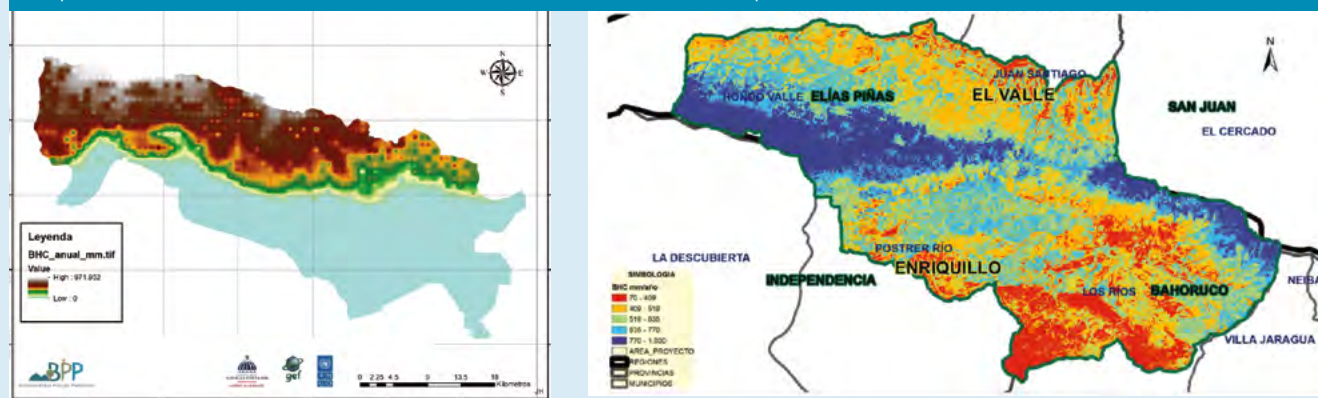
## Evapotranspiración promedio anual

La evapotranspiración (ETP) es la pérdida total de agua de un cultivo en forma de vapor, por evaporación y transpiración, durante un período determinado de tiempo (Olalla, 1994). La evapotranspiración potencial fue definida por Thornthwaite como la cantidad máxima posible de agua que perdería el suelo por evaporación y transpiración, suponiendo que este estuviera saturado (Rascon, 2005). Mientras que la evapotranspiración real se da en las condiciones reales del medio de que se trate (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 1985).

Los datos de evapotranspiración anual de la zona estudiada fueron obtenidos del WorldClim, para ser convertidos a puntos y posteriormente a malla o ráster.

En el mapa siguiente de la zona piloto del BPP, Vertiente Sur de la Sierra de Neiba, se puede observar que las zonas donde hubo mayor ETP es en la parte baja o más al sur, específicamente en los municipios de Los Ríos y Postrer Río con valores de 1,700 a 1,800 mm/año; mientras que la ETP menor se presenta en la parte más alta y dentro del Parque Nacional Sierra de Neiba con valores de 1,400 a 1,500 mm/año.

Mapa 15. Balance hídrico anual del área de acción directa de la zona piloto del BPP, Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



## Balance hídrico climático anual

El concepto de balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera, el cual es fácil de modelar, sujeto a aplicarse por medio de simulaciones a diferentes situaciones climáticas, edáficas y de los cultivos (Otarola, 1994).

Para obtener la disponibilidad de agua anual o balance hídrico climático (BHC) se procedió a la resta de la precipitación anual (P) menos la evapotranspiración anual (ETP); de manera que  $BHC = P - ETP$ . Con este

indicador se determinaron las zonas con exceso de agua, déficit moderado y déficit alto en todo el año.

En el mapa 15 se puede observar que la zona donde hubo un mayor BHC es el área que comprende la parte alta de la sierra, dentro del Parque Nacional Sierra de Neiba, con valores de 750 a 1,000 mm/año, y donde se observó un BHC menor es la parte sur de la zona del proyecto, específicamente en los municipios de Los Ríos y Postrer Río, con valores de 70 a 409 mm/año.





2

CARBONO FORESTAL

# Capítulo II: Carbono forestal

## 2.1 Introducción y metodología

El cálculo del stock de carbono se obtiene al multiplicar la superficie de los tipos de cobertura de la tierra y su correspondiente factor de almacenamiento de carbono por unidad de superficie. Por ejemplo, toneladas de carbono por hectárea (C ton/ha).

En este levantamiento de línea base se realizó una interpretación de la cobertura arbórea a partir de imágenes satelitales Planet de 3 m de resolución del año 2019. Para esto se aplicaron procedimientos de clasificación digital en tres fases. En la primera fase se realizó una clasificación no-supervisada a nivel de píxel, con el objetivo de identificar los tipos de cobertura presentes en la zona piloto. La segunda fase consistió en la segmentación de las imágenes y la recolección de muestras de entrenamiento a partir de las clases identificadas en la primera fase. En la última fase las imágenes de la cobertura arbórea fueron clasificadas entrenando y corriendo el algoritmo Random Tree del programa ArcGIS 10.6.1.

Los factores de carbono por hectárea se obtuvieron de los promedios reportados en los informes nacionales en el marco del proceso REDD+. La conversión de carbono a CO2 equivalente se realizó usando el factor estándar de 44/12. Para la conversión entre biomasa y carbono se utilizó el factor de 0.47 recomendado por el IPCC. Todos los cálculos corresponden a la biomasa sobre el suelo. Usando estos factores se realizaron estimaciones del stock de carbono a nivel de cada uno de los píxeles de 3x3 m de la zona de estudio. Los valores de carbono promedio por ha utilizados se presentan en el siguiente cuadro. Al sumar el total de píxeles contenidos dentro de las diferentes unidades político-administrativas y unidades de gestión territorial (área protegidas y microcuencas) se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación.

**Tabla 8.** Carbono promedio por hectárea por tipos de cobertura arbórea, según inventario forestal nacional, 2019

TIPOS DE COBERTURA	C TON/HA
1. Bosque conífera disperso	55.67
2. Bosque semihúmedo	39.75
3. Bosque latifoliado nublado	100.16
4. Bosque latifoliado húmedo	65.26
5. Bosque seco	35.04
6. Café	203.11
7. Pasto	142.53

FUENTE: Inventario forestal nacional, año 2019.

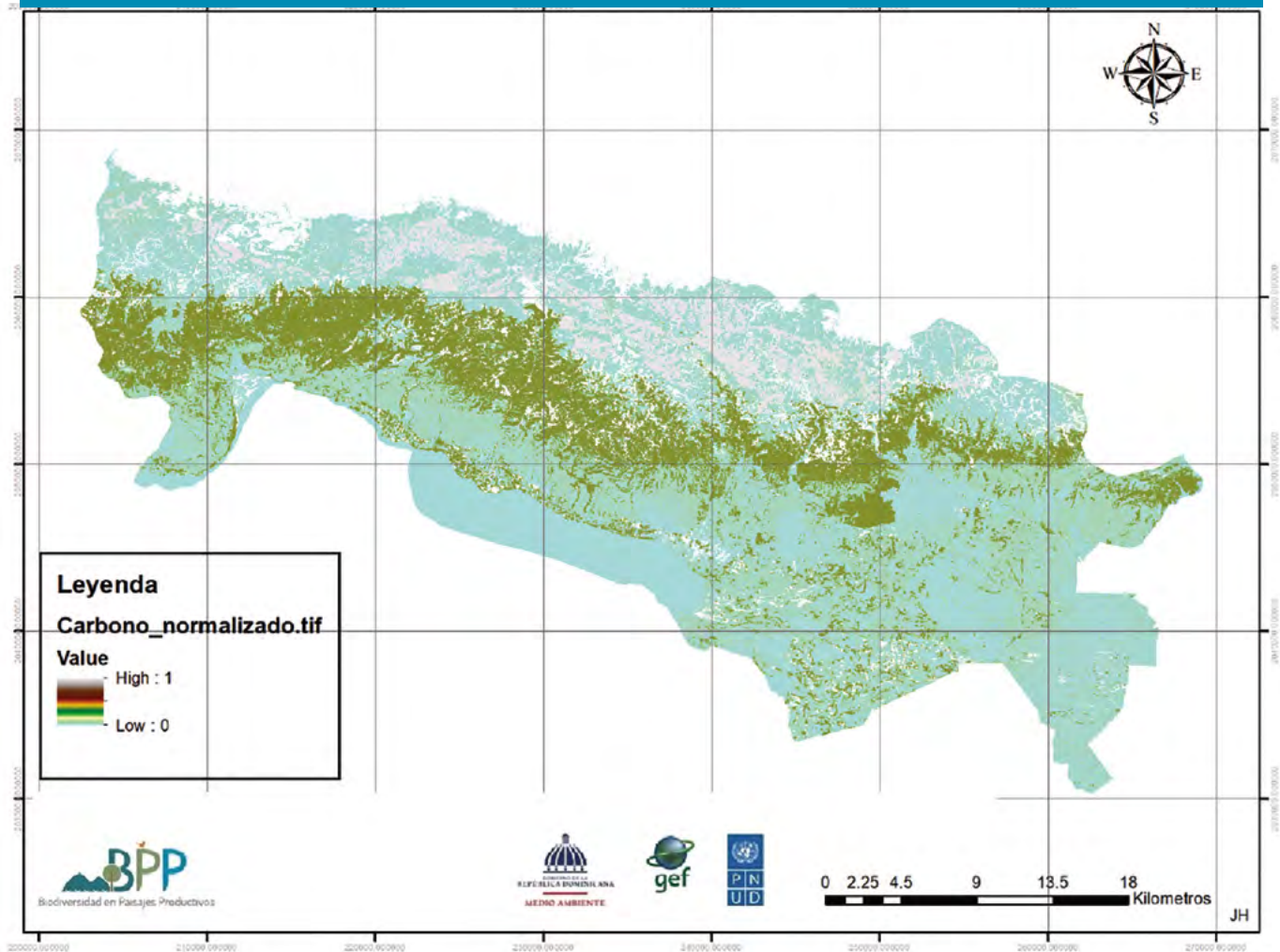
## 2.2 Stock de carbono

El stock de carbono es la cantidad de carbono en un «depósito», reserva o sistema capaz de almacenar o liberar el carbono (Fuente: FAO - GIEC, 2003).

Para obtener el mapa de carbono es necesario reclasificar el ráster de cobertura para que coincida con las clases que disponemos de los valores promedios de densidad de carbono según los valores obtenidos en el inventario forestal 2019. En la tabla de atributos del ráster de cobertura reclasificada se agregaron y rellenaron los campos de nombre de las categorías de cobertura y carbono por ha (Cxha).

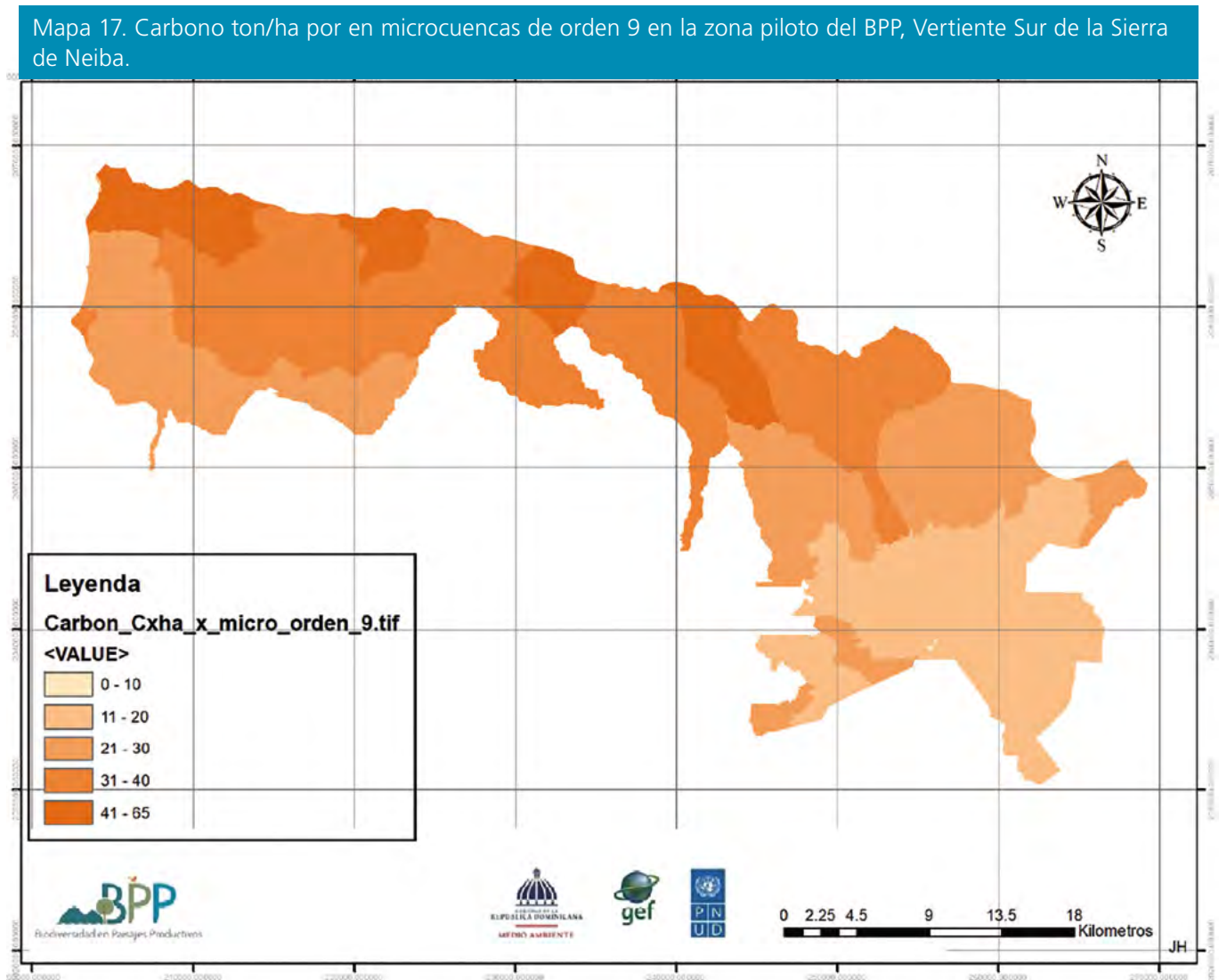
Otra forma de calcular el carbono es considerando el efecto de borde. El cálculo utiliza los modelos desarrollados por Chaplin-Kramer et al. (2015), donde se considera que al aplicar un factor de carbono de forma homogénea a una zona boscosa se está sobreestimando el carbono, ya que se ha demostrado que existe una degradación en los bordes del bosque donde el stock de carbono es menor respecto al centro de la masa arbórea.

Mapa 16. Toneladas de carbono promedio por hectárea en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



## Carbono por microcuenca de orden 9

El mapa de carbono por microcuenca no es más que el resultado de superponer el *shapefile* de microcuencas de orden 9 con el ráster de carbono promedio en ton/ha.

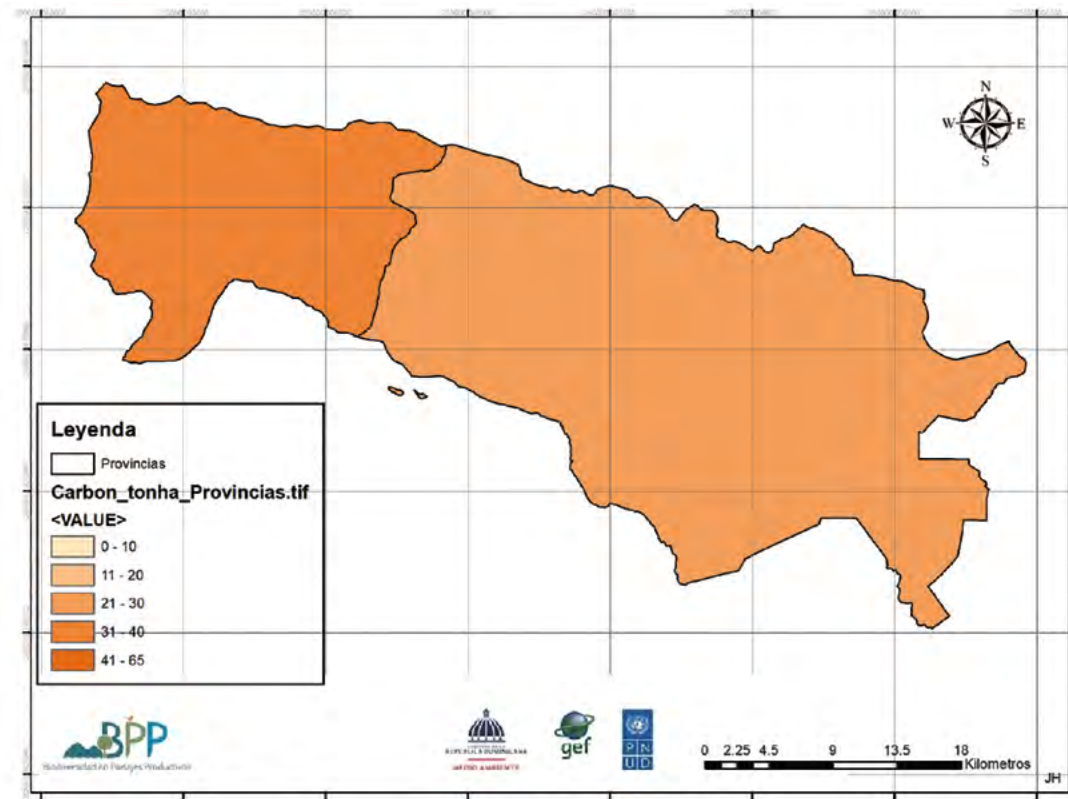
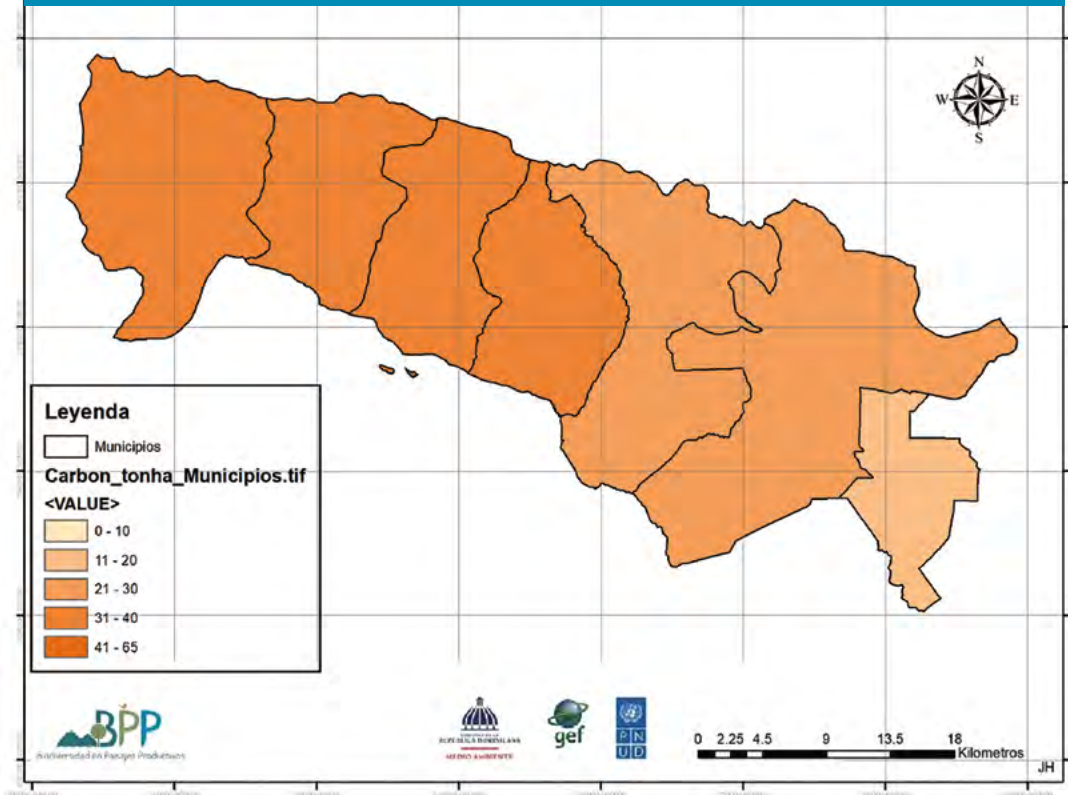


### Índice de carbono por unidad político-administrativa

En el mapa índice de carbono por unidad político-administrativa (municipios) se puede observar que en el municipio de La Descubierta se encontraron valores de 41 a 65 ton C por hectárea (0.77 – 1), siendo esta el área con un mayor índice de carbono, seguida por Postrer Río, Los Ríos y Villa Jaragua.

Al correr este geoproceso a nivel provincial, nos encontramos con que el territorio perteneciente a la provincia Independencia tiene un mayor stock o almacenamiento de carbono (índice de carbono de 41 a 65) que la provincia Bahoruco que cuenta con un índice de carbono de 21 a 30.

Mapa 18. Índice de carbono por municipio del área de acción directa del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



### Tablas/gráficos resúmenes de stock de carbono

Para obtener datos generales de todas las variables político-administrativas se creó un *shapefile* integrado con todos los *shapefiles* de límites político-administrativos y de gestión integrados en un solo archivo y también con los rásteres ajustados de carbono, erosión, infiltración y conectividad. Y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura, para obtener las sumatorias de dichos rásteres, para cada uno de los polígonos.

Al unir el *shapefile* de límites político-administrativos con el ráster ajustado de carbono se unificaron los datos contenidos en sus tablas de atributos y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura, generándose una tabla de atributos con mayor información, de donde se obtuvieron los datos

de carbono por unidades político-administrativas por píxel (C ton/píxel) y por hectárea ( C ton/Ha ), además se obtuvieron las toneladas del Dióxido de Carbono por unidad política administrativa por píxel (CO2 ton/píxel) y por hectárea (CO2 ton/Ha), también se obtuvieron las toneladas de biomasa por unidad política administrativa por píxel (biomasa ton/píxel) y por hectáreas (biomasa ton/ha). Otros datos que se obtuvieron fueron el índice de stock de Carbono por unidad política administrativa y las toneladas de carbono por hectárea por tipo de cobertura.

Los resultados del estudio servirán para mejorar la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de los productores de la zona. Con los mapas de carbono obtenidos puede calcularse el carbono almacenado en una parcela, sitio o finca.

**Tabla 9.** Carbono promedio ton/ha, Dióxido de carbono ton/ha y biomasa por tipo de cobertura del área de acción directa del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

TIPOS DE COBERTURA	CARBONO TON/HA	CO2 TON/HA	BIOMAS TON/HA
1. Bosque conífera disperso	49.09	180.00	104.45
2. Bosque semihúmedo	29.07	106.59	61.85
3. Bosque latifoliado nublado	64.27	235.69	136.77
4. Bosque latifoliado húmedo	64.28	235.69	136.77
5. Bosque seco	24.98	91.59	53.15
6. Pasto	13.42	49.21	28.55
7. Café	46.59	170.83	99.13
8. No bosque	1.70	6.23	3.62
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.67</b>	<b>134.48</b>	<b>78.04</b>

En la tabla 9 se puede observar que los bosques latifoliados nublado y húmedo son los bosques que más capturan carbono, CO2 y biomasa, seguidos por el bosque de conífera; mientras que las coberturas con menos captura son el pasto y el no bosque.

**Tabla 10.** Toneladas totales de carbono, dióxido de carbono y biomasa por ha en las secciones del área de acción directa del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

SECCIÓN	C TON/HA	CO2 TON/HA	BIOMASA TON/HA
Ángel Félix	578.52	2,121.24	1,230.89
Los Bolos	19,094.33	70,012.53	40,626.25
El Maniel	13,485.63	49,447.30	28,692.84
Cabeza de Río	1,522.52	5,582.57	3,239.40
Guayabal	86.85	318.45	184.79
Higo de la Cruz	11,513.00	42,214.34	24,495.75
Los Mosquitos	19,381.23	71,064.49	41,236.68
Caña Vieja	1,269.58	4,655.13	2,701.23
Mata de Naranja	361.66	1,326.09	769.49
Aniceto Martínez	1,744.48	6,396.42	3,711.66
Rancho de Pedro	26,231.05	96,180.45	55,810.77
Hondo Valle (Centro)	73.43	269.24	156.23
Rancho La Guardia	12,894.97	47,281.53	27,436.12
Los Guineos	4,048.21	14,843.43	8,613.22
La Saonada	6,305.55	23,120.34	13,416.07
Sabana de la Loma	1,362.99	4,997.63	2,899.98
Juan Santiago	9,686.52	35,517.23	20,609.62
Juan de la Cruz	5,341.41	19,585.16	11,364.71
Gajo de Pedro	753.68	2,763.49	1,603.53
La Ciénaga	4,707.07	17,259.24	10,015.05
<b>Total</b>	<b>140,442.68</b>	<b>514,956.30</b>	<b>298,814.28</b>

En la tabla 10 se presenta el resumen total de las toneladas/hectárea de carbono, dióxido de carbono y biomasa que se encuentran en cada una de las áreas que conforman el sitio piloto. En la sección Rancho de Pedro en el municipio de Hondo Valle es donde se registra mayor captación de carbono, CO2 y Biomasa, con valores de 26,231.05 ton/ha, 96,180.45 ton/ha

y 55,810.77 ton/ha, respectivamente, y en la que se observa menos carbono es en la zona urbana de este mismo municipio con 73.43 ton/ha, 269.24 ton/ha y 156.23 ton/ha, esto se debe a que de esta unidad político-administrativa entra una parte mínima a la zona piloto e igual es una zona urbana.

**Tabla 11.** Índice de carbono por secciones del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

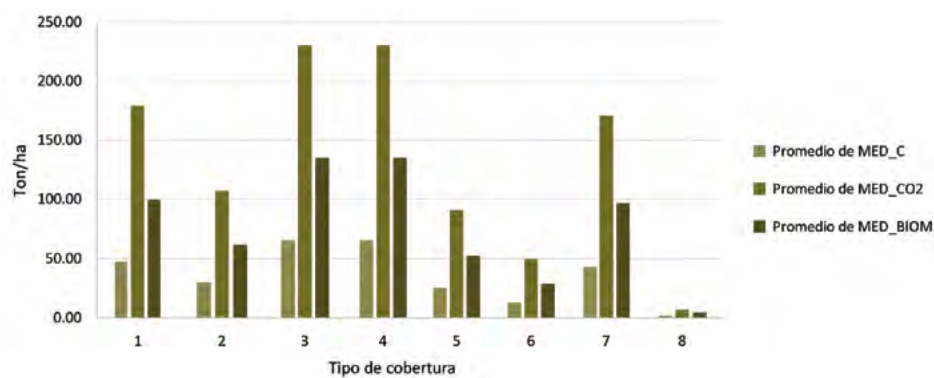
SECCIÓN	ÍNDICE DE STOCK DE C
Ángel Félix	9.00
Los Bolos	287.81
El Maniel	204.14
Cabeza de Río	22.26
Guayabal	1.28
Higo de la Cruz	171.26
Los Mosquitos	293.46
Caña Vieja	18.44
Mata de Naranja	5.56
Aniceto Martínez	26.74
Rancho de Pedro	401.31
Hondo Valle (Centro)	1.09
Rancho La Guardia	197.23
Los Guineos	61.54
La Saonada	95.71
Sabana de la Loma	20.45
Juan Santiago	146.72
Juan de la Cruz	80.82
Gajo de Pedro	11.53
La Ciénaga	72.72
<b>Total</b>	<b>2,129.07</b>

En la tabla 11 se presenta el resumen de índice de carbono por cada una de las secciones que conforman las áreas de la zona piloto. En la sección de Rancho de Pedro es donde se encuentra el mayor valor del índice con 401.31, seguido por Los Mosquitos con un valor de 293.46; mientras que el menor índice de carbono se observa en la sección de Hondo Valle, ya que es una zona urbana.

### Gráficos resúmenes de stock de carbono

En los gráficos que se presentan a continuación se observa el comportamiento del carbono, el dióxido de carbono y la biomasa en ton/ha, así como el índice de carbono por las unidades político-administrativas.

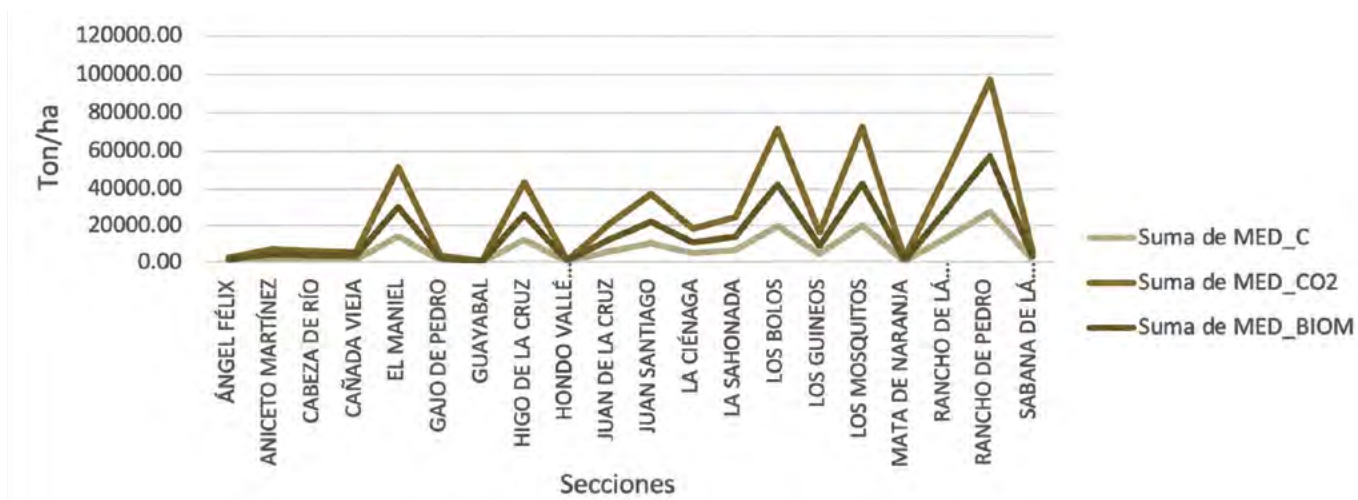
### Promedio de carbono, CO<sub>2</sub> y biomasa por tipo de cobertura



**Gráfico 1.** Carbono promedio Ton/ha, dióxido de carbono Ton/ha y biomasa por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

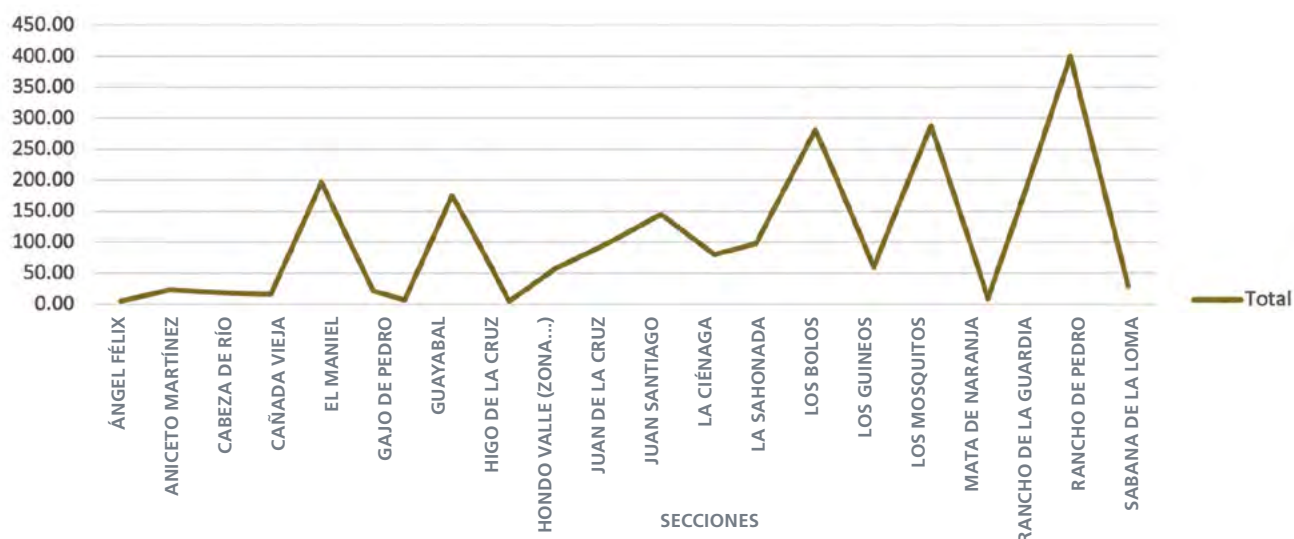
En el gráfico 1 se puede observar que los tipos de coberturas que más captan carbono, CO2 y biomasa son los bosques latifoliados nublado y húmedos, seguidos por el bosque de conífera y en menos proporción se encuentra el no bosque.

**Gráfico 2.** Toneladas totales de carbono, dióxido y biomasa por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



En el gráfico 2 se puede observar que la sección Rancho de Pedro, perteneciente al municipio de Hondo Valle, es donde se tienen mayores picos de carbono, dióxido de carbono y biomasa; mientras que los picos mínimos se encuentran en las secciones de Hondo Valle.

**Gráfico 3.** Índice de carbono por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



En el gráfico 3 se puede observar que la sección Rancho de Pedro, perteneciente al municipio de Hondo Valle, es donde se tienen mayores picos de carbono, dióxido de carbono y biomasa; mientras que los picos mínimos se encuentran en las secciones de Hondo Valle (zona urbana) del municipio de Hondo Valle, y Guayabal del municipio de Postrer Río.





3

INFILTRACIÓN

## Capítulo III: Infiltración

### 3.1 Introducción y metodología

En este capítulo se presenta un resumen de la metodología y los resultados de cálculo de la infiltración hídrica potencial, entendida como la porción de la precipitación (después de descontar la evapotranspiración) que se filtra a través del suelo hasta la zona saturada para formar parte del acuífero. Se aplicó un método simplificado que permite obtener un valor teórico aproximado de la recarga subterránea de acuíferos.

El cálculo de la infiltración se basó, primero, en estimar para cada mes la cantidad de lámina de agua remanente (en mm) calculada al restar la evapotranspiración de la precipitación (balance hídrico climático). Posteriormente, los valores de disponibilidad de agua se sumaron para obtener la disponibilidad hídrica anual en mm. Finalmente, la cantidad de agua promedio infiltrada al acuífero por año se estimó usando un coeficiente de infiltración calculado con la metodología RAS (recarga de agua subterránea) desarrollada por el Proyecto FORGAES financiado por la Unión Europea en El Salvador y aplicada en otros países centroamericanos.

Los datos mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial (ETP) fueron obtenidos de la base de datos global histórica de WorldClim. Los valores mensuales de ETP fueron ajustados para estimar la evapotranspiración real usando factores de cultivo y tipos de cobertura (Kc) obtenidos de la literatura, los cuales fueron aplicados para realizar las estimaciones a partir del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI por sus siglas en inglés).

El coeficiente Kc se estimó tanto para las zonas arbóreas como no-arbóreas usando las siguientes ecuaciones ajustadas de (R. Parveen and U. Kumar, 2012)<sup>3</sup>:

$$C = e^{-a \left( \frac{NDVI}{b - NDVI} \right)}$$

Dónde: a = 1 y b = 2

$$Kc (\text{arbóreo}) = C + 0.05$$

$$Kc (\text{no-arbóreo}) = C + 0.15$$

El coeficiente de infiltración se basó en la sumatoria de los siguientes factores:

$$\text{Coeficiente de infiltración} = k_p + k_v + k_{fc}$$

Donde:

- ▶ Coeficiente de infiltración por efecto de la pendiente (Kp)
- ▶ Coeficiente de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (Kv)
- ▶ Coeficiente de infiltración por efecto de la textura de suelo (Kfc)

<sup>3</sup> R. Parveen and U. Kumar, «Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand», *Journal of Geographic Information System*, Vol. 4 No. 6, 2012, pp. 588-596. doi: 10.4236/jgis.2012.46061.

**Tabla 12.** Valores de Kp, Kv y Kfc utilizados para determinar el coeficiente de infiltración

VALORES DE KP (PENDIENTE)		VALORES DE KV (TIPO DE COBERTURA)		VALORES DE KFC (TEXTURA DEL SUELO)	
<15%	0.15	Bosque Latifoliado	0.20	FAre	0.40
15-30%	0.10	Cafetales bajo sombra	0.19	FArcAre	0.20
30-50%	0.07	Cafetales secundaria	0.18	F	0.20
50-70%	0.05	Bosque Coníferas	0.15	FL	0.15
>70%	0.01	Cultivos, pastizales	0.10	ArcL	0.15
		Playas, dunas, arena	0.07	FArc	0.10
				FArcL	0.10
				Arc	0.10
				ArcAre	0.10

Los datos de pendiente del terreno se obtuvieron a partir del modelo de elevación de ALOS PALSAR remuestreados a 12.5 m en su versión original y a 3m para ser utilizado en este estudio. Los datos de textura de suelo se generaron a partir de la combinación de los rásteres de proporción de arcilla, limo y arena obtenidos de la base global de SoilGrid. Los tipos de cobertura se obtuvieron de la clasificación de cobertura arbórea generada en este estudio a partir de imágenes satelitales Planet de 3 m de resolución.

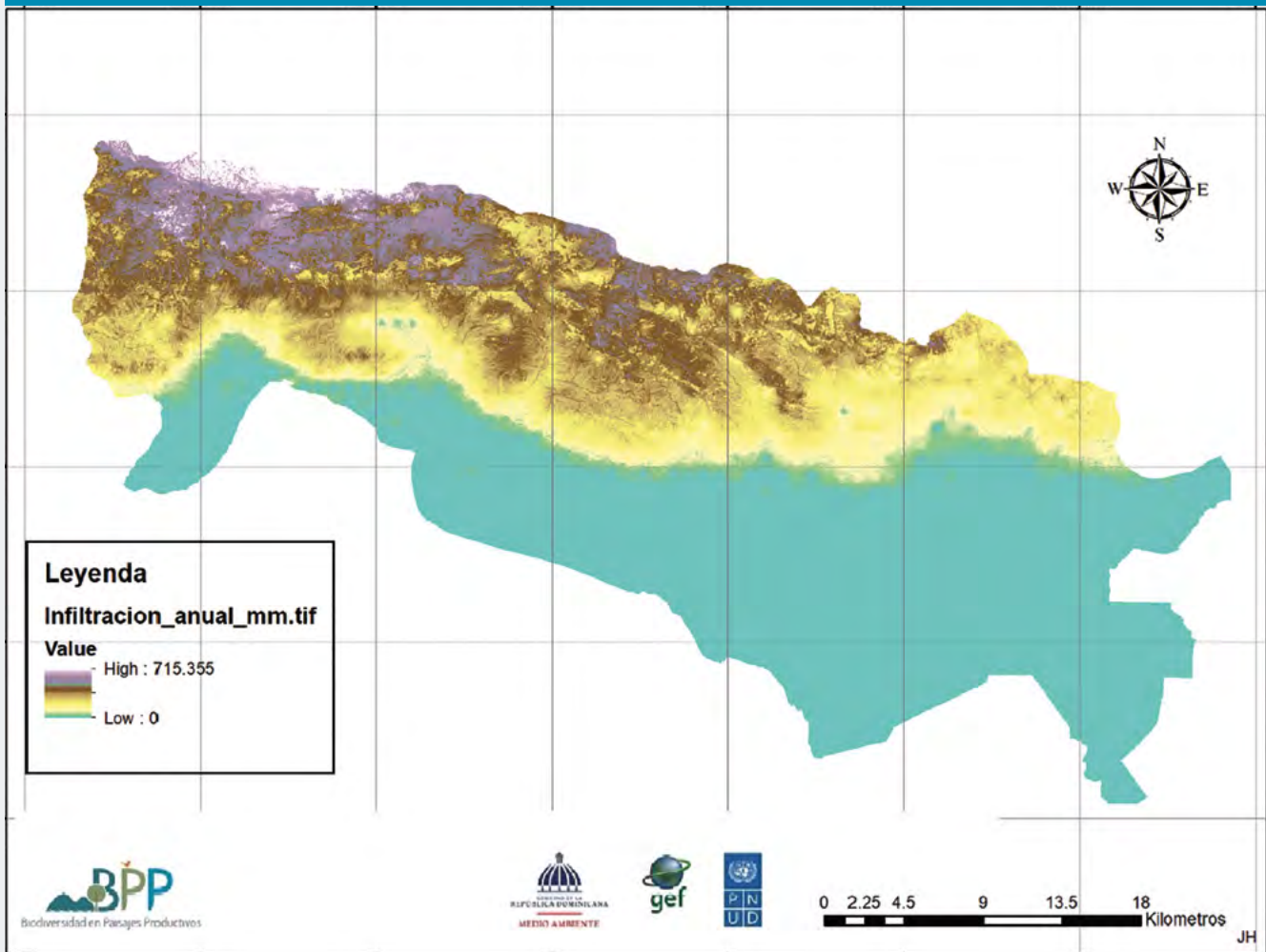
De la suma de los tres factores se obtuvo el coeficiente de infiltración; al multiplicarlo por la disponibilidad de agua anual (balance hídrico climático) se obtuvo el valor de infiltración anual en mm. Se realizó la conversión a m<sup>3</sup> por píxel al realizar las sumatorias a nivel de unidades político-administrativas y de gestión territorial de la zona piloto.

## Infiltración hídrica

### Infiltración promedio en mm/año

Como se explicó al inicio de este capítulo, para obtener el mapa de infiltración se utilizaron diferentes rásteres, entre ellos el NDVI, precipitación, ETP y factores para calcular los coeficientes de infiltración por efecto de la pendiente (Kp) y de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (Kv), así como el de infiltración por efecto de la textura de suelo (Kfc), para con estos tres obtener el coeficiente de infiltración. Este proceso da como resultado el mapa 21 donde se puede observar la infiltración en mm/año, además presenta que en la zona del área protegida (Parque Nacional Sierra de Neiba) es donde ocurre mayor infiltración, y donde menos infiltración se registra es en los municipios de Los Ríos y Postrer Río. Los valores en este mapa se encuentran entre 21 mm/año y 550 mm/año. En la tabla 13 se muestra un resumen de los valores registrados de infiltración en m<sup>3</sup>/píxel.

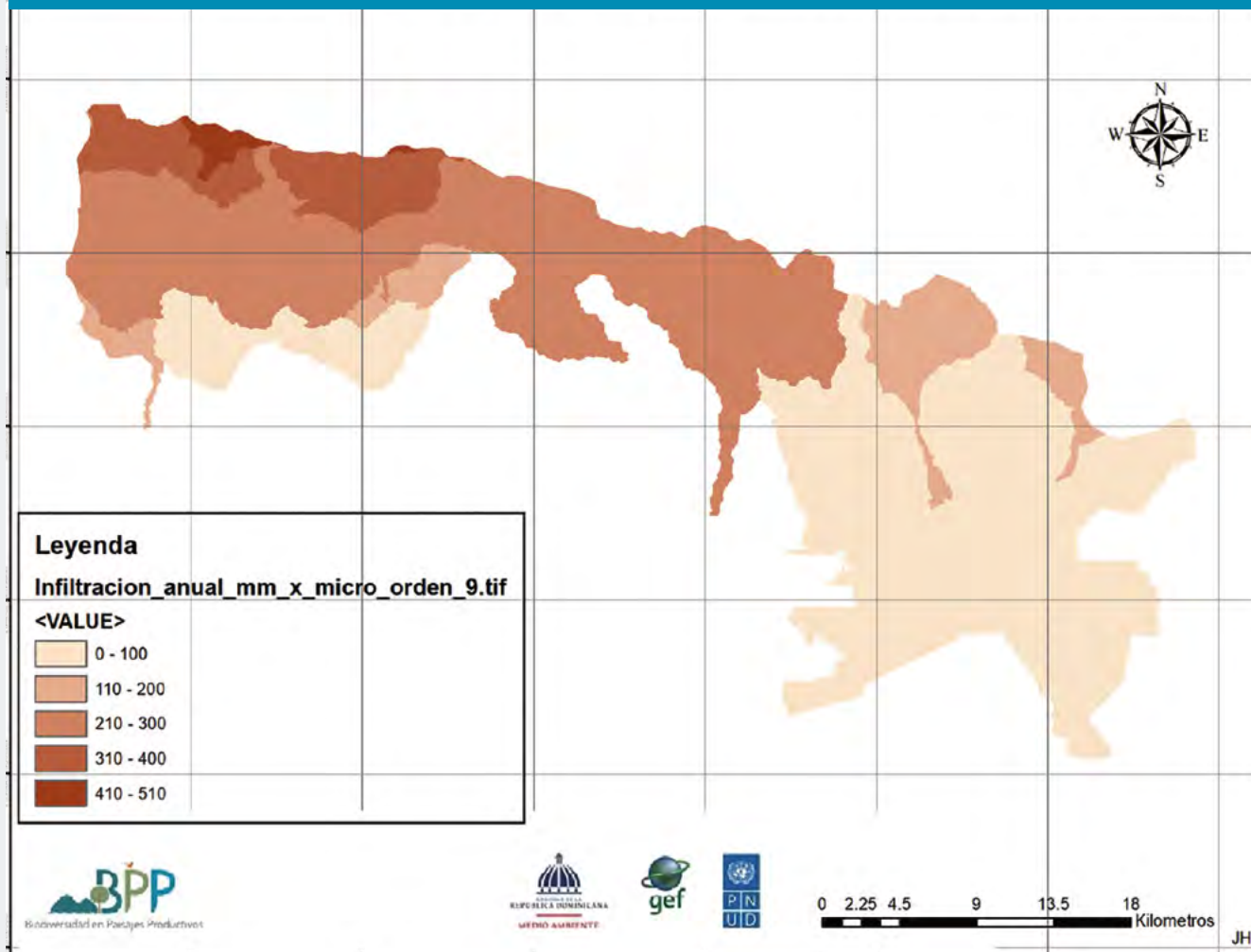
Mapa 19. Infiltración promedio en milímetro por año del área de acción directa del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



### Índice de infiltración por microcuenca de orden 9

En el mapa se puede observar el índice de infiltración con valores de 0 a 1, donde los valores cercanos al 1 son las áreas con mayor capacidad de infiltración y los valores cercanos al 0, las áreas donde ocurre menor o nula. En el mapa de índice de infiltración por microcuenca de orden 9 se observa el comportamiento de infiltración del agua en la misma. En las zonas de tonalidad más oscura es donde se genera la mayor infiltración de la microcuenca de orden 9, mientras en las tonalidades de color claro es donde menos infiltración de agua reciben estas microcuencas; va de 0 a 510 mm anuales.

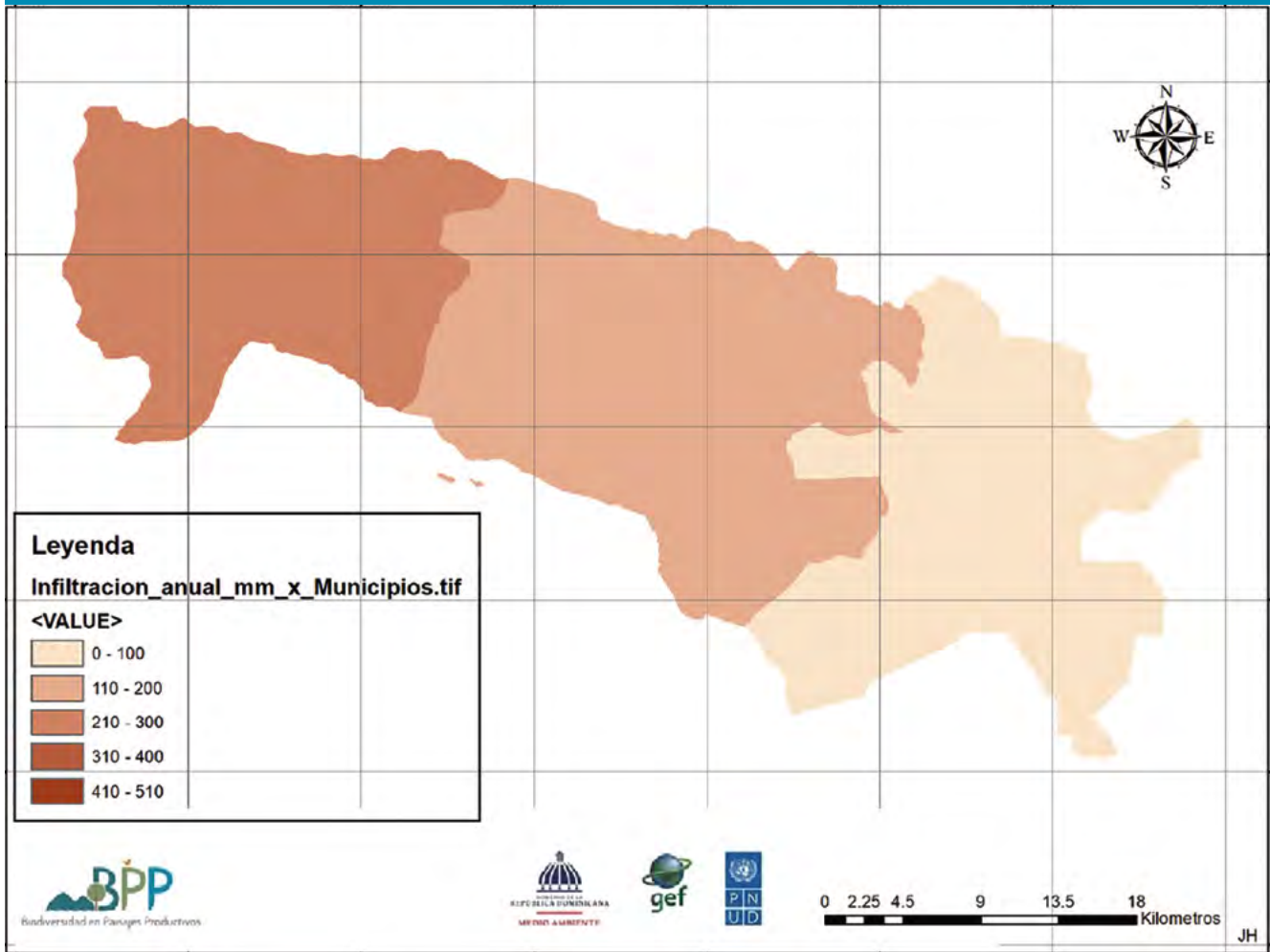
Mapa 20. Índice de infiltración en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la zona piloto del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



### Índice de infiltración por municipios

En el siguiente mapa se puede observar el índice de infiltración por secciones con valores de 1 a 0, donde los valores próximos a 1 son las secciones donde se genera mayor infiltración y las secciones con valores más cercanos al 0 son las áreas donde la infiltración es mínima, según las secciones que se encuentran en el área de influencia del BPP. Este nos indica que los municipios con mayor índice de infiltración son La Descubierta y Postrer Río con infiltración promedio anual de 310 a 400 mm/año; mientras que Galván tiene un índice de infiltración menor de 100 mm/año y Neyba, Villa Jaragua y Los Ríos de 110 a 200.

Mapa 21. Índice de infiltración por municipios del área de acción directa del BPP Vertiente Sur Sierra de Neiba.



### Tablas/gráficos resúmenes de infiltración potencial

Para obtener datos generales de todas las variables político-administrativas se creó un *shapefile* integrado con todos los *shapefiles* de límites político-administrativos y de gestión integrados en un solo archivo y también con los rásteres ajustados de carbono, erosión, infiltración y conectividad. Y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura para obtener las sumatorias de estos rásteres para cada uno de los polígonos.

Al unir el *shapefile* de límites político-administrativos con el ráster de infiltración se unificaron los datos contenidos en sus tablas de atributos y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura con lo que se obtuvo una tabla de atributos con mayor información, incluyendo datos de infiltración por tipo de cobertura en mm/año, así como la infiltración por unidad político-administrativa en mm/año y m<sup>3</sup> por píxel. Además, se obtuvo el índice de infiltración por secciones.

**Tabla 13.** Infiltración promedio mm/año por tipo de cobertura

TIPOS DE COBERTURA	INFILTRACIÓN MM/AÑO
1. Bosque conífera disperso	5,262.78
2. Bosque latifoliado húmedo	41,291.01
3. Bosque de mangles	1.64
4. Bosque seco	13,363.67
5. Café	29,761.86
6. Cuerpos de agua	279.05
7. Escasa vegetación	6,598.76
8. Matorral latifoliado	29,657.74
9. Matorral seco	12,898.65
10. Pasto_agricultura	35,631.05
11. Urbano	526.38
12. Sin cobertura	4,773.80
<b>Total</b>	<b>180,046.41</b>

En la tabla 13 se puede observar que pasto\_agricultura, bosque latifoliado húmedo, bosque seco y café son los tipos de cobertura donde se presenta un mayor promedio de infiltración anual; mientras que los que menos favorecen son las áreas urbanas y sin cobertura.

**Tabla 14.** Infiltración total m3 por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

SECCIÓN	INFILTRACIÓN TOTAL M <sup>3</sup>
ÁNGEL FÉLIX	9,522,898.17
APOLINAR PERDOMO	1,503,821.61
ARROYO SALADO	747,462.35
BARTOLOMÉ	17,268.81
BATEY ISABELA	9,052.90
BATEY 4	6,501.93
BATEY 5	1,408.04
BATEY I	1,210.55
CAÑADA VIEJA	546,770.42
CABEZA DE RÍO	1,389,210.81
COPEY	1,026,423.23
EL AGUACATE	2,513,324.80
EL BARRO	1,090,371.25
EL ESTERO	37,175.82
EL MAMÓN	457,957.30
EL MANGUITO	204,163.79
EL MANIEL	2,100,169.85
EL PALMAR	12,683.24
EL PALMAR (ZONA URBANA)	124.30
EL RODEO (MAJAGUAL)	345,212.00
EL SALADO (ZONA URBANA)	118.49

SECCIÓN	INFILTRACIÓN TOTAL M <sup>3</sup>
GALVÁN (ZONA URBANA)	2,407.33
GUAYABAL	671,882.65
GUAYABAL (ZONA URBANA)	45,732.74
HIGO DE LA CRUZ	3,390,415.28
LA DESCUBIERTA (ZONA URBANA)	7,564.41
LAS CAÑITAS	3,235,555.70
LAS CLAVELLINAS (ZONA URBANA)	384.75
LAS PETACAS	1,199,804.48
LAS TEJAS	2,274,031.92
LOS BOLOS	3,751,798.70
LOS GUINEOS	286,200.42
LOS MOSQUITOS	2,709,562.27
LOS PINOS	6,178,166.96
LOS RÍOS (ZONA URBANA)	3,407.74
LOS ROAS	876,480.42
MATA DE NARANJA	992,016.09
NEIBA (ZONA URBANA)	5,781.36
PIE DE LOMA	724,329.30
POSTRER RÍO (ZONA URBANA)	37,767.88
RAÍZ PICADA	1,518,673.01
TAMARINDO	33,057.06
VILLA JARAGUA (ZONA URBANA)	1,230.22
<b>TOTAL</b>	<b>49,479,580.36</b>

En la tabla 14 se presenta el resumen de los m<sup>3</sup> de agua de infiltración que se producen en cada una de las áreas (secciones) que conforman la zona piloto del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos (BPP). En la sección de Ángel Félix es donde se observa mayor infiltración con 9.522 millones de m<sup>3</sup>, seguida por la sección Los Pinos con 6.178 millones de m<sup>3</sup>; mientras que las áreas urbanas de Las Clavellinas, El Palmar y El Salado es donde se observa menos infiltración con 384.75, 124.30 y 118.49 m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Tabla 15.** Índice de infiltración por secciones del área de acción directa de la zona piloto del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.

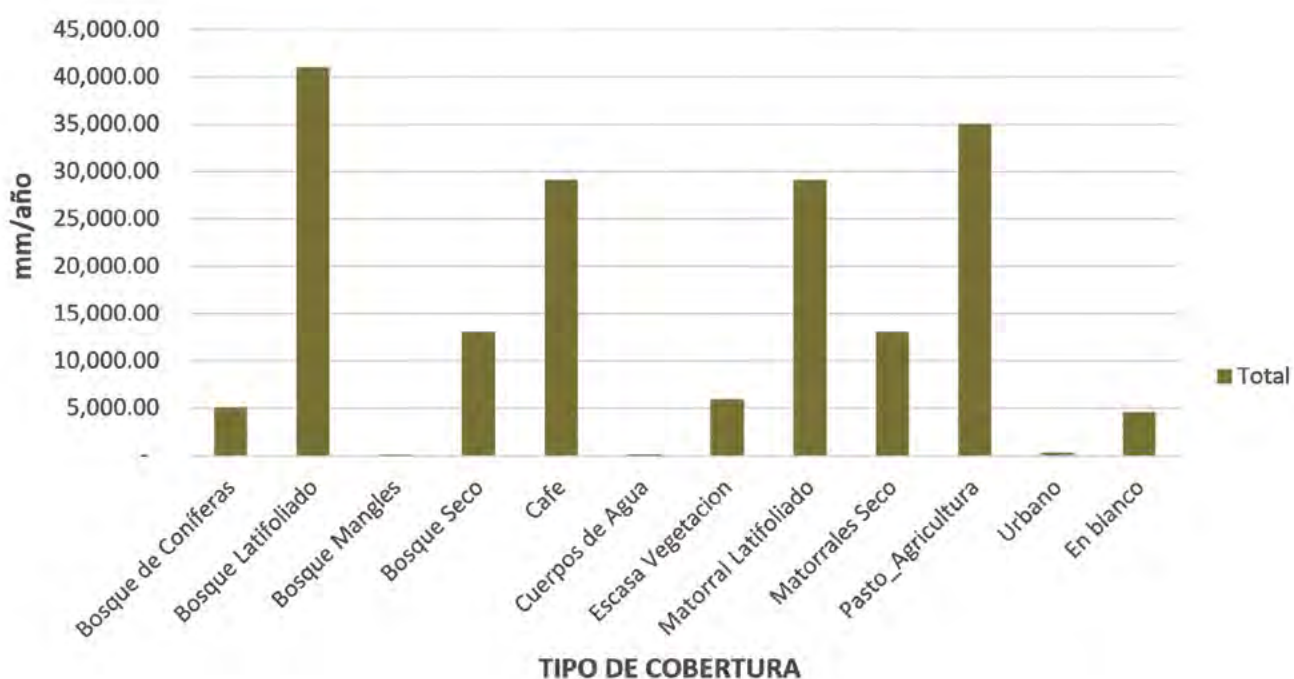
ÁNGEL FÉLIX	37.54
APOLINAR PERDOMO	10.74
ARROYO SALADO	2.76
BARTOLOMÉ	0.28
BATEY ISABELA	0.03
BATEY 4	0.08
BATEY 5	0.00
BATEY I	0.00
CAÑADA VIEJA	4.47
CABEZA DE RÍO	9.23
COPEY	6.70
EL AGUACATE	11.26
EL BARRO	2.01
EL ESTERO	0.19
EL MAMÓN	1.91
EL MANGUITO	1.09
EL MANIEL	16.29
EL PALMAR	0.09
EL PALMAR (ZONA URBANA)	0.01
EL RODEO (MAJAGUAL)	3.01
EL SALADO (ZONA URBANA)	0.01
GALVÁN (ZONA URBANA)	0.13
GUAYABAL	8.98
GUAYABAL (ZONA URBANA)	3.09
HIGO DE LA CRUZ	11.15
LA DESCUBIERTA (ZONA URBANA)	0.31
LAS CAÑITAS	7.74
LAS CLAVELLINAS (ZONA URBANA)	0.02
LAS PETACAS	5.22
LAS TEJAS	8.31
LOS BOLOS	29.75
LOS GUINEOS	2.74
LOS MOSQUITOS	16.34
LOS PINOS	19.91
LOS RÍOS (ZONA URBANA)	0.03

LOS ROAS	8.68
MATA DE NARANJA	8.34
NEIBA (ZONA URBANA)	0.05
PIE DE LOMA	2.08
POSTRER RÍO (ZONA URBANA)	0.28
RAÍZ PICADA	10.49
TAMARINDO	0.35
VILLA JARAGUA (ZONA URBANA)	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>251.69</b>

En la tabla 15 se presenta el resumen de índice de infiltración para cada una de las secciones que conforman la zona piloto. El índice de infiltración mayor se presenta en Ángel Félix con 37.54, seguido por Los Bolos con 29.75 y Los Pinos con 19.91; mientras que los índices de infiltración de menor valor se presentan en El Palmar, Batey I y Batey 5, respectivamente.

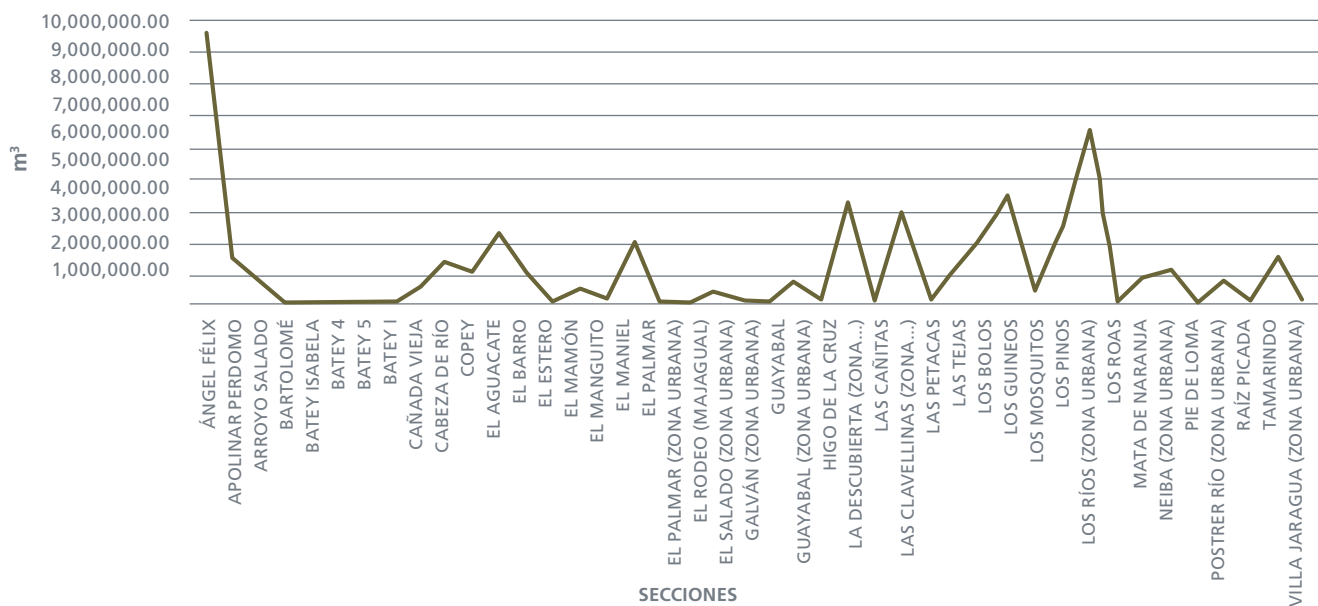
### Gráficos resúmenes de infiltración potencial

**Gráfico 4.** Infiltración promedio mm/año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



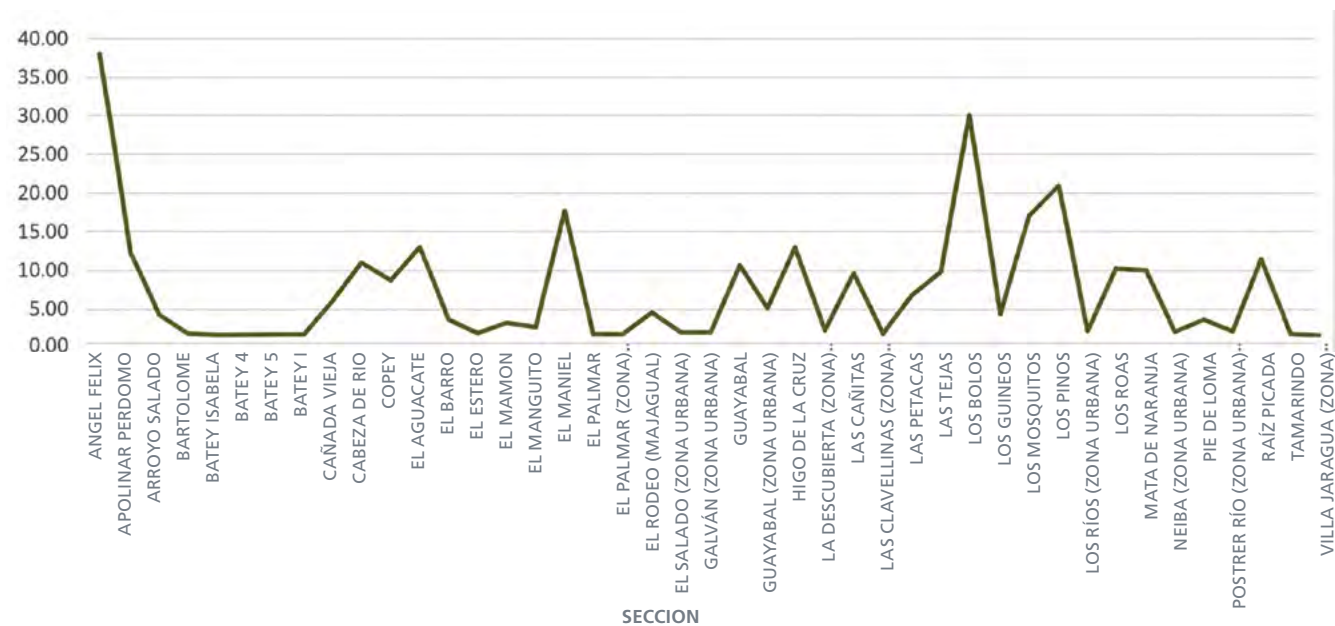
En el gráfico 4 se puede observar que los tipos de coberturas que más favorecen a la infiltración hídrica son el bosque de latifoliado, seguido por área de pasto\_agricultura, café y matorral latifoliado; mientras que el menor potencial de infiltración corresponde a las áreas urbanas, donde no hay bosques.

**Gráfico 5.** Infiltración total m3 por secciones del área de acción directa de la zona piloto del BPP en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



En el gráfico 5 se puede observar que la sección de Ángel Félix es donde se tienen mayores picos de infiltración total, seguidas por Los Pinos, Los Bolos, Las Cañitas, Higo de la Cruz y Los Mosquitos. Mientras que los valores mínimos se encuentran en las áreas urbanas. Los valores de cada uno se pueden observar en la tabla No. 14.

**Gráfico 6.** Índice de infiltración por secciones del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



En el gráfico 6 se puede observar que la sección Ángel Félix, perteneciente al municipio de La Descubierta, es donde se tiene un mayor pico en el índice de infiltración, con un valor de 37.54, seguido por las secciones de Los Bolos, Los Pinos, Los Mosquitos y El Maniel, respectivamente; mientras que los picos mínimos se encuentran en las zonas pobladas de las secciones El Salado y El Palmar.





4

EROSIÓN

## Capítulo IV: Erosión

### 4.1 Introducción y metodología

Para estimar la erosión potencial anual del territorio en la zona de estudio se aplicó la ecuación universal de pérdida de suelos (*USLE por sus siglas en inglés*), mediante el análisis espacial con sistemas de información geográfica, de los parámetros siguientes:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A = erosión (ton/ha.año)

R = erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.h)

K = erosionabilidad del suelo (ton.ha.h-ha /ha.MJ.mm)

L = longitud de la ladera (adimensional)

S = pendiente del terreno (adimensional)

C = cobertura vegetal (adimensional)

P = prácticas de conservación y manejo (adimensional)

El **factor R** (erosividad de la lluvia) se calculó a partir del índice modificado de founrier (IMF) aplicando la siguiente ecuación:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

Donde:

Pi = precipitación de cada mes (mm)

Pt = precipitación media anual (mm)

Los datos de precipitación fueron obtenidos de la base global del WorldClim interpolados en píxeles de 3 m a partir de una malla sistemática de puntos de 1 km generada a partir del grid original.

A partir del IMF el factor R se puede calcular según la ecuación ajustada por Arnoldus (1998), la cual ha sido aplicada en Nicaragua y en estudios de mapeo digital en El Salvador.

$$R = (4.17 * MFI) - 152$$

Para el cálculo del **factor K** (erosionabilidad del suelo) se aplicó la ecuación de:

$$K_{USLE} = f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand}$$

Donde:

**fcsan** es el factor que asigna baja erodabilidad a suelos con contenido alto de arena-gruesa y asigna alta erodabilidad a suelos con arena más fina. Se calculó con la siguiente formula:

$$f_{csand} = \left( 0.2 + 0.3 \cdot \exp \left[ -0.256 \cdot m_s \cdot \left( 1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$m_{silt}$  = contenido de limo (%)

$f_{cl-si}$  es el factor que asigna baja erodabilidad a suelos con altas proporciones de arcilla y limo. Se calculó con la siguiente formula:

$$f_{cl-si} = \left( \frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$m_{silt}$  = contenido de limo (%)

$m_c$  = contenido de arcilla (%)

**forgc** es el factor que asigna baja erodabilidad a suelos con alto contenido de carbono orgánico. Se calculó con la siguiente formula:

$$f_{orgC} = \left( 1 - \frac{0.25 \cdot orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 \cdot orgC]} \right)$$

$orgC$  = contenido de carbono orgánico (%)

**fhisand** es el factor que asigna baja erodabilidad a suelos con contenido extremadamente alto de arena.

$$f_{hisand} = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot \left( 1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left( 1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[ -5.51 + 22.9 \cdot \left( 1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right)$$

$m_s$  = contenido de arena (%)

Los datos de porcentaje de arena, limo, arcilla y carbono orgánico se obtuvieron de la base de 250 m de SoilGrid, remuestreados a 3 m aplicando un procedimiento que consistió en obtener los valores promedios de las variables para los polígonos conformados por las geoformas, la curvatura y las áreas de drenaje (pequeñas microcuencas).

El factor L (longitud de ladera) y el factor S (pendiente del terreno) se calculó dentro de un mismo procedimiento como **factor LS** utilizando la siguiente formula:

$$LS = (A/22.13)^{0.6} (\sin B/0.0896)^{1.3}$$

Donde:

**A:** factor que contribuye a la pendiente ascendente

**B:** ángulo de la pendiente en radianes. Para convertir de grados a radianes multiplicar por:

$$\frac{\pi}{180^\circ}$$

Se generó un ráster de acumulación de flujo para obtener el factor A y la pendiente se calculó a partir del modelo de elevación de 12.5 m de ALOSPALSAR remuestreado a 3 m. La fórmula implementada en ArcGIS considerando estos cálculos fue la siguiente:

$$LS = \text{Pow}([\text{flow accumulation}] \text{ resolution}/22.13, 0.6) \times \text{Pow}(\text{Sin}([\text{slope of DEM}] \times 0.01745/0.0896, 1.3)$$

En el cálculo de L, a partir de la acumulación de flujo, se restringió a una longitud máxima de 75 m equivalente a 25 píxeles de 3 m.

El **factor C** (cobertura vegetal) se calculó a partir del NDVI (obtenido de imágenes satelitales Planet de 3 m de resolución) utilizando la ecuación de R. Parveen y U. Kumar, 2012).<sup>4</sup> Sin embargo, al aplicar la ecuación se observó que arrojaba valores para las zonas de bosque más altos que los encontrados en los estudios realizados en la región. Por esa razón se realizó un ajuste agregando una máscara de bosque que reemplazó por 0.05 los valores de NDVI que coincidieron con la misma.

El **factor P** (prácticas de conservación y manejo de suelos) se asumió con valor 1, ya que no se contó con un ráster reclasificado por tipo de prácticas de conservación de suelos que permitiera asignar los respectivos factores. (El factor P varía de 0 a 1, siendo 1 para la ausencia de obras de conservación).

Al multiplicar los diferentes factores se obtuvo la erosión en Ton/ha.año. Estos datos fueron convertidos a erosión por píxel y se utilizaron para realizar las sumatorias dentro de las unidades político-administrativas y de gestión del territorio piloto.

Los valores de erosión pueden ser interpretados utilizando los siguientes criterios:

<sup>4</sup> R. Parveen y U. Kumar, «Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand», *Journal of Geographic Information System*, Vol. 4 No. 6, 2012, pp. 588-596. doi: 10.4236/jgis.2012.46061.

**Tabla 16.** Pérdida de suelo en ton/ha/año

PÉRDIDA DE SUELO (TON/HA/AÑO)	INTERPRETACIÓN
0	Zonas no susceptibles al proceso erosivo, como pueden ser espacios urbanos, carreteras, embalses, etc.
0-5	Zonas con niveles de erosión muy bajos y pérdidas de suelo tolerables. No hay erosión neta.
10 -25	Zonas con procesos erosivos leves. Existe erosión, aunque no es apreciable a simple vista.
25 - 50	Zonas con procesos erosivos moderados. Existe erosión, aunque puede no ser apreciable a simple vista.
50 – 100	Zonas con procesos erosivos graves. Existe erosión y es apreciable a simple vista.
100 - 200	Zonas con procesos erosivos muy graves. Existe erosión y se manifiesta a simple vista.
> 200	Zonas con procesos erosivos extremos. Existe erosión y es evidente a simple vista.

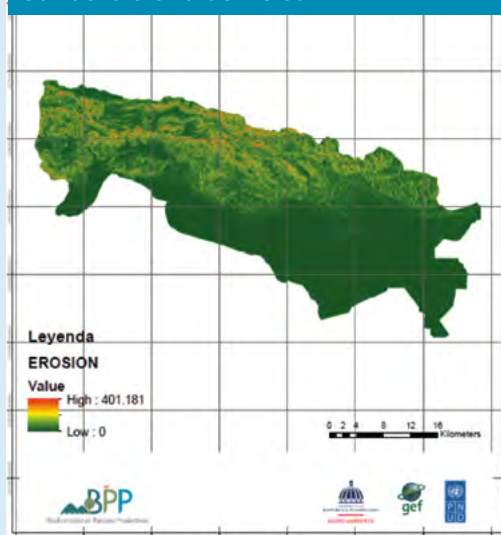
### Erosión potencial

#### Erosión promedio en ton/ha/año

Como se explicó al inicio de este capítulo el ráster de erosión se obtuvo a través de la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE por sus siglas en inglés),  $A= R*K*L*S*C*P$ . Cada una de estas variables (erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo,

longitud de ladera, pendiente del terreno, cobertura vegetal y prácticas de manejo) se analizó de manera independiente para, finalmente, obtener el mapa de erosión donde se puede observar que en el área donde se genera más erosión es en los municipios de Los Ríos y Villa Jaragua y donde menos erosión se genera es en la Descubierta y Hondo Valle. En la tabla 17 se podrán observar los valores registrados de erosión en ton/ha. año para cada sección de la zona piloto.

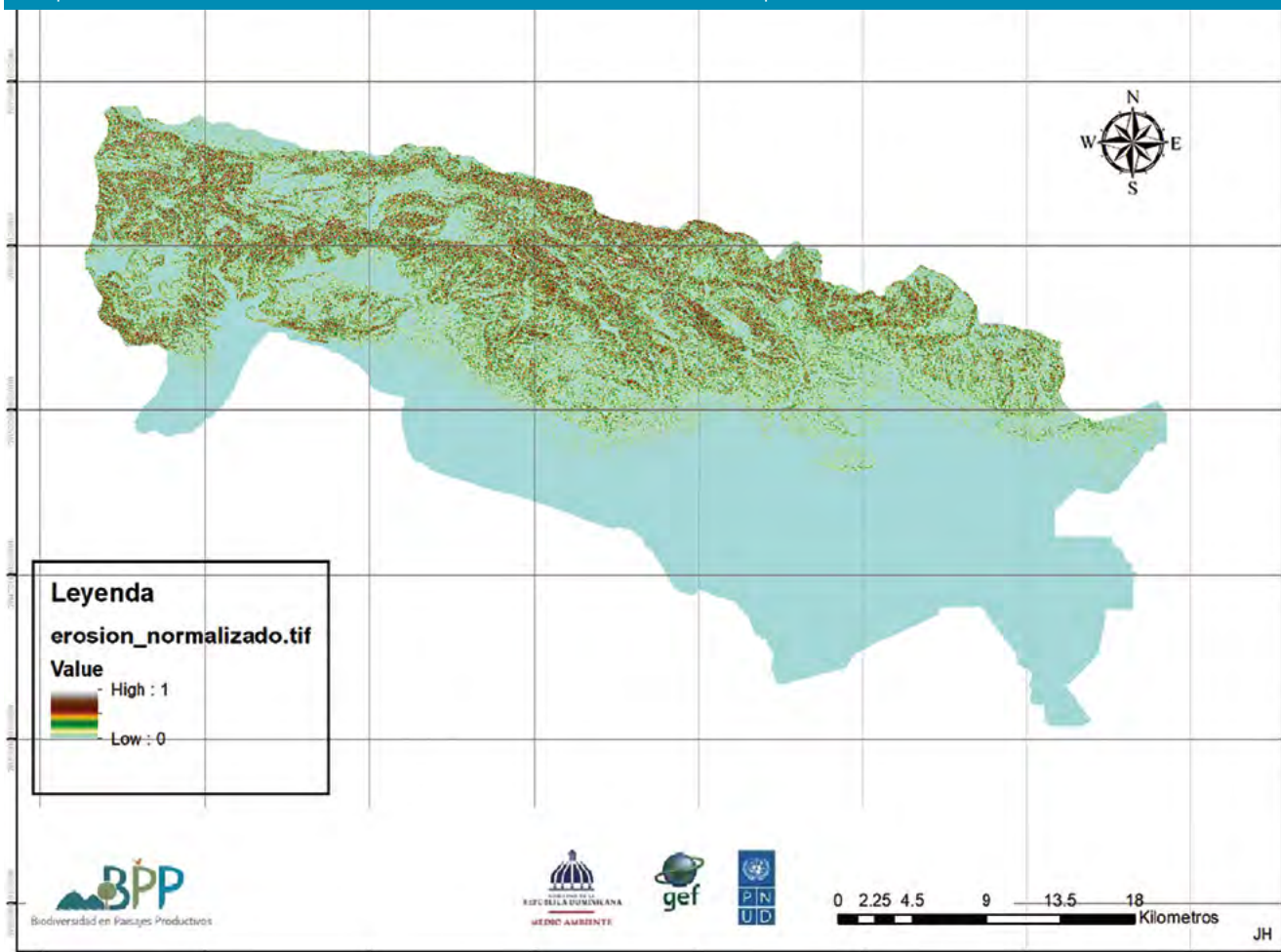
**Mapa 22.** Toneladas por hectárea de erosión promedio por año en la Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



#### Índice de erosión por microcuencas de orden 9

En el siguiente mapa se puede observar el índice de erosión con valores de 0 a 1, donde los valores cercanos a 1 son las áreas con menor o nula erosión y los valores cercanos al 0, las áreas donde se encuentra mayor erosión del suelo. En el mapa de microcuencas de orden 9 se puede observar la dinámica de erosión por el arrastre del suelo a causa del agua.

Mapa 23. Índice de erosión del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



### Índice de erosión por unidad político-administrativa

En el siguiente mapa se puede observar el índice de erosión por secciones con valores de 0 a 1, donde los valores próximos a 1 son las secciones donde se genera menor erosión del suelo y las secciones con valores más cercanos al 0 son las áreas donde se genera una mayor erosión del suelo, según las secciones que se encuentran en el área de influencia del proyecto. Los valores obtenidos en la sección de La Ciénaga indican un índice de erosión igual a 1 y las secciones con un índice de erosión igual o próximo a 0 son Los Mosquitos, Cañada Vieja y Cabeza de Río; todas pertenecientes al municipio de Los Ríos, provincia Bahoruco.



8. Matorral latifoliado	6,193.66
9. Matorral seco	2,953.88
10. Pasto_agricultura	6,765.95
11. Urbano	85.07
12. Sin cobertura	692.23
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,578.73</b>

En la tabla 17 se puede observar que la cobertura pasto\_agricultura, matorral latifoliado y bosque latifoliado son los tipos de cobertura con mayor erosión potencial o pérdida de suelos.

**Tabla 18.** Erosión total en ton/ha/año por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

SECCIÓN	EROSIÓN TOTAL TON/HA/AÑO
1. ÁNGEL FÉLIX	131,330,299.43
2. APOLINAR PERDOMO	35,592,504.08
3. ARROYO SALADO	26,059,033.96
4. BARTOLOMÉ	276,358.01
5. BATEY ISABELA	539,010.11
6. BATEY 4	144,506.40
7. BATEY 5	174,986.03
8. BATEY I	328,722.21
9. CAÑADA VIEJA	14,418,078.51
10. CABEZA DE RÍO	37,217,173.03
11. COPEY	27,455,178.87
12. EL AGUACATE	56,363,660.26
13. EL BARRO	29,909,554.17
14. EL ESTERO	1,899,489.93
15. EL MAMÓN	15,809,578.74
16. EL MANGUITO	7,043,463.69
17. EL MANIEL	30,179,921.99
18. EL PALMAR	302,230.62
19. EL PALMAR (ZONA URBANA)	21,829.04
20. EL RODEO (MAJAGUAL)	12,400,294.53
21. EL SALADO (ZONA URBANA)	12,022.71
22. GALVÁN (ZONA URBANA)	57,812.26
23. GUAYABAL	15,986,216.55
24. GUAYABAL (ZONA URBANA)	256,747.53
25. HIGO DE LA CRUZ	76,464,485.92
26. LA DESCUBIERTA (ZONA URBANA)	608,802.79
27. LAS CAÑITAS	73,316,171.54
28. LAS CLAVELLINAS (ZONA URBANA)	55,293.41
29. LAS PETACAS	30,622,455.01
30. LAS TEJAS	77,966,581.81
31. LOS BOLOS	58,068,304.87
32. LOS GUINEOS	8,172,781.50

33. LOS MOSQUITOS	76,712,544.07
34. LOS PINOS	144,691,875.92
35. LOS RÍOS (ZONA URBANA)	67,802.75
36. LOS ROAS	24,213,278.75
37. MATA DE NARANJA	24,073,796.98
38. NEIBA (ZONA URBANA)	319,412.46
39. PIE DE LOMA	17,419,598.97
40. POSTRER RÍO (ZONA URBANA)	3,080,191.66
41. RAÍZ PICADA	22,601,397.45
42. TAMARINDO	2,297,071.55
43. VILLA JARAGUA (ZONA URBANA)	194,669.92
<b>Total</b>	<b>1,084,725,189.97</b>

En la tabla 18 se presenta el resumen de la erosión potencial total en ton/ha.año que se encuentra en cada una de las secciones que conforman la zona piloto. En las secciones de Los Pinos, Ángel Félix, Las Tejas, Los Mosquitos e Higo de la Cruz son donde se observa mayor erosión potencial, con valores superiores a 76,464,485.92 ton/ha/año, mientras que las secciones donde se observó valores de erosión menores fueron en las áreas urbanas de las partes más bajas, como son Los Ríos, Galván, Las Clavellinas, El Palmar y El Salado.

**Tabla 19.** Índice de erosión por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

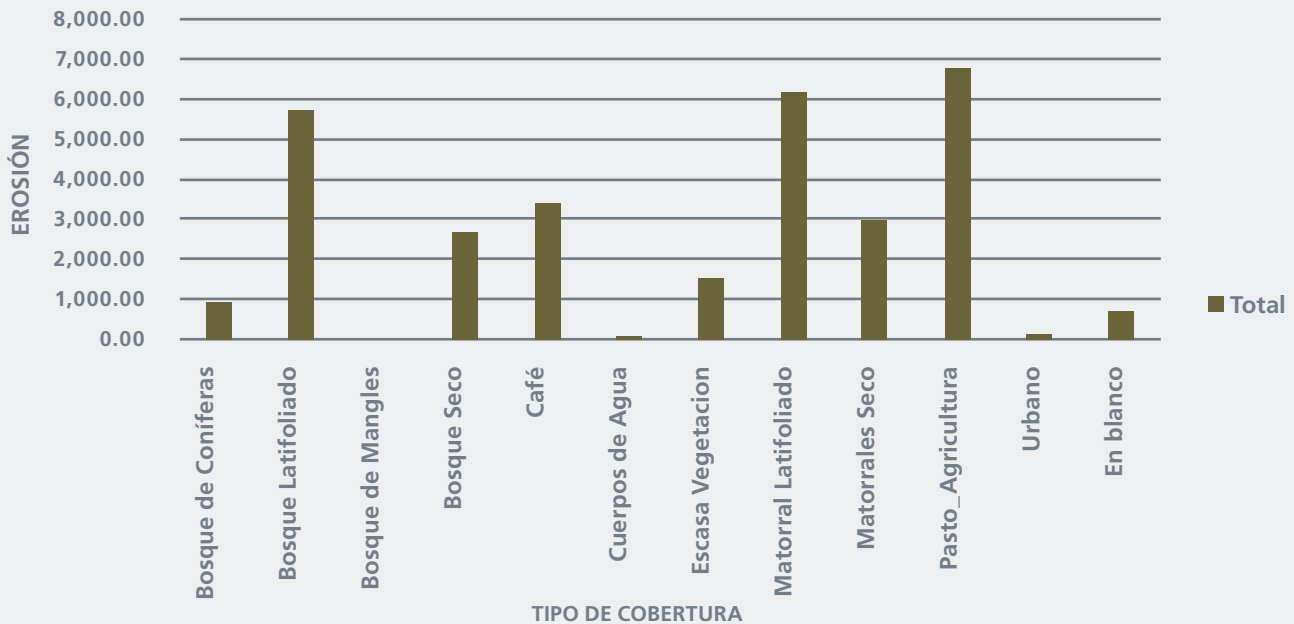
SECCIÓN	ÍNDICE DE EROSIÓN
1. ÁNGEL FÉLIX	11.50
2. APOLINAR PERDOMO	4.00
3. ARROYO SALADO	0.88
4. BARTOLOMÉ	0.18
5. BATEY ISABELA	0.09
6. BATEY 4	0.03
7. BATEY 5	0.01
8. BATEY I	0.03
9. CAÑADA VIEJA	2.33
10. CABEZA DE RÍO	4.36
11. COPEY	3.61
12. EL AGUACATE	6.13
13. EL BARRO	0.63
14. EL ESTERO	0.27
15. EL MAMÓN	1.11
16. EL MANGUITO	1.05

17. EL MANIEL	4.15
18. EL PALMAR	0.04
19. EL PALMAR (ZONA URBANA)	0.03
20. EL RODEO (MAJAGUAL)	2.28
21. EL SALADO (ZONA URBANA)	0.02
22. GALVÁN (ZONA URBANA)	0.05
23. GUAYABAL	4.39
24. GUAYABAL (ZONA URBANA)	0.39
25. HIGO DE LA CRUZ	5.14
26. LA DESCUBIERTA (ZONA URBANA)	0.32
27. LAS CAÑITAS	3.50
28. LAS CLAVELLINAS (ZONA URBANA)	0.02
29. LAS PETACAS	3.28
30. LAS TEJAS	5.19
31. LOS BOLOS	8.71
32. LOS GUINEOS	2.24
33. LOS MOSQUITOS	8.02
34. LOS PINOS	7.40
35. LOS RÍOS (ZONA URBANA)	0.02
36. LOS ROAS	4.17
37. MATA DE NARANJA	3.02
38. NEIBA (ZONA URBANA)	0.05
39. PIE DE LOMA	0.75
40. POSTRER RÍO (ZONA URBANA)	0.29
41. RAÍZ PICADA	3.18
42. TAMARINDO	0.27
43. VILLA JARAGUA (ZONA URBANA)	0.03
<b>Total</b>	<b>103.15</b>

En la tabla 19 se presenta el resumen de índice de erosión para cada una de las secciones que conforman la zona piloto. En la sección de Ángel Félix es donde se encuentra el mayor índice de erosión con un valor de 11.5, seguido por Los Bolos con 58.71 y Los Mosquitos con 8.02, mientras que el menos índice de erosión se presenta en las partes bajas y/o urbanas.

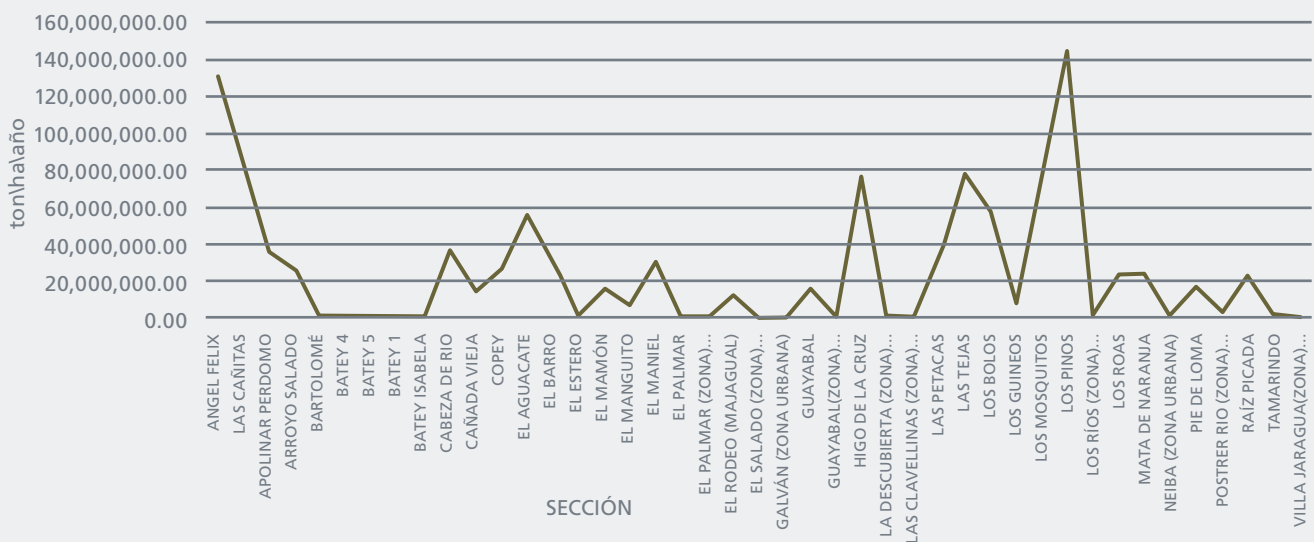
## Gráficos resúmenes de erosión potencial

**Gráfico 7.** Erosión promedio ton/ha/año por tipo de cobertura del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



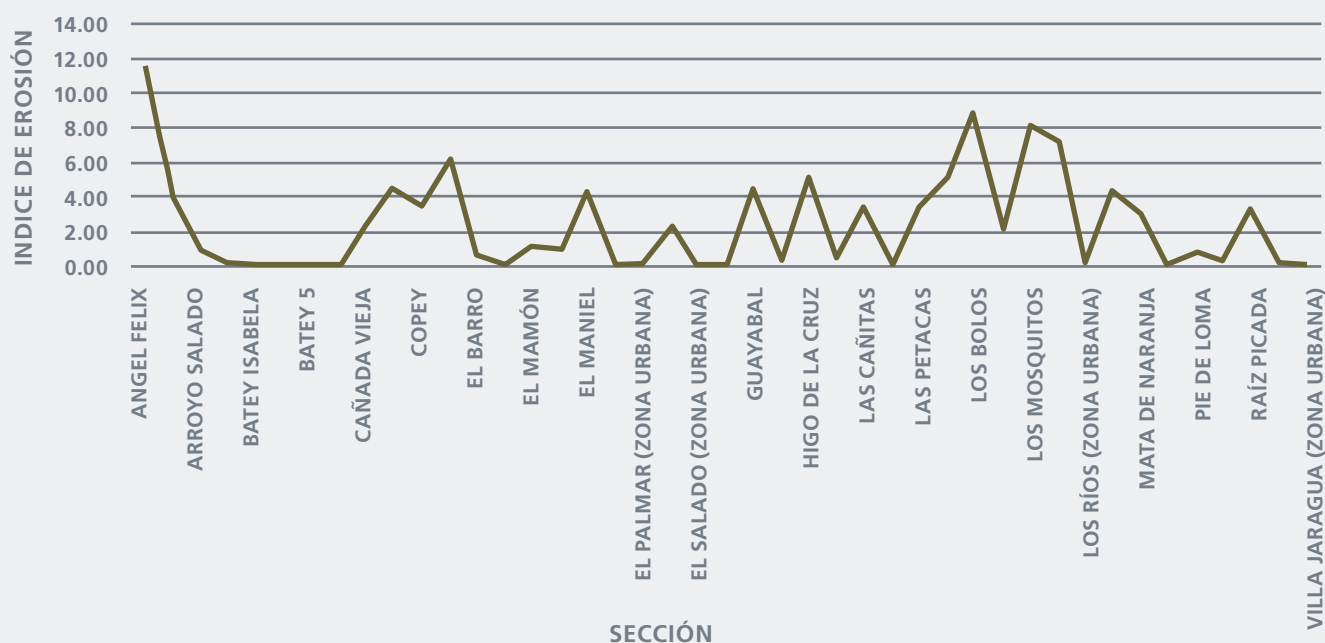
En el gráfico 7 se puede observar que los tipos de cobertura que más inciden en que se genere erosión son pasto\_agricultura, seguido por matorral y bosque latifoliado; por otra parte, los que ayudan a que no se genere la erosión son el bosque latifoliado húmedo y el bosque de conífera.

**Gráfico 8.** Erosión total ton/ha/año por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



En el gráfico 8 se puede observar que las secciones donde se encuentran los mayores picos de valor de erosión son Los Pinos, Ángel Félix, Las Tejas, Los Mosquitos e Higo de la Cruz; en cambio, los valores más bajos se presentan en El Salado, El Palmar y Las Clavellinas.

Gráfico 9. Índice de erosión por secciones del área de acción directa de la zona piloto del BPP.



En el gráfico 9 se puede observar que en las secciones Ángel Félix, Los Bolos y Los Mosquitos es donde se tienen mayores picos de valor del índice de erosión; mientras que los valores mínimos se encuentran en las secciones mayormente urbanas en las zonas más bajas.





5

CONECTIVIDAD

## Capítulo V: Conectividad

Se calculó un índice de conectividad biológica estructural del paisaje utilizando el concepto de rutas de costo mínimo de desplazamiento a través de los parches de vegetación más próximos. Adicionalmente el procedimiento aplicado permitió trazar rutas óptimas de conectividad dentro de la zona piloto.

### Metodología

El análisis de conectividad estructural aplicado requirió de la selección y definición de parches núcleo de bosques a conectar (parches objetivo). También se definió una superficie de resistencia al desplazamiento de las especies, determinada por el inverso del NDVI normalizado (1-NDVI normalizado).

Para obtener los corredores óptimos de conectividad entre los parches objetivo se utilizó el algoritmo de costo-conectividad incluido en las herramientas de análisis espacial de ArcGIS. También, de este mismo software, se utilizó el algoritmo de costo-distancia para obtener la superficie de conectividad tanto hacia los corredores óptimos como hacia los parches objetivos.

El índice de conectividad se generó en dos pasos. El primero consistió en la obtención de un índice normalizado a partir de la suma de (a) la superficie de costo-conectividad (normalizada) hacia los parches núcleo objetivo, más (b) la superficie de costo-distancia (normalizada) hacia los corredores óptimos. En el segundo paso, el índice obtenido en el primer paso se sumó con (c) la superficie de vegetación normalizada obtenida del NDVI multiplicada por 0.5. De esta forma el índice de conectividad asigna valores más altos a los píxeles que se encuentran en la ruta de los corredores óptimos y a las zonas con alta cobertura arbórea.

### Conectividad biológica del paisaje

Para obtener el mapa de conectividad biológica se incluye el parche boscoso de la Sierra de Neiba como un parche a conectar, calculando el NDVI solamente del área boscosa y unificando a este ráster los parches objetivos, para así obtener los parches a ser conectados y los corredores óptimos, según se muestra en el mapa No.26 a continuación.

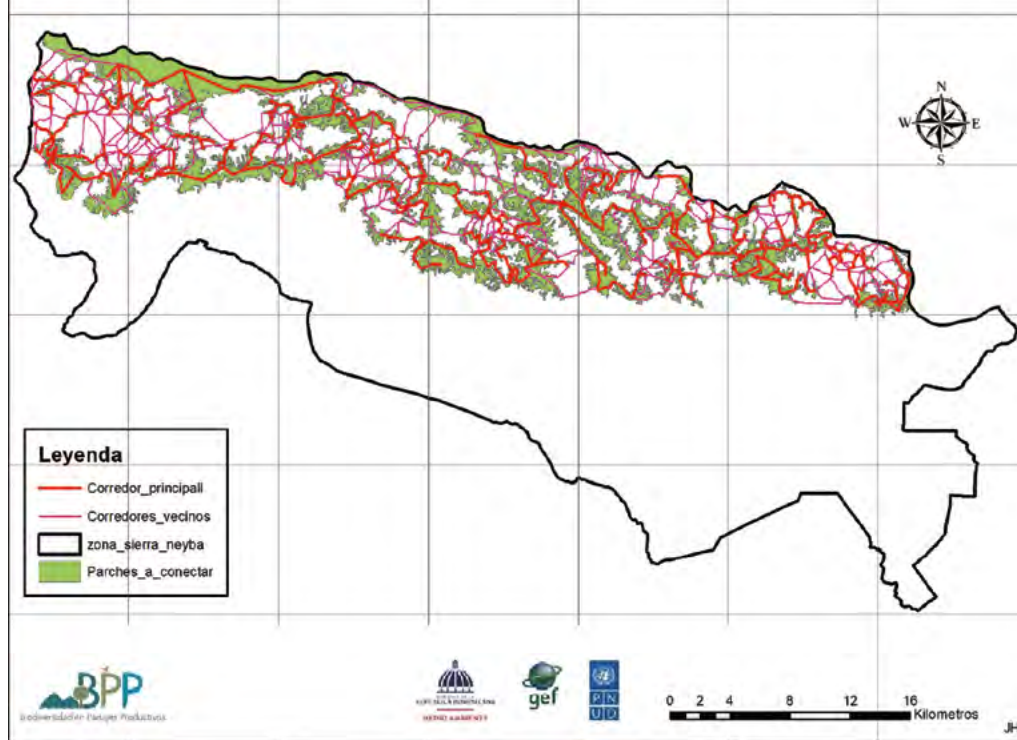
Tal como se explica en el inicio del capítulo, para obtener el índice de conectividad se procedió a sumar el mapa de conectividad con el producto del NDVI normalizado por 0.5 y a este se le realizaron ajustes para obtener una métrica que mida el grado de conexión física entre los fragmentos de cada tipo de cobertura, como indicador indirecto de la conectividad espacial. Para ello se calculó el índice de conectividad incorporado en el software FRAGSTATS.

Este cálculo en FRAGSTATS corresponde a la métrica (de clase) CONNECT, la cual arroja valores en porcentaje entre 0 y 100, y es igual a 0 cuando la clase consiste en un solo fragmento aislado o ninguno de los fragmentos está conectado, y es igual a 100 cuando todos los fragmentos de la clase están conectados.

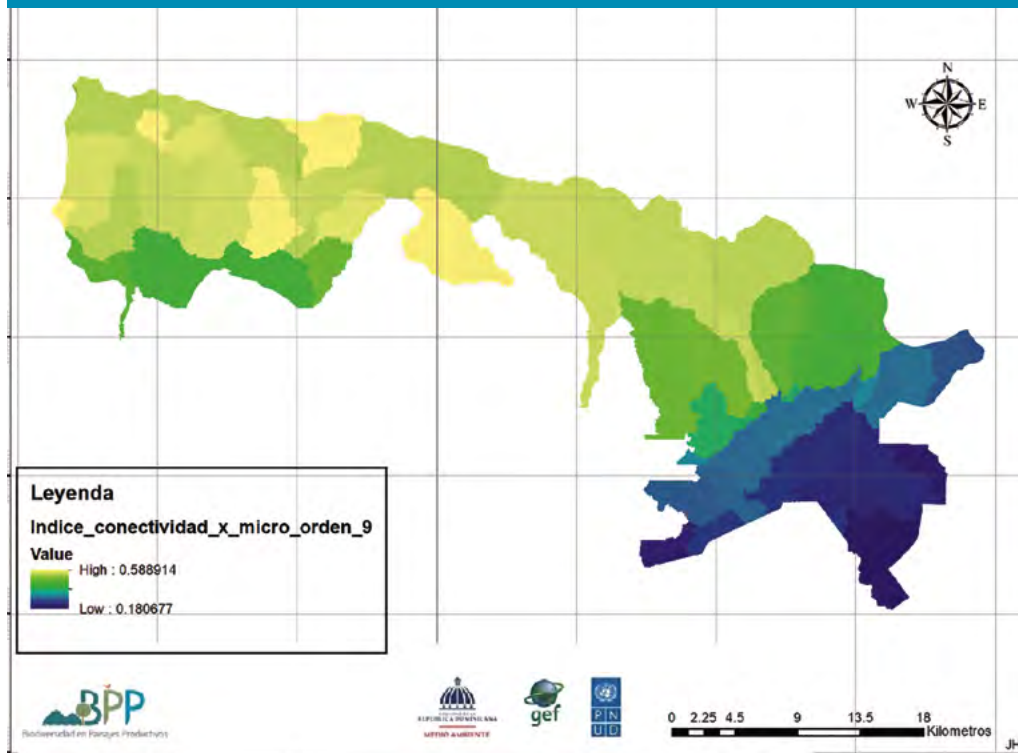
### Índice de conectividad por microcuena de orden 9

En el siguiente mapa se puede observar el índice de conectividad con valores de 0 a 1, donde los valores cercanos a 1 son las áreas con mayor potencial de conectividad y los valores cercanos al 0, las áreas donde se encuentra menor potencial de conectividad de los ecosistemas. En el mapa de microcuenas de orden 9 se puede observar la dinámica de la conectividad de diferentes zonas a causa de las microcuenas de orden 9, que van desde 0.18 definidas por las tonalidades más oscuras a 0.59 con tonos más claros.

Mapa 26. Parches objetivos y corredores óptimos del área de acción directa de la zona piloto del PDA.

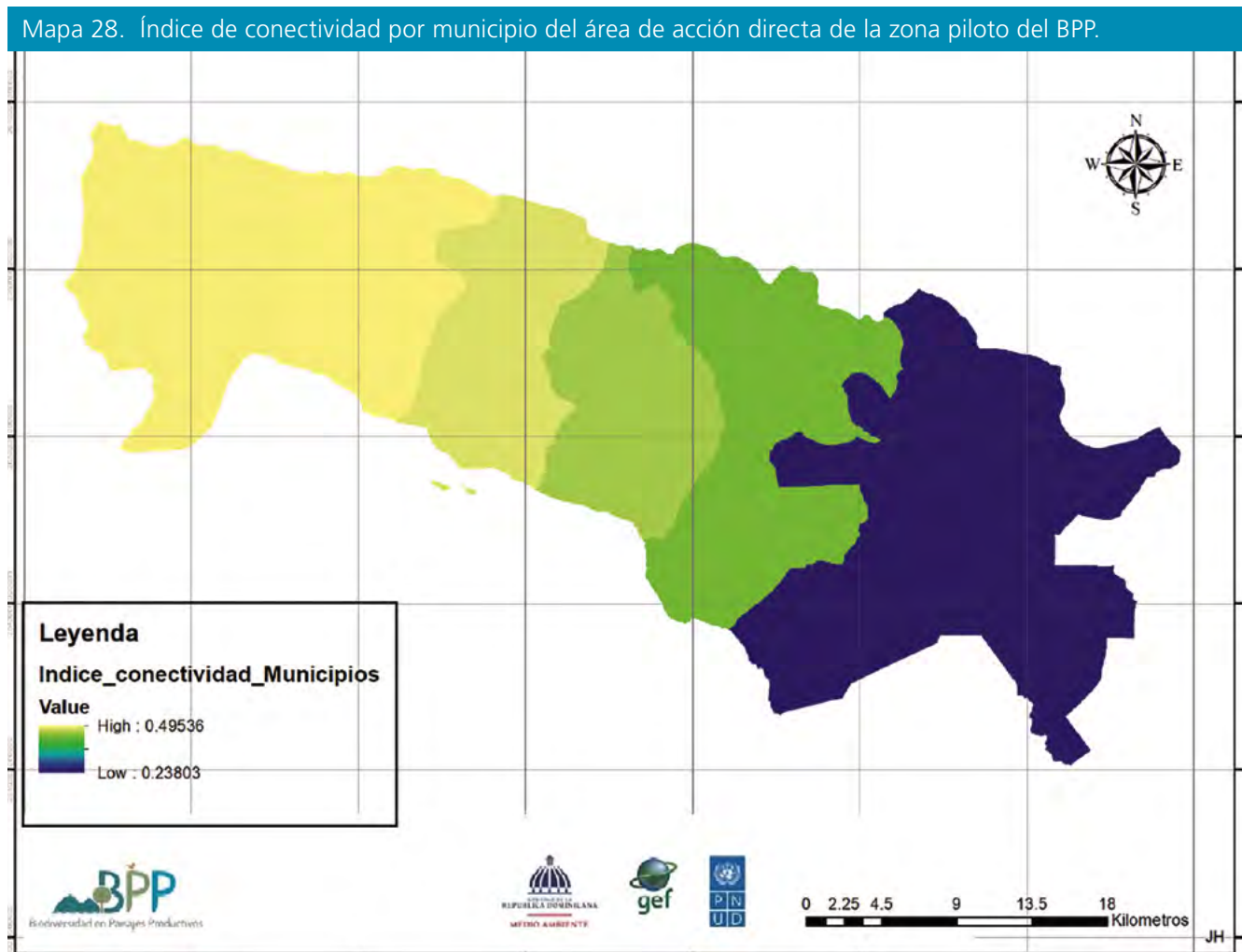


Mapa 27. Índice de conectividad por microcuencas de orden 9 en la zona piloto del BPP Vertiente Sur de la Sierra de Neiba.



## Índice de conectividad por municipio

En el mapa del índice de conectividad por municipio se observa que La Descubierta y Postrer Río son los municipios que poseen un mayor índice de conectividad (0.495) de la zona piloto, debido a que estas zonas disponen del corredor principal y los corredores vecinos que unen los parches objetivos. En los demás municipios el índice va descendiendo desde Los Ríos, Villa Jaragua, Neiba y Galván que tiene el índice inferior (0.238).



## Tablas/gráficos resúmenes de conectividad potencial

Para obtener datos generales de todas las variables político-administrativas se creó un *shapefile* integrado con todos los *shapefiles* de límites político-administrativos y de gestión integrados en un solo archivo y también con los rásteres ajustados de carbono, erosión, infiltración y conectividad. Y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura

para obtener las sumatorias de estos rásteres para cada uno de los polígonos.

Al unir el *shapefile* de límites políticos administrativos con el ráster de conectividad e índice de conectividad se unificaron los datos contenidos en sus tablas de atributos y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura y con ello se obtuvo una tabla de atributos con más información, incluyendo los datos del índice de conectividad por secciones.

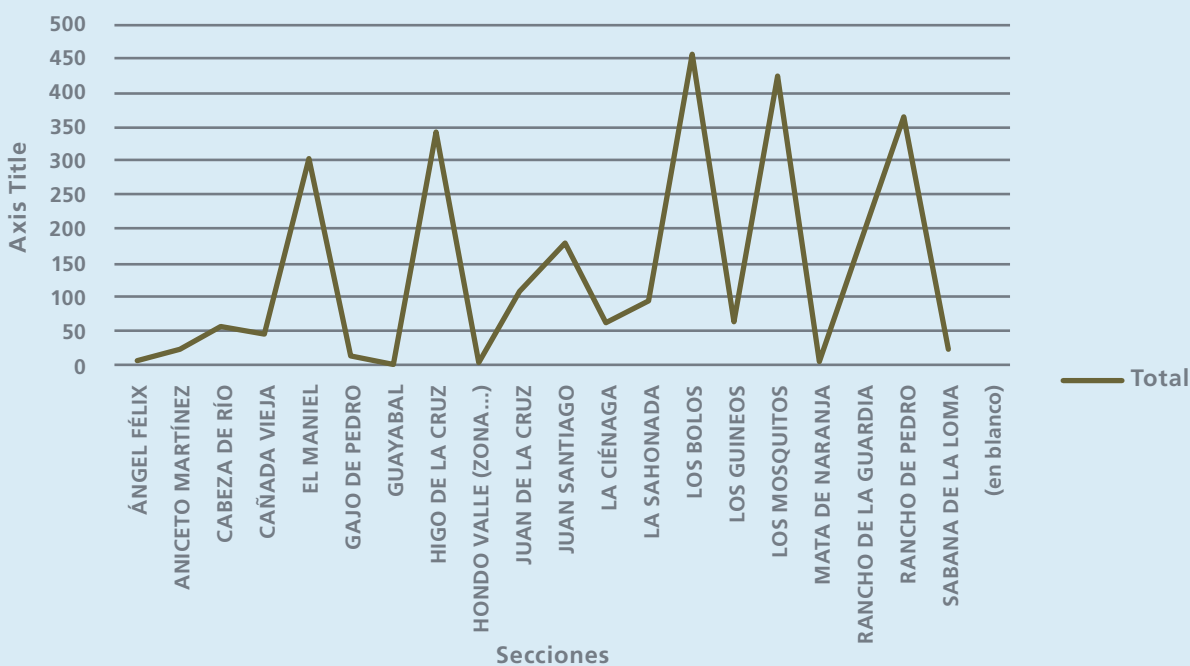
**Tabla 20.** Índice de conectividad por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

SECCIÓN	ÍNDICE DE CONECTIVIDAD
Ángel Félix	5.69
Los Bolos	454.47
El Maniel	302.31
Cabeza de Río	53.45
Guayabal	2.04
Higo de la Cruz	343.23
Los Mosquitos	423.26
Caña Vieja	48.59
Mata de Naranja	5.05
Aniceto Martínez	11.82
Rancho de Pedro	359.68
Hondo Valle (Centro)	0.54
Rancho La Guardia	185.89
Los Guineos	61.17
La Saonada	91.37
Sabana de la Loma	23.67
Juan Santiago	177.51
Juan de la Cruz	108.22
Gajo de Pedro	12.77
La Ciénaga	64.63
Total	2,735.36

En la tabla 20 se presenta el resumen de índice de conectividad del paisaje para cada una de las secciones que conforman la zona piloto, en la sección Los Bolos es donde se encuentra el mayor índice de conectividad con un valor de 454.47, seguido por Los Mosquitos con 423.26, y en donde se observó un índice menor fue en Hondo Valle con un valor de 0.54.

En el gráfico 10 se puede observar que en las secciones de Los Bolos y Los Mosquitos es donde se tienen mayores picos de valor del índice de infiltración. Mientras que los valores mínimos se encuentran en las secciones de Guayabal y Hondo Valle.

**Gráfico 10.** Índice de conectividad por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.





A large, stylized orange number '6' is positioned on the left side of the page. The background features a dark olive green horizontal band that is partially obscured by a grey band containing the number and text. The overall design is modern and abstract, with geometric shapes and a color palette of earthy tones.

ÍNDICE INTEGRADO DE SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS

## Capítulo VI: Índice integrado de servicios ecosistémicos

Se calculó un índice integrado para identificar las zonas con mayor potencial para brindar los servicios ecosistémicos de carbono, conectividad biológica, infiltración hídrica y reducción de la erosión.

### Metodología

A partir de los cálculos de carbono, erosión, infiltración y conectividad, los valores de cada ráster se normalizaron entre 0 y 1, utilizando un ajuste lineal definido por la métrica z:

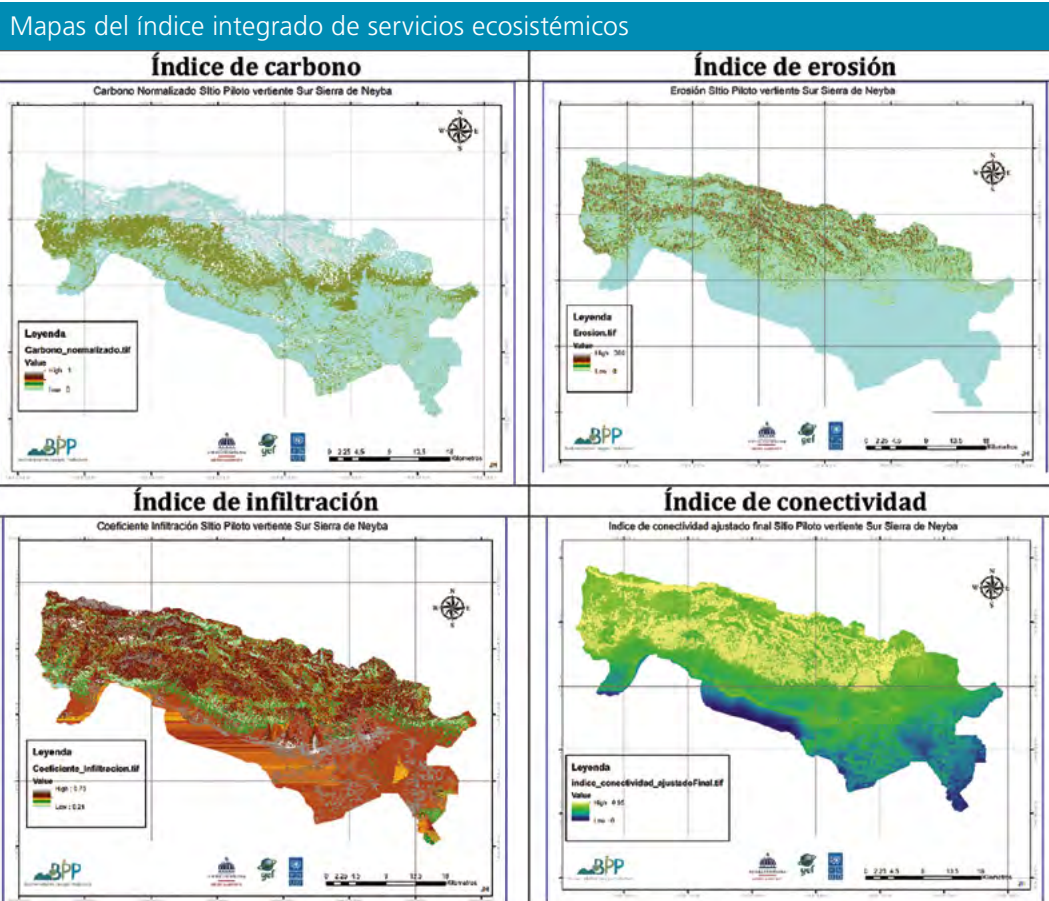
$$z = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Los rásteres normalizados de cada servicio ecosistémico representan los subíndices que se deben interpretar de acuerdo a la siguiente descripción:

Subíndices	Descripción
Carbono	0 es menor y 1 es mayor stock de carbono
Infiltración	0 es menor y 1 es mayor infiltración
Erosión	0 es mayor y 1 es menor erosión
Conectividad	0 es menor y 1 es mayor potencial de conectividad

El índice integrado de servicios ecosistémicos fue calculado a partir del promedio de los cuatro subíndices:

$$\text{Índice Serv.Ecosist.} = (\text{carbono} + \text{infiltración} + \text{erosión} + \text{conectividad}) / 4$$

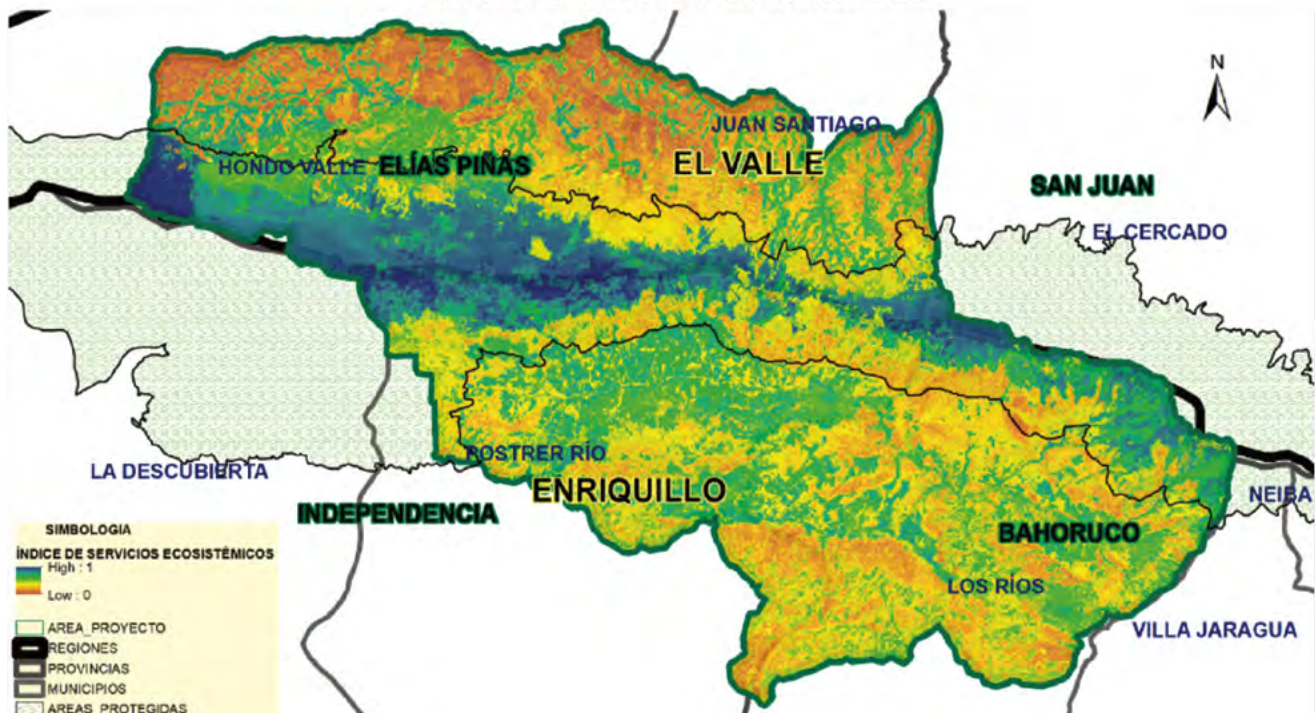


En este cuadro se presentan los cuatro índices que fueron integrados para así obtener el mapa 25 que es el índice integrado de los servicios ecosistémicos, el cual indica las mejores áreas con conservación ecosistémica de la zona piloto y las tienen menos servicios.

### Índice integrado de servicios ecosistémicos

Según el índice integrado de servicios ecosistémicos el área de la Sierra de Neiba es donde se concentran los mayores valores de servicios ecosistémicos, seguidos por áreas dispersas de los municipios de Hondo Valle, Los Ríos y Postrer Río.

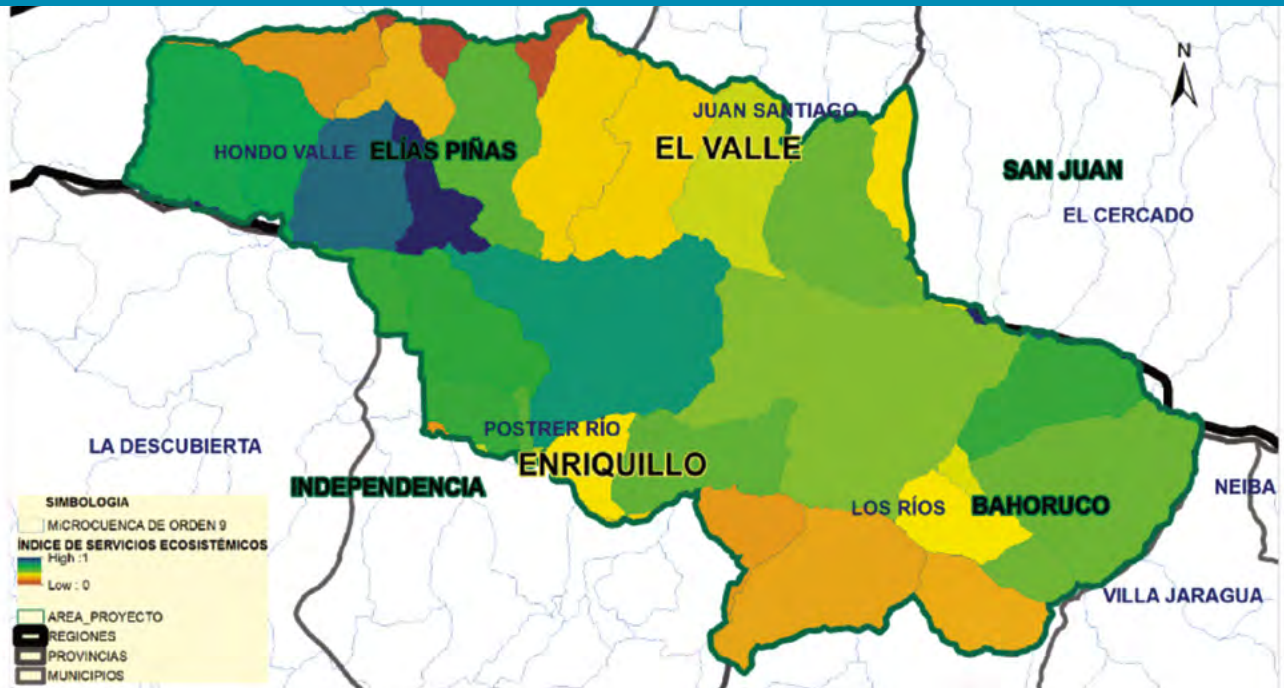
Mapa 29. Índice integrado de servicios ecosistémicos por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



### Índice integrado de servicios ecosistémicos por microcuenca de orden 9

En el siguiente mapa se puede observar el índice integrado de servicios ecosistémicos con valores de 0 a 1 donde los valores cercanos a 1 son las áreas con mayor integración de servicios ecosistémicos y los valores cercanos al 0, las áreas donde se encuentra menor integración de servicios ecosistémicos. En el mapa de microcuencas de orden 9 se puede observar la dinámica de la integración de servicios ecosistémicos de diferentes zonas a causa de las microcuencas de orden 9.

Mapa 30. Índice de conectividad en microcuencas de orden 9 del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



Mapa 31. Índice integrado de servicios ecosistémicos por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



## Índice de servicios ecosistémicos por unidad político-administrativa

En el mapa del índice integrado de servicios ecosistémicos por sección se observa que La Ciénaga y Rancho de Pedro son las que poseen un mayor índice integrado de servicios ecosistémicos, y los que cuentan con un menor valor son cabeza de Río, Juan de la Cruz y Juan Santiago.

### Tablas/gráficos resúmenes del índice integrado de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE) se definen como los beneficios que el ser humano recibe, de forma directa o indirecta, a partir de las funciones de los ecosistemas (Costanza et al, 1997).

El crecimiento de la población y la creciente demanda de bienes y servicios generan una presión sobre los ecosistemas y sus servicios, debido a que se utilizan cada vez más y más recursos, lo que lleva al problema de escasez pues el stock de capital natural disminuye a ritmos acelerados, que desde la perspectiva económica nos lleva a resolver un problema de asignación de recursos con la creación, más bien, con la ejecución de mecanismos de conservación y manejo sustentable de mercado o no mercado y con modelos socio-ecológicos, porque degradar el capital natural no es una opción para el bienestar humano. (Oporeza Cortez, Urciaga García y Ponce Díaz, 2015)

Para obtener datos generales de todas las variables político-administrativas se creó un *shapefile* integrado con todos los *shapefile* de límites político-administrativos y de gestión integrados en un solo archivo y también con los rásteres ajustados de carbono, erosión, infiltración y conectividad. Y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura para obtener las sumatorias de estos ráster para cada uno de los polígonos.

Al unir el *shapefile* de límites político-administrativos con el ráster de con los índices de carbono, erosión, infiltración y conectividad se unificaron los datos contenidos en sus tablas de atributos y estos a su vez se combinaron con los tipos de cobertura y con ellos se generó una tabla de atributos con mayor información de donde se obtuvo el índice integrado de servicios ecosistémicos.

**Tabla 21.** Índices de carbono, infiltración, erosión, conectividad e integrado de servicios ecosistémicos por sección del área de acción directa de la zona piloto del BPP.

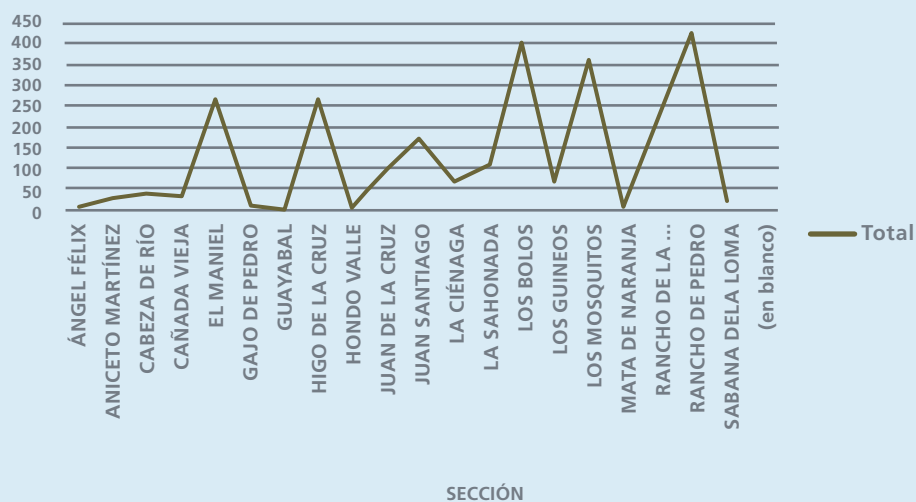
SECCIÓN	ÍNDICE DE CARBONO	ÍNDICE DE INFILTRACIÓN	ÍNDICE DE EROSIÓN	ÍNDICE DE CONECTIVIDAD	ÍNDICE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
ÁNGEL FÉLIX	39.75	37.54	11.50	41.48	11.50
APOLINAR PERDOMO	17.63	10.74	4.00	20.87	4.00

ARROYO SALADO	6.74	2.76	0.88	9.03	0.88
BARTOLOMÉ	13.80	0.28	0.18	18.39	0.18
BATEY ISABELA	15.02	0.03	0.09	14.31	0.09
BATEY 4	4.42	0.08	0.03	3.98	0.03
BATEY 5	2.21	0.00	0.01	1.25	0.01
BATEY I	4.40	0.00	0.03	3.17	0.03
CABEZA DE RÍO	17.78	9.23	4.36	23.08	4.36
CAÑADA VIEJA	5.59	4.47	2.32	7.45	2.32
COPEY	14.28	6.70	3.61	18.05	3.61
EL AGUACATE	16.34	11.26	6.13	17.04	6.13
EL BARRO	5.23	2.01	0.63	7.30	0.63
EL ESTERO	23.62	0.19	0.27	25.85	0.27
EL MAMÓN	13.71	1.91	1.11	19.12	1.11
EL MANGUITO	5.45	1.09	1.05	7.37	1.05
EL MANIEL	17.42	16.29	4.15	18.48	4.15
EL PALMAR	8.35	0.09	0.04	7.05	0.04
EL PALMAR (ZONA URBANA)	5.23	0.01	0.03	4.18	0.03
EL RODEO (MAJAGUAL)	5.90	3.01	2.28	6.78	2.28
EL SALADO (ZONA URBANA)	2.34	0.01	0.02	5.19	0.02
GALVÁN (ZONA URBANA)	4.56	0.13	0.05	8.49	0.05
GUAYABAL	11.54	8.98	4.39	13.11	4.39
GUAYABAL (ZONA URBANA)	6.97	3.09	0.39	11.22	0.39
HIGO DE LA CRUZ	17.27	11.15	5.14	20.70	5.14
LA DESCUBIERTA (ZONA URBANA)	5.31	0.31	0.32	9.29	0.32
LAS CAÑITAS	10.38	7.74	3.50	12.66	3.50
LAS CLAVELLINAS (ZONA URBANA)	3.48	0.02	0.02	4.29	0.02
LAS PETACAS	10.07	5.22	3.28	13.00	3.28
LAS TEJAS	32.95	8.31	5.19	39.72	5.19
LOS BOLOS	41.96	29.75	8.71	47.13	8.71

LOS GUINEOS	4.90	2.74	2.24	5.35	2.24
LOS MOSQUITOS	20.46	16.34	8.02	22.68	8.02
LOS PINOS	36.75	19.91	7.40	49.56	7.40
LOS RÍOS (ZONA URBANA)	1.74	0.03	0.02	2.53	0.02
LOS ROAS	13.64	8.68	4.17	17.31	4.17
MATA DE NARANJA	9.92	8.34	3.02	10.48	3.02
NEIBA (ZONA URBANA)	3.13	0.05	0.05	5.47	0.05
PIE DE LOMA	4.54	2.08	0.75	5.82	0.75
POSTRER RÍO (ZONA URBANA)	8.71	0.28	0.29	11.21	0.29
RAÍZ PICADA	15.47	10.49	3.19	18.36	3.19
TAMARINDO	59.30	0.35	0.27	64.77	0.27
VILLA JARAGUA (ZONA URBANA)	1.99	0.03	0.03	2.69	0.03
Total	570.23	251.69	103.15	675.25	103.15

En la tabla 21 se presenta el resumen de todos los índices calculados de carbono, infiltración, erosión, conectividad e integrado de servicios ecosistémicos para cada una de las secciones que conforman la zona piloto.

**Gráfico 11.** Índice integrado de servicios ecosistémicos de conectividad por secciones del área de acción directa de la zona piloto del PDA.



En el gráfico 11 se puede observar que en las secciones Rancho de Pedro, Los Bolos y Los Mosquitos es donde se tienen mayores picos de valor del índice de infiltración; mientras que los valores mínimos se encuentran en las secciones de Guayabal y Hondo Valle.

# CONCLUSIONES

Los datos bases levantados en esta investigación servirán de referencia para futuros trabajos de este tipo, así como para proponer recomendaciones en la zona piloto para mejorar la situación actual en la cual se encuentra. Atendiendo a ello, las principales conclusiones que arroja este documento son las siguientes:

Se debe aumentar la cobertura arbórea de la zona piloto, puesto que en su totalidad es solo de un 24 % del área total, siendo la no cobertura de un 53 % de las cuales solo el 52.6 % pertenece a pasto y cultivos, y los 0.5 % restantes a agua e infraestructuras; mientras que el 23 % restante es de cobertura forestal.

Los tipos de especies arbóreas que deben ser plantadas en la zona piloto deben ser los de bosques latifoliados húmedos y nublados, por su gran capacidad de captación de carbono,  $\text{CO}_2$  y biomasa, al igual que las coníferas. El paisaje en su totalidad almacena 140,442.68 ton de carbono, que equivale a 514,956.29 ton de  $\text{CO}_2$  y 298,814.32 ton de biomasa arriba del suelo. La sección que más almacena según la cobertura y superficies es Rancho de Pedro, y la que menos almacena es Hondo Valle Zona urbana, esto se debe a que posee una superficie arbórea pequeña y a su vez es una zona urbana.

El promedio anual de infiltración de toda la zona piloto es de 9,881.18  $\text{m}^3$  de agua hacia el acuífero equivalente a 241.61 mm anuales de agua de lluvia infiltrada. El tipo de bosque que más favorece a que

se infiltre agua al subsuelo es el bosque de conífera y la sección donde más agua se infiltra es en Los Bolos.

El total de erosión potencial del paisaje es de 273,456.29 ton/ha.año equivalente a una tasa anual promedio de erosión 64.54 ton/ha.año que se ubica dentro de la categoría de zona con procesos agresivos de erosión grave. Las áreas donde se genera mayor erosión son Cañada Vieja y Cabeza de Río; ello se asocian a que cuentan con bosque seco en un gran porcentaje de su territorio.

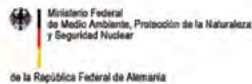
En la zona piloto se presentan seis parches objeto de conectividad, de los cuales tres son de bosques latifoliado nublados en la Sierra de Neiba, y tres son objeto de bosque latifoliado de conífera, latifoliado húmedo y seco. El índice de conectividad promedio para el año 2019 fue de 0.65 correspondiente a la categoría alta. En mismo se determinó un corredor óptimo principal y dos vecinales.

Además, se realizó el cálculo de un índice integrado de servicios ecosistémicos que arrojó un promedio para el año 2019 de 0.61 correspondiente a la categoría de alto potencial de servicios ecosistémicos. Los valores más altos de servicios ecosistémicos se encontraron en los municipios de La Descubierta y El Cercado, 0.86 y 0.75, respectivamente.

# BIBLIOGRAFÍA

- 1- Alonso, D. (30 de marzo 2020). MappingGIS. Obtenido de <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis>
- 2- Moreta, R. (16 de junio 2016). «La pobreza en la Región Sur». *Bohechío Digital. Naturales, M. d. (2011). Atlas de biodiversidad y recursos naturales de la República Dominicana*. Santo Domingo.
- 3- Naturales, M. d. (2011). *Plan de Manejo Parque Nacional Sierra de Neiba*. Santo Domingo.
- 4- Presidencia, M. d. (2017). *Perfil básico del proyecto*. Santo Domingo.
- 5- Silvano, A. (2019). *La Biodiversidad en Michoacán*. México.
- 6- Valero, M. S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos*. Madrid.
- 7- Felicísimo, A. (1994). «Modelos digitales del terreno». *Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales*.
- 8- García-Cervigón, J. J. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Madrid.
- 9- GIEC, 2003. (04 de 2020). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/ae156s/ae156s03.htm#TopOfPage>.
- 10- Hernández Jiménez, A.; Ascanio García, M. O.; Morales Díaz, M.; Bojorquez Serrano, J. I.; García Calderón, N. E., y García Paredes, J. D. (2008). *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo*. Universidad Autónoma de Nayarit.
- 11- Huerta, L. L. (1999). *Los sistemas de información geográfica en los desastres naturales y en el medio ambiente*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- 12- Instituto Interamericano Cooperación para la Agricultura (IICA) (1985). *Compendio de agronomía tropical (Vol. 1)*. San José, Costa Rica.
- 13- Mendieta Ocampo, J. A., & Valencia Céspedes, R. E. (2005). *Cartografía básica aplicada*. Manizales-Colombia: Universidad de Caldas.
- 14- Mendoza, M. (2019). Geoformas. En: La biodiversidad en Michoacan. (CONABIO, Ed.) *Estudio de Estado 2*, Vol. 2, 31-40.
- 15- Olalla, J. M. (1994). *Desertificación en Castilla-La Mancha: el Proyecto EFEDA*. Universidad de la Castilla - La Mancha.
- 16- Otarola, F. J. (1994). *Planificación y manejo de los recursos hidrológicos en la agricultura mediante el balance hídrico*. Turrialba, Costa Rica.

## Restaurando Ecosistemas y Paisajes Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA



Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,  
Urbanización Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.

T +503 2121-5100  
E [info@fondodesarrolloverde.org](mailto:info@fondodesarrolloverde.org)  
I [www.fondodesarrolloverde.org](http://www.fondodesarrolloverde.org)

### REDD+ Landscape

Implementado por:



El Programa Fondo de Desarrollo Verde para la región SICA, es implementado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), con el apoyo financiero y técnico de la Unión Europea y el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania, en el marco de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI) del BMU como parte del programa “REDD+ Landscape”.





Biodiversidad en Paisajes Productivos







Biodiversidad en Paisajes Productivos

Ministerio de Medio Ambiente  
Av. Cayetano Germosén  
esq. Gregorio Luperón, El Pedregal  
Santo Domingo, Rep. Dominicana  
Teléfono: +1 809-537-0909  
info.bpp@undp.org

**bpp\_undp.org**

   @bpn