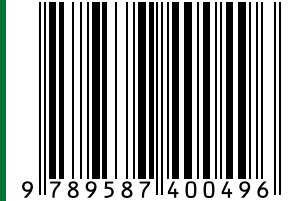




**EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN  
 UNA MICROCUENCA COMO HERRAMIENTA  
 PARA DISEÑAR UN ESQUEMA DE  
 COMPENSACIÓN POR SERVICIOS AMBIENTALES**

ISBN: 978-958-740-049-6



# **Evaluación**

---

## **de la biodiversidad**

---

### **en una microcuenca**

---

### **como herramienta para diseñar**

---

### **un esquema de compensación**

---

### **por servicios ambientales**

ALBERT JULESMAR GUTIÉRREZ V.<sup>1</sup> • SANDRA XIOMARA PULIDO C.<sup>2</sup>  
FERNANDO GARCÍA RUBIO<sup>3</sup> • JAVIER ROJAS C.<sup>4</sup> • CATALINA GÓMEZ GARCÍA<sup>5</sup>

VILLAVICENCIO, META, COLOMBIA

- 
- 1 I. Agrícola. Investigador CORPOICA C. I. La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia.
  - 2 I. A. M.Sc. Investigadora CORPOICA C. I. La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia
  - 3 I. Forestal Esp. Investigador CORPOICA C. I. La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia
  - 4 Biólogo. Profesional contratado convenio ECOPETROL-CORPOICA.
  - 5 Psicóloga. Profesional contratada convenio ECOPETROL-CORPOICA.

Gutiérrez V., Albert Julesmar; Pulido C., Sandra Xiomara; García Rubio, Fernando; Rojas C., Javier; Gómez García, Catalina / Evaluación de la biodiversidad en una microcuenca como herramienta para diseñar un esquema de compensación por servicios ambientales. Colombia. Corpoica. 2011. 48 p.

Palabras clave: USO DE LA TIERRA, BIODIVERSIDAD, INDICADORES Y ANÁLISIS DE BIODIVERSIDAD, INVENTARIO DE VEGETACIÓN, INVENTARIO DE AVES, INVENTARIO DE HORMIGAS, INVENTARIO DE MAMÍFEROS PRIMATES, META, COLOMBIA.



Esta publicación es un resultado del convenio interinstitucional de colaboración entre CORPOICA y ECOPEPETROL, DRI 116-06 y es un producto del proyecto “Implementación de sistemas agroforestales con énfasis en los silvopastoriles como estrategia efectiva de reforestación con el análisis de posibilidades de uso de las aguas residuales industriales y la cuantificación de los servicios ambientales en el área de influencia de ECOPEPETROL SOA. Primera Etapa” ejecutado por los investigadores de CORPOICA La Libertad en el período 2006-2008.



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA  
CI. La Libertad

ISBN: 978-958-740-049-6  
CUI: 1233  
CA: PR08100269  
Boletín de investigación: No. 16  
Primera edición: Marzo de 2011  
Tiraje: 1.000 ejemplares  
Edición: Cesar Augusto Jaramillo Salazar,  
Transferencia de Tecnología CORPOICA, C.I. La Libertad  
Foto carátula: Garcero en laguna. Autor: Javier Roja C. Biólogo  
Fotos texto: Javier Rojas C. y Albert Julesmar Gutiérrez

Línea de atención al cliente: 018000121515  
atencionalcliente@corpoica.org.co  
www.corpoica.org.co

Producción editorial:  
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmedios.org

Corrección de estilo: Salmón D.C.

Diseño:  Dannahite

Impreso en Colombia  
Printed in Colombia

## PRESENTACIÓN

A partir de un acercamiento paulatino y un reconocimiento de intereses complementarios acontecido entre ECOPETROL S. A. y CORPOICA, se inició un proceso de unión de fortalezas y recursos que apuntó, en primera instancia, a generar espacios de confianza y a desarrollos generadores de nuevas formas de trabajar en equipo, donde la creatividad, el conocimiento y la innovación se concretaron en el convenio de Cooperación Técnica 166-06, que condujo a la ejecución de una propuesta de investigación integral que planteó, entre otros objetivos, la posibilidad de establecer un esquema de compensación por servicios ambientales, específicamente en las cuenca del río Orotoy en Castilla La Nueva, departamento del Meta.

A través de este convenio entre la industria petrolera representada por ECOPE-TROL S. A. interesada, según su misión, en encontrar y convertir fuentes de energía en valor, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, cuya misión es la de generar y transferir conocimientos científicos y soluciones tecnológicas mediante la investigación y la innovación en los servicios y productos para el sector agropecuario colombiano, se generó una oportunidad para optimizar recursos humanos y económicos, así como también, para ampliar el radio de acción y generar mayores impactos en las comunidades aledañas a los campos de operaciones, en los recursos naturales y ecosistemas presentes.

ECOPETROL y CORPOICA, en sectores diferentes y con misiones nacionales distintas, confluyen con los productores rurales en la conservación del medio ambiente, sin perder de vista la productividad, donde la biodiversidad es uno de los principales componentes. En este sentido, se estableció el estado actual del uso de la tierra del área seleccionada, se profundizó en conocer el estado de la biodiversidad a partir de unos indicadores, y se realizó el análisis socioeconómico del esquema de compensación por la generación de éste servicio ambiental, como una estrategia válida para conservar y restaurar la riqueza natural del municipio de Castilla La Nueva, y aprender estrategias de conservación y uso sostenible, que deben beneficiar al municipio, a la región Orinoquia y al país en general.

Por otra parte, ECOPEPETROL S. A. y CORPOICA cada vez se convencen más de que la interinstitucionalidad debe ser una condición impostergable y apremiante para concretarse en proyectos que apunten los resultados de investigación al sector productivo, que sean más eficientes y de mayor impacto. Los entes de investigación, el sector productivo, la academia y la sociedad civil constituyen instituciones que no pueden quedarse ajenas a este proceso de búsqueda y consecución de aliados para el alcance de procesos generadores de nuevos conocimientos que contribuyan al cumplimiento de sus objetivos particulares y de aquellos intereses comunes o complementarios que se van descubriendo a través de diálogos y compartimiento de saberes que superan procesos administrativos.

JAIME TRIANA RESTREPO  
*Director C.I. La Libertad*  
CORPOICA

JAVIER ENRIQUE GONZÁLEZ BARBOSA  
*Superintendente de operaciones*  
*Castilla – Chichimene*  
ECOPEPETROL

# CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MARCO TEÓRICO	9
3. METODOLOGÍA	13
3.1. DETERMINACIÓN LÍNEA BASE	13
• Análisis de la biodiversidad en cada uso de suelo determinado	13
• Inventario de la vegetación	15
• Inventario de aves	15
• Inventario de hormigas	16
• Inventario de mamíferos-primates	17
• Análisis de la diversidad	17
3.2. DISEÑO DEL ESQUEMA DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN CASTILLA LA NUEVA	18
4. RESULTADOS	21
4.1 LÍNEA BASE DE LA BIODIVERSIDAD	21
• Usos del suelo	21
• Inventario de la vegetación	21
• Inventario de hormigas	26
• Inventario de aves	30
• Inventario de primates	33
4.2 ESQUEMA DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN CASTILLA LA NUEVA	33
• Definición del costo de oportunidad de conservación y restauración	35
• Determinación del valor por pago del servicio ambiental por biodiversidad	37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	44



## RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento y especial agradecimiento a los Superintendentes de Apiay y Castilla-Chichimene: Rafael Castillo Arbeláez y Javier González Barbosa; al interventor del convenio 006-09, Nelson Peña Maje y al líder DHS, Wilson Yovany de La Cruz. De igual manera, al equipo de consultoría para la interventoría de convenios de cumplimiento legal ambiental, dirigido por la ingeniera agrónoma Blanca Lupe Estupiñán Cruz y conformado por las biólogas Marcia Rodríguez, María Isabel López, la comunicadora social Ana María Castro, la ingeniera forestal María Eugenia Pachón y la ingeniera de sistemas Paola Andrea Agudelo, directivos y profesionales vinculados a ECOPETROL S.A., quienes con su intervención se logró concretar y ejecutar el convenio interinstitucional de colaboración CORPOICA – ECOPETROL S.A.

# 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de servicios ambientales cobra cada vez más importancia debido a la gran dependencia que la humanidad tiene sobre los ecosistemas. El impacto ejercido por la acción antropogénica sobre los ecosistemas y la importancia de estos para la supervivencia del hombre, ha generado un inusitado interés por investigar y ejercer acciones orientadas a disminuir la presión sobre los recursos naturales y mejorar las condiciones de calidad de vida así como de salud física y mental de las personas. Los servicios ambientales constituyen un instrumento innovador para el reconocimiento de las acciones que propendan por el manejo sostenible de los recursos naturales, siendo el resultado de procesos ecológicos de ecosistemas que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad. Solo se convierten en servicios cuando el hombre toma conciencia de ellos y los incluye en sus sistemas de generación de valor.

La conceptualización de los ‘servicios ambientales’, su valoración y su posterior titulación, extrapola ciertos conceptos de la ecología a la economía. De acuerdo con Barzey (2002), las funciones ambientales son los posibles usos de la naturaleza por los humanos y los servicios ambientales son las posibilidades o el potencial a ser utilizado por los humanos para cualquier fin. Se debe tener en presente que, en términos económicos, la existencia de los servicios de protección de cuencas o de recursos naturales no garantiza la existencia de un mercado. Los mecanismos a utilizar dependerán de las particularidades de cada zona, y el monto a pagar dependerá tanto de la disposición y disponibilidad de los receptores del servicio como de la disponibilidad a aceptar los proveedores de éste.

El eje fundamental de un esquema de compensación por servicios ambientales (PSA) es el desarrollo de un mercado en el cual el proveedor del servicio reciba una compensación de parte del usuario del mismo. La compensación recibida debe servir al proveedor para adoptar prácticas de manejo dirigidas a elevar o, al menos, mantener la calidad del servicio ambiental.

Para Colombia el PSA es una estrategia novedosa y poco conocida por las entidades de control, pero existe la legislación que soporta su implementación y puesta en marcha.

Para las entidades que administran los recursos ambientales, el esquema permite el conocimiento específico de los componentes del entorno natural involucrados en el servicio, lo que convierte la compensación de servicios ambientales en una estrategia eficaz para el control ambiental de recursos naturales. De la misma forma, dicho esquema posibilita cuantificar los daños o mejoramientos que ocasionan actividades externas a las áreas de influencia, aprobando la toma de decisiones en las estrategias de evaluación de impactos y la ejecución de las obras que contribuyan al mantenimiento y mejora de las áreas en mención.

En este orden de ideas, es necesario iniciar con procesos de monitoreo, valoración de los servicios y búsqueda de mecanismos de compensación.

Es así como, a través de un convenio interinstitucional, ECOPEPETROL y CORPOICA

se proponen la tarea, como estrategia piloto, de validar metodologías y empezar a desarrollar capacidades en este tipo de trabajos, proyectando, diseñando y definiendo un esquema de compensación por la generación de servicios ambientales en conservación de la biodiversidad en un área específica del municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta.

Para ello, se trazan como objetivos específicos establecer el estado actual del uso de la tierra del área seleccionada; conocer la diversidad para los grupos de aves, primates, hormigas y vegetación; determinar los indicadores de biodiversidad respectivos para cada grupo; y realizar el análisis socioeconómico del esquema de compensación por la generación de este servicio ambiental.

En este documento se describe la metodología aplicada y los resultados obtenidos de lo que podría considerarse la plataforma conceptual y metodológica para la posterior validación

e implementación de un esquema de compensación por servicios ambientales y específicamente el servicio de conservación de la biodiversidad en un área del municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta.

Partiendo de la premisa que desde la perspectiva del usuario directo de la tierra los beneficios de la conservación de biodiversidad no son percibidos por él y terminan siendo una externalidad (razón por la cual este aspecto no tiene ninguna incidencia al momento de tomar la decisión de qué uso realizará al suelo), el equipo de trabajo plantea la necesidad de empezar a dirigir esfuerzos de investigación y desarrollo de alternativas productivas y estratégicas que permitan compensar a los productores por los servicios que conserve y restaure. Se considera que la oportunidad de recibir una compensación por asumir usos de suelo más amigables y beneficiosos con el ambiente, aumentará las posibilidades de adopción de estos usos de suelo.

## 2. MARCO TEÓRICO

Los servicios ambientales son esenciales para el bienestar y supervivencia de la humanidad; sin embargo, estos se ven afectados cada vez más debido a la amenaza y deterioro que presentan los ecosistemas en el mundo (Wunder et al., 2007).

Por lo general se definen como los beneficios indirectos, generalmente no transados en mercados, que la sociedad obtiene de los ecosistemas; ejemplos típicos son la regulación del ciclo hidrológico, la regulación del clima o la conservación de la biodiversidad. El reconocer que muchas funciones ecológicas son servicios escasos y valiosos para el bienestar de la humanidad ha promovido esfuerzos para valorar de manera tangible los servicios ambientales mediante la compensación por los servicios ambientales (Wunder et al., 2007).

Dicho de otro modo, los servicios ambientales o ecosistémicos son aquellos beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable. La base de los servicios ambientales se halla en los componentes y procesos que integran los ecosistemas. Estos servicios han sido definidos como “la variedad de condiciones y procesos de los ecosistemas (del bosque) y sus componentes, que ayudan a mantener y satisfacer la vida humana” (adaptado de Daily et al., 1997 y citado por Campos et al., 2007).

Como ya se ha mencionado, debido a que el concepto de servicios ambientales se ha convertido en un tema de gran importancia, el hombre ha optado por impulsar acciones que propendan por el manejo sostenible de los recursos naturales; no obstante, solo se convierten en servicios cuando el hombre toma conciencia

de ellos y los incluye en sus sistemas de generación de valor.

En años recientes, ante el acelerado deterioro del entorno y gracias a un mayor entendimiento tanto de las redes de la vida como de los beneficios que los ecosistemas y sus funciones representan para la sociedad, se ha planteado la necesidad de buscar instrumentos que promuevan el mantenimiento a largo plazo de los servicios ambientales y que permitan avanzar hacia el tan necesario desarrollo sustentable.

Así, la riqueza natural con la que cuenta Colombia ha motivado la implementación de una serie de acciones para conservarla y aprender a usarla de manera sostenible. Su protección entonces será la garantía de que las futuras generaciones puedan contar con una base de recursos naturales para su propio desarrollo.

Dentro de las principales razones por las cuales se amerita conservar la biodiversidad se tiene:

- La necesidad de preservar ecosistemas para el mantenimiento equilibrado de funciones vitales para la vida de las especies, incluyendo al hombre.
- Se constituye en el principal proveedor de materias primas para procesos de producción o en términos de bienes y servicios para el consumo.

- El compromiso intrínseco de la humanidad hacia el respeto de toda forma de vida, responsabilidad que implica un aprovechamiento que responda a la satisfacción de necesidades básicas para la sobrevivencia de la especie humana sin atentar contra la sobrevivencia de las demás especies en los ecosistemas.

Los programas para aplicar compensaciones a los productores o habitantes por la participación en la prestación de estos servicios se denominan de forma diversa: programas de compensación por servicios de ecosistemas, programas de compensación por servicios ambientales o, simplemente, programas de PSA (pagos por servicios ambientales), (FAO, 2007).

El pago o compensación por servicios ambientales se convierte en la retribución directa (por diferentes mecanismos) a quienes se ocupan de manejar, resguardar, conservar y mejorar los ecosistemas que brindan servicios ambientales necesarios para el bienestar de la sociedad. La aplicación de políticas o acciones para el desarrollo de mercados de servicios ambientales origina los llamados Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Además de identificar a los beneficiarios (o usuarios) y a los prestadores del servicio, en un marco institucional del PSA es necesario generar una sinergia social para que haya disponibilidad para el pago por los beneficios y –en la misma medida– diseñar sistemas de cobro, asegurar fuentes de financiamiento permanente y establecer esquemas de supervisión (Semarnat, 2003).

Según Wunder (2005) citado por Wunder et al, (2007), un sistema de pagos por servicios ambientales incluye transacciones voluntarias mediante las cuales un servicio ambiental bien definido (o un uso de la tierra que promueva la

provisión de ese servicio) es comprado por (al menos) un comprador a (al menos) un proveedor si y solo si el proveedor asegura la provisión continua del servicio (condicionalidad).

Es por esto que el soporte fundamental de un esquema de PSA es el poder acrecentar un mercado en que el proveedor del servicio reciba una compensación de parte del usuario de este servicio. El pago recibido debe entonces servir al proveedor para adoptar prácticas de manejo dirigidas a mejorar o mantener la calidad del servicio ambiental (Machín, 2007).

Con todo, la compensación por la prestación de un servicio ambiental no siempre se expresa como una operación monetaria, también puede traducirse en una mejora de infraestructura, prestación de servicios, jornadas de capacitación o extensión rural. El financiamiento se logra con una lógica de mercado a través de cobros a los demandantes de servicios ambientales y pagos de actividades verificables a los productores. Si existe la demanda de un recurso y la oferta capaz de satisfacer de forma adecuada dicha demanda, el mecanismo de PSA podrá coordinar los flujos financieros que deban producirse a través de tarifas e impuestos fundamentalmente, de tal forma que los demandantes cubran de manera satisfactoria su necesidad a cambio de un precio acorde a la misma y que a su vez dicho precio sea el suficiente para que el oferente cubra como mínimo sus gastos de producción y, por otro lado, se tomen las medidas para que el recurso se gestione y conserve de manera sostenible (Machín, 2007).

Los PSA son instrumentos de manejo ambiental, ni más ni menos. Los impactos de su aplicación en zonas específicas requieren ser evaluados ex ante y ex post. La metodología debe incorporar: a) enfoques sistémicos (de la

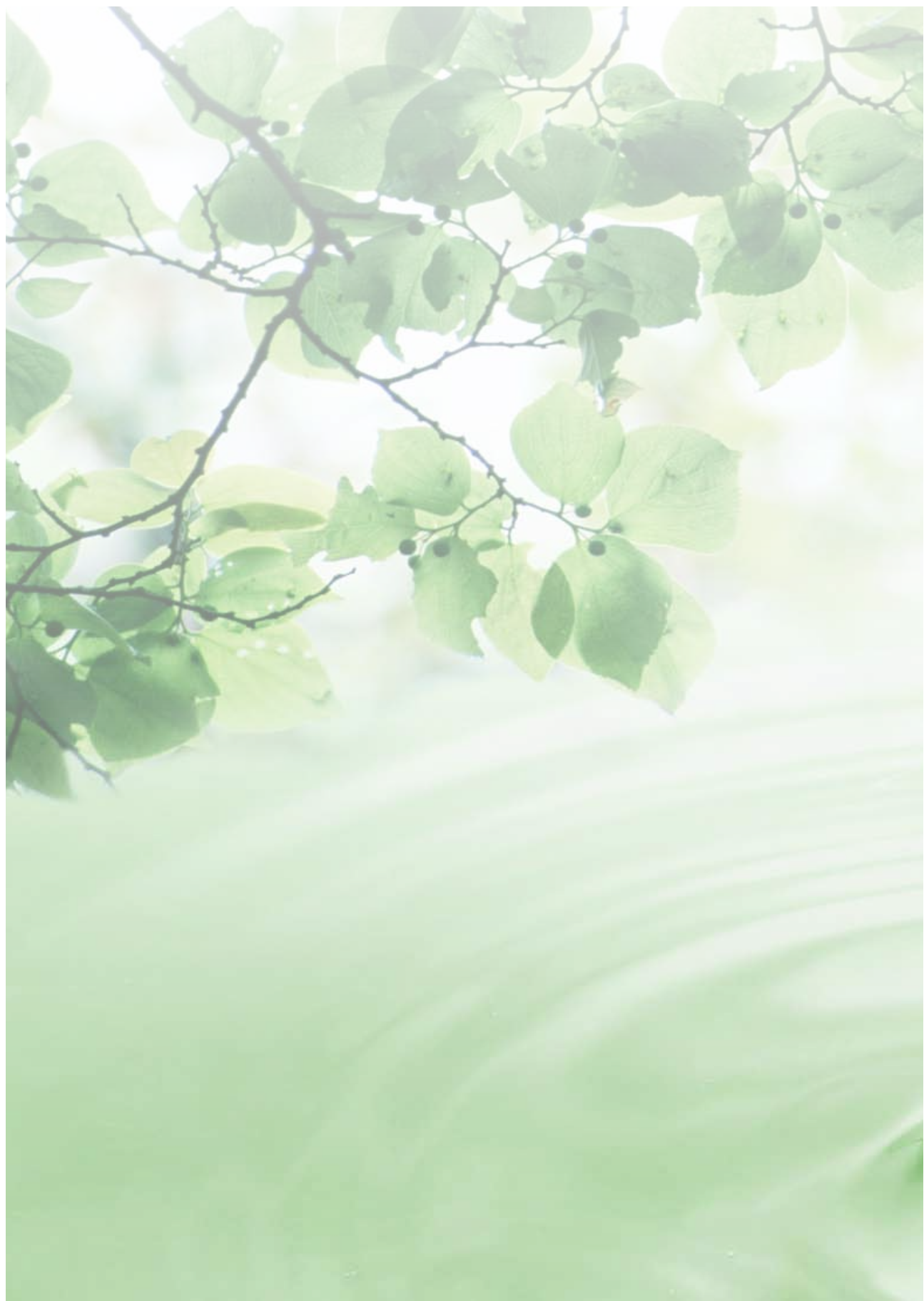
construcción sociohistórica de los derechos de agua y tierra); b) enfoques de la seguridad alimentaria, su incorporación en políticas públicas transversales; c) un enfoque financiero público-privado sostenible a largo plazo y con precios por uso socialmente diferenciados; d) un enfoque de gestión ambiental y territorial sostenible (sobre la conservación y recuperación de cobertura forestal o cauces adyacentes); y e) un enfoque multidisciplinario para aproximarse, vía métodos de investigación-acción, a las diferentes problemáticas locales (Estrada, 2004).

Los programas de PSA constituyen un esfuerzo para obtener los incentivos adecuados, proporcionando las señales correctas –tanto a proveedores como a usuarios– que reflejen los beneficios sociales, ambientales y económicos reales que prestan los servicios ambientales. Es importante destacar que los pagos o compensaciones son solo uno de los posibles instrumentos para lograr un aumento de la prestación de servicios ambientales (FAO, 2007).

Pese a que los servicios que la biodiversidad brinda son múltiples, la mayoría de estos

son intangibles, y su protección se percibe como un “lujo” o como algo poco urgente y prioritario para el bienestar del ser humano comparado con otros servicios, como puede ser la calidad del agua. Esto hace que la comercialización de los servicios de conservación de la biodiversidad sea más difícil que la de otros servicios ambientales (Grieg - Gran y Bann, 2003 citado por Wunder et al, 2007).

Una forma de comercializar la biodiversidad es vender su conservación como parte de un paquete de servicios que ofrece una misma área de terreno. Conservar una superficie boscosa, por ejemplo, además del servicio de regulación del ciclo hídrico puede proporcionar otros servicios como almacenamiento de carbono, belleza escénica y conservación de la biodiversidad. La voluntad de pago por estos servicios puede ser mayor, y esta puede ser una razón para que se pueda incluir la biodiversidad entre esos servicios más comerciales. En otras palabras, la venta conjunta de servicios ambientales puede ayudar a llegarle a otras fuentes de financiamiento y a hacer de la conservación una opción de uso de la tierra más competitiva (Wunder, 2007).



## 3. METODOLOGÍA

El proceso metodológico adelantado contempla dos pasos fundamentales, que son:

- **3.1. Determinación Línea Base:**
  - Delimitación del área de estudio
  - Identificación de los principales usos de suelo
  - Determinación de especies indicadoras de biodiversidad
  - Análisis del estado de la biodiversidad sobre estos usos de suelo determinados y sobre cobertura boscosa.
- **3.2. Diseño del Esquema de Compensación por la Generación del Servicio Ambiental:**
  - Calificación en términos de biodiversidad a cada uso del suelo
  - Definición costo de oportunidad para cada tipo de uso de suelo
  - Estimación de la compensación por el cambio de sistemas productivos

### 3.1. DETERMINACIÓN LÍNEA BASE

El área objeto de estudio corresponde al municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta, específicamente las veredas Betania, Cacayal, Caño Grande Alto y Bajo, Sabanas del Rosario, San Lorenzo, San Antonio, Centro, San Agustín y Violetas (Figura 1).

- **Análisis de la biodiversidad en cada uso de suelo determinado**

En primera instancia, a través de fotointerpretación y visitas a campo se identificaron los usos del suelo más importantes para la zona, con el fin de iniciar sobre cada uno de estos el análisis de la biodiversidad.

Para describir y conocer la diversidad biológica de un lugar es básico realizar prim-

ero inventarios. Por 'inventariar la biodiversidad' se comprende el describir, ordenar, catalogar, cuantificar y mapear entidades como genes, especies, ecosistemas y paisajes, junto con la síntesis de la información resultante para el análisis de las funciones (Stork y Samways, 1995).

Según como plantea Villarreal *et al.* (2006) en el 'Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad', realizar un estudio de la biodiversidad a partir del inventario de especies permite evaluar, entre otras, si la riqueza de especies es alta, si la presencia de especies con rangos de distribución restringida señala la presencia de endemismos o si la disminución de la abundancia de especies y grupos se debe al efecto de disturbios humanos.

Para la realización del inventario en el área determinada se consideró la selección de grupos biológicos indicadores de biodiversidad, teniendo en cuenta los siguientes criterios para dicha selección (con base en Brown (1991) y Halffter et al., (2001) citados por Villarreal *et al.*, (2006)):

1. Taxonomía bien conocida y estable. Las especies con las que se trabaje deben ser identificables sin mayores problemas.
2. Historia natural bien conocida. Entre más numerosos y completos sean los estudios sobre el taxón alrededor del mundo, más respaldo se tendrá para la interpretación de resultados.
3. Taxones superiores con distribución en un amplio rango geográfico. Los taxones y sus especies deben encontrarse en diferentes ecosistemas.
4. Abundantes y de fácil observación y manipulación. No debe ser necesario mucho esfuerzo para encontrar individuos del grupo objeto, al igual que deben ser de fácil reconocimiento.
5. Taxones inferiores (especies y subespecies) con especificidad de hábitat y sensibles a cambios. El grado de sensibilidad del grupo objeto es útil para cuantificar disturbios o impactos si se generan cambios en el hábitat.
6. Grupo altamente diversificado taxonómica y ecológicamente. Es importante que el grupo objeto presente un número de especies tal que brinde información de lo que se desea contestar a la escala trabajada.
7. Poca estacionalidad. Es importante que las especies del grupo objeto posean pocas fluctuaciones poblacionales relacionadas con los cambios ambientales.
8. Patrones de diversidad extrapolable a otros taxones relacionados y no relacionados.

Las especies de fauna seleccionadas como grupo indicador de biodiversidad correspondieron específicamente a las aves, las hormigas y los mamíferos primates, considerando las ventajas encontradas en su análisis y según factores como una taxonomía bien definida y estable, una historia natural conocida, abundancia en la naturaleza y la facilidad para ser observadas y manipuladas;

**Tabla 1.** Relación de características principales de los grupos biológicos indicadores de biodiversidad, seleccionados para el estudio

Aves	Hormigas	Primates
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento llamativo.</li> <li>• Identificación rápida y confiable. Fáciles de detectar por medio de un inventario representativo de especies de una localidad.</li> <li>• Grupo animal mejor conocido. Hay una gran cantidad de libros con ilustraciones de casi todas las especies presentes en Colombia.</li> <li>• Su riqueza, distribución geográfica y el grado de especialización las convierten en excelentes indicadores biológicos.</li> <li>• Sensibilidad a perturbaciones en el hábitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo de insectos más diversos taxonómica y ecológicamente.</li> <li>• Dominantes numéricamente y presentan alta concentración de individuos por unidad de área.</li> <li>• Constituyen alrededor del 15% de la biomasa animal total, especialmente en los bosques tropicales.</li> <li>• Taxonomía relativamente bien conocida.</li> <li>• Fáciles de coleccionar</li> <li>• Poca estacionalidad</li> <li>• Sensibles a los cambios ambientales.</li> <li>• Cumplen funciones importantes en todos los ecosistemas.</li> <li>• Establecen interacciones estrechas con otros organismos a todos los niveles tróficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la actual necesidad de conservación, son útiles para utilizarse como un grupo indicador de biodiversidad. La presencia o ausencia de las especies de primates en los diferentes ecosistemas será una muestra de la salud de los lugares y objeto de seguimiento a lo largo del tiempo.</li> </ul>

Fuente: Villarreal y colbs., 2006.

además de su diversidad taxonómica y ecológica y su baja estacionalidad (Tabla 1).

### • **Inventario de la vegetación**

Con respecto a la vegetación como indicador de biodiversidad, se seleccionaron las zonas boscosas, teniendo en cuenta la gran biodiversidad que albergan. El área boscosa fue la primera en ser corroborada en campo con el fin de verificar su existencia y el estado de conservación apropiado para el muestreo de los diferentes grupos biológicos seleccionados (hormigas, aves, primates y árboles).

Entendiendo que un inventario debe superar un listado de especies en una determinada área, se definieron las técnicas para realizar este inventario en cada uno de los grupos de indicadores de biodiversidad determinados para el estudio.

Para obtener información acerca de las características más relevantes y el estado actual de las zonas boscosas, se realizó un inventario de las plantas leñosas encontradas en 10 transectos de 50 x 2 metros (0,1 ha), que tuvieran la medida de diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 1 cm.

Se tomaron tres muestras botánicas de cada especie para cada una de las unidades de muestreo. Las medidas tomadas correspondieron principalmente a altura y circunferencia a la altura del pecho (CAP). Para aquellos individuos que presentaban raíces superficiales o tabloides<sup>1</sup>, el CAP se tomó justo arriba de esta estructura. Esta medida fue transformada a DAP por medio de la fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

En el caso de los árboles ramificados por debajo de la altura del pecho, se tomó la medida de CAP de cada una de las ramificaciones y el DAP

total (Dt) se calculó por medio de la fórmula propuesta en Franco-Rosselli et al., en 1997:

$$Dt = \left(4 \frac{At}{\pi}\right)^{1/2}$$

El inventario de la vegetación presente en el área estudiada da cuenta de la densidad, frecuencia, dominancia, índice de valor de importancia (IVI), composición, riqueza y diversidad. Para el cálculo de cada parámetro se tuvieron en cuenta las características y fórmulas relacionadas en la Tabla 2.

A partir de la determinación taxonómica del material colectado se realizó un listado de las especies encontradas en cada unidad de muestreo, se organizó la información y se determinó la composición de familias, géneros y especies encontrados en las zonas boscosas.

La determinación taxonómica se efectuó con base en bibliografía general y especializada de la flora de la región y de los grupos taxonómicos a estudiar. Se tomó como referencia el sistema filogenético de Cronquist (1981).

### • **Inventario de aves**

Con el fin de tener una aproximación a la composición de aves de la zona (identidad y variedad) se utilizó la metodología basada en detecciones visuales y auditivas, estableciendo sitios de muestreo en cada uno de los usos del suelo priorizados. Se emplearon senderos de 5 km en cada uso de suelo analizado. Las observaciones en cada uso del suelo se realizaron durante dos días, desde tempranas horas de la mañana (5:00 - 6:00 a.m.) hasta aproximadamente las 10:30 a.m.; y en horas de la tarde desde las 4:00 p.m. hasta las 6:30 p.m. El esfuerzo de muestreo se midió en ho-

<sup>1</sup> Se llaman así a aquellas raíces que crecen en la base de los troncos de los árboles y que sobresalen de la superficie del suelo formando un trípode.

**Tabla 2.** Datos estructurales analizados de la vegetación

Densidad	Número de individuos/Número total de individuos	$D = \frac{N}{Nt}$
Densidad relativa		$Dr = \frac{N}{Nt} \times 100$
Frecuencia	Número de veces en que se aparece una especie en una submuestra/ Número total de submuestras	$F = \frac{Ni}{Nt}$
Frecuencia relativa		$F = \frac{Ni}{Nt} \times 100$
Dominancia	Sumatoria del área basal* de todos los individuos de una especie.	Área basal = $\frac{\pi}{4} \times (DAP)^2$ Área basal = $0,785 \times DAP^2$ Área basal = $0,079 \times CAP^2$
Dominancia relativa		X 100
Índice de Valor de Importancia	Determina cuán dominante es cada especie con respecto a la totalidad de las especies registradas en el muestreo. Tiene un máximo de 300	Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa

\* Área basal: este valor se expresa en cm<sup>2</sup> o m<sup>2</sup> de material vegetal por unidad de superficie de terreno.

Fuente: Villarreal *et al.*, 2006. Capítulo 4. Plantas. En: Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad.

ras totales de detección (visual y auditiva) y por distancia total recorrida. Para calcularlo, se registró diariamente la distancia recorrida, la hora de inicio y la hora final de detección. Se obtuvieron así datos de composición, abundancia, riqueza y diversidad.

- **Composición de especies.** Los datos de composición corresponden a los nombres de las especies, es decir, la información taxonómica. Además, permite conocer la identidad de las especies registradas en un muestreo y la información asociada a ellas. Con base en esto se pueden identificar las especies con un especial interés o aquellas que sirvan como indicadores de biodiversidad, como lo son registros taxonómicos de importancia para la conservación o significativos para el mantenimiento de procesos ecológicos.
- **Abundancia relativa.** Mide la proporción de cada especie en el total de especies de la comunidad. Se pueden determinar para

cada especie rangos de abundancia con el fin de identificar a cuáles especies se les podría asignar como indicadores de biodiversidad (abundante, común, poco común y rara).

- **Índice de abundancia relativa.** El estimado de la abundancia permite encontrar las especies que están determinando diferencias o igualdades entre una comunidad y otra.

#### • **Inventario de hormigas**

El inventario de las hormigas se realizó en los diferentes usos del suelo. Se emplearon las trampas de caída, que consisten en un vaso plástico de 250 ml de capacidad y de 10 cm de diámetro enterrado a ras de suelo, usando como atrayente un pedazo de salchicha (cada trampa es denominada estación). La trampa tiene como objeto apresar los insectos que, atraídos, pasan sobre ella y caen en su interior. Los vasos se llenan hasta la mitad con etanol al 70%. En esta ocasión, también se utilizaron atrayentes con cebos.

Se instalaron dos transectos lineales, cruzados entre sí, de 100 m por parche de bosque, para un total de 8 transectos ubicados aleatoriamente. Cada transecto estaba conformado por 10 estaciones (total 80), separadas 10 m la una de la otra; y en cada estación se instaló una trampa de caída con atrayente que permaneció en campo por espacio de 48 horas, y en cada estación (inicio, mitad y final del transecto) se instalaron tres trampas de cebo, ubicadas una primera sobre la superficie del suelo, la segunda amarrada al tronco de un árbol o arbusto a 1,5 m de altura y la tercera bajo el suelo a aproximadamente 10 cm de profundidad.

Posteriormente, cada muestra se guardó en un frasco con etanol al 70%, identificando el número de transecto y el número de la trampa. Se hizo la limpieza final de los frascos en laboratorio con el fin de evitar la pérdida de especímenes de tamaño pequeño. Cada morfoespecie corresponde a un número de colección diferente, la cual está asociada a los atributos consignados.

Con base en los resultados obtenidos se estimó la riqueza (número de especies o morfotipos), abundancia relativa (las respectivas proporciones de observación por especie o morfotipo, o el número de observaciones por especie o morfotipo de cada una de las especies encontradas en la muestra), frecuencia y diversidad.

#### • **Inventario de mamíferos–primates**

Debido a la reducción de hábitats en la zona, se propuso utilizar este grupo de mamíferos como indicadores de biodiversidad, ya que su presencia o ausencia podrá ser definido como un factor importante al momento de establecer el grado de conservación del lugar y será una pauta importante para la conservación de este grupo de organis-

mos. Mediante el seguimiento y observación de los diferentes especímenes, detección de huellas, excrementos y frutos comidos, se conocieron las especies presentes en cada uso del suelo. Se obtuvieron datos de presencia, número de individuos y grupos de cada una de las especies registradas.

#### • **Análisis de la diversidad**

La diversidad se evaluó para los grupos indicadores de biodiversidad que fueron identificados en todos los usos del suelo (bosque, palma aceitera, arroz y pasturas) con el fin de tener más parámetros para evaluar su estado actual en cada lugar y su contribución tanto con el mantenimiento como con la conservación de la biodiversidad. Se estimó la diversidad alfa, teniendo en cuenta que no se estimaba realizar comparaciones entre los usos del suelo.

Para el análisis de los datos de biodiversidad dentro de cada grupo se empleó el programa Stimates 8.0 y los parámetros sugeridos por Villarreal et al. (2006), y con base en estos se calculó la biodiversidad a nivel local o la denominada biodiversidad alfa, especificada en la Tabla 3.

Las curvas de acumulación de especies se aplicaron para estimar el número de especies esperadas a partir de un muestreo. Indica cómo el número de especies se va acumulando en función del número acumulado de muestras, siendo totalmente útil al momento de tener un problema de submuestreo, pues los valores extrapolados o la riqueza esperada se puede utilizar como una medida de la diversidad alfa.

Con el fin de realizar una calificación de la biodiversidad a cada uso del suelo, según la biodiversidad encontrada se asignó un puntaje de 0,0 al uso del suelo más pobre en biodiversidad y de 1,0 al más rico en ella.<sup>2</sup>

2 Esta calificación fue asignada según los valores de biodiversidad (composición, estructura, riqueza y diversidad) encontrados en el inventario de vegetación, aves, hormigas y primates realizado entre los meses de julio y noviembre de 2007.

**Tabla 3.** Índices de la biodiversidad analizados

ÍNDICES DIRECTOS	
Riqueza de especies	Número de especies por sitio de muestreo
Margalef	Relaciona el número de especies de acuerdo con número total de individuos.
Michaelis-Menten	Estima la riqueza de especies por muestra del total de especies
<b>MÉTODOS NO PARAMÉTRICOS.</b> Utilizados cuando no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a algún modelo determinado. Se emplean generalmente cuando no se tiene datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie.	
CHAO2	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).
CHAO1	Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).
ÍNDICES DE ABUNDANCIA PROPORCIONAL	
Simpson	Es un índice de dominancia, es decir, tiene en cuenta las especies que están mejor representadas sin tener en cuenta a las demás. El índice de Simpson muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.
<b>ÍNDICES DE EQUIDAD.</b> Tienen en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas.	
Shannon-Wiener	Asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, determinando un promedio de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar.

Fuente: Villarreal *et al.*, 2006. Capítulo 7. Métodos para el análisis de datos. En: Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad.

### 3.2. DISEÑO DEL ESQUEMA DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN CASTILLA LA NUEVA

Una vez determinados los inventarios y las medidas de la diversidad para cada uno de los usos de suelo analizados, se define un Índice de Biodiversidad a partir de la combinación de puntos asignados y con base en la información obtenida de los inventarios y análisis de biodiversidad de los grupos bioindicadores (composición, estructura y diversidad que presentaron las aves, hormigas, primates y vegetación) relacionado con cada tipo de suelo. Se procedió a asignar una calificación en términos de biodiversidad a cada uso del suelo, de tal manera que el tipo

de uso del suelo más pobre en biodiversidad (monocultivos) tendría un puntaje de 0,0 y el uso del suelo más rico en ella (bosque de galería, bosque de tierra firme) una calificación de 1,0. A partir de esto se asignaron índices para otros usos del suelo (en total 28), conformando un espectro de calificación asignada.

La propuesta metodológica para la construcción del esquema de PSA en Conservación de la Biodiversidad en Castilla La Nueva, se orienta principalmente hacia la definición del

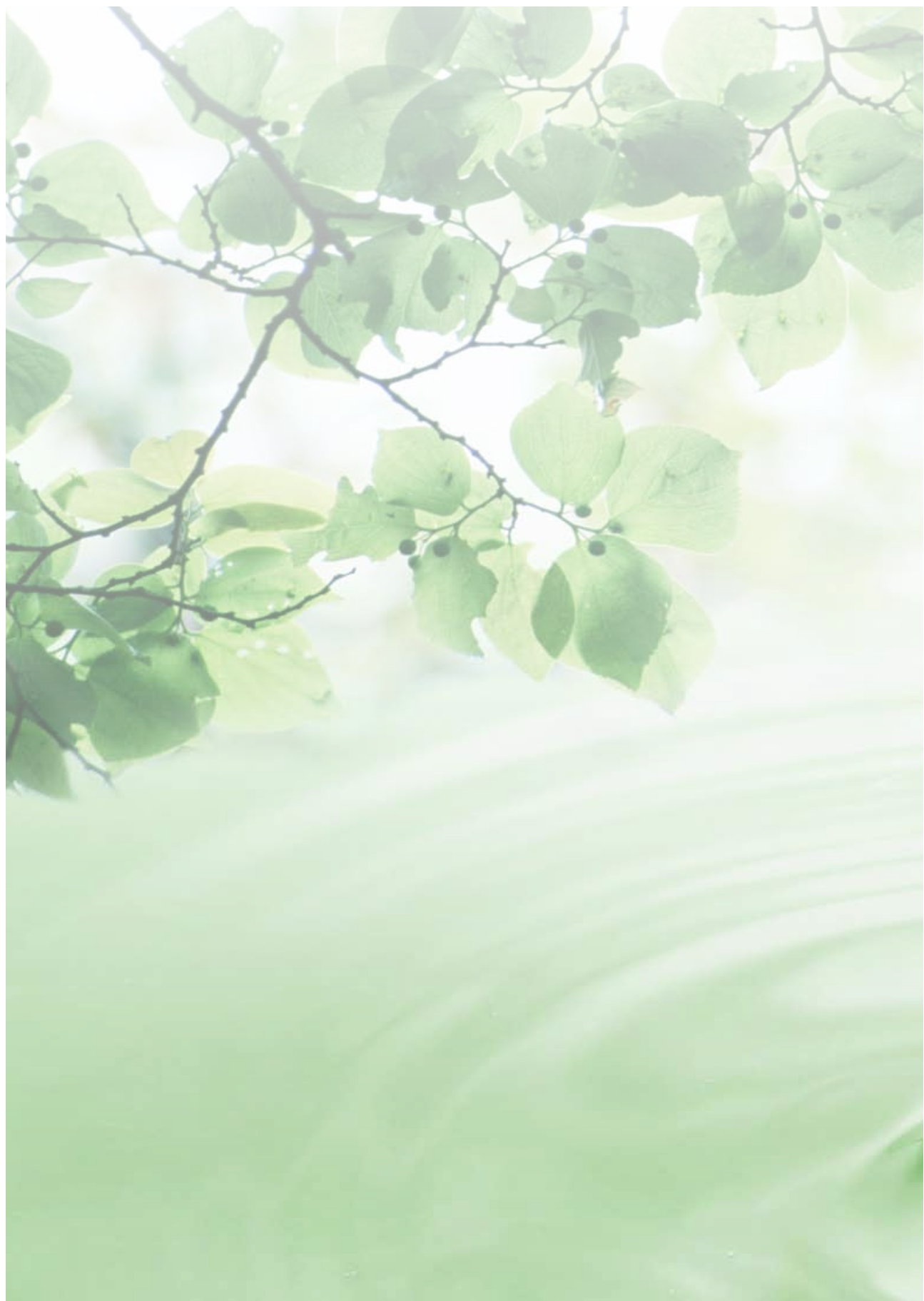
valor que debería ser reconocido a los oferentes del servicio y la propuesta de un mecanismo de compensación o reconocimiento de este valor. Para ello, el análisis se inicia con la identificación del costo de oportunidad de conservación y restauración, que consiste en el costo que asumiría el proveedor del servicio ambiental y a la relación costo-beneficio, debido al cambio en el uso del suelo que adoptaría para contribuir con la conservación o restauración de la biodiversidad.

Este esquema se fundamentó en el análisis independiente de cada sistema productivo con el fin de determinar los costos o inversión para su implementación y así, con base en estos, estimar la compensación por el cambio de sistemas productivos hacia unos más sostenibles y ecológicos.

Teniendo en cuenta que los sistemas productivos más relevantes del área donde se propone el proyecto son palma de aceite, cítricos,

ganadería y arroz, estos se constituyen en la base del estudio económico y ambiental para la obtención de los costos de oportunidad de conservación.

El valor a reconocer, pagar o compensar por el servicio ambiental por hectárea prestado, se determina a través del análisis del promedio en que deberían incurrir los oferentes del servicio ambiental por el cambio en el uso del suelo. Este será el valor a pagar por el punto generado en biodiversidad. La ecuación es determinada por la sumatoria de los costos de cada sistema y su respectiva división entre los números de la muestra, permitiendo establecer el valor que tiene que asumir el productor por cambiar de sistema de producción y de esta forma hallar la compensación que se le tiene que hacer a la población para sopesar el costo en el que incurrieron por este cambio, además de tener en la cuenta el aporte en biodiversidad.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. LÍNEA BASE DE LA BIODIVERSIDAD

#### • Usos del suelo

Los usos de suelo más predominantes en el área de estudio y sobre los cuales se realizó el análisis comparativo de biodiversidad, se relacionan en la Tabla 4 y en la Figura 2. Es de recordar que lo referente al análisis de la vegetación se realizó únicamente sobre el área boscosa, teniendo en cuenta que los demás usos de suelo o cobertura hacen referencia a monocultivos.

#### • Inventario de la vegetación

El área boscosa de la zona en estudio se caracteriza por presentar un componente arbóreo claramente definido, junto con una gran variedad de especies lianescentes, arbustos y hierbas en menor proporción. Sus suelos contienen gran cantidad de hojarasca acumulada y son arcillosos; su nivel freático es moderado; y las zonas solamente son inundadas en épocas de lluvia. Los árboles del dosel<sup>1</sup> presentan alturas entre los 15 y 30 m, con DAP mayores de 10 cm.

Los relictos presentes en esta área corresponden principalmente a nacederos de caños y ríos, donde especies de palmas como *Euterpe predatoria* (conocida vulgarmente como Palmito o Ramiahorcado) y *Socratea exorrhiza* (Palma caminadora jira o Palma de zancos) son muy comunes y conforman tanto el sotobosque<sup>2</sup> como el dosel. La *Trattinickia rhoifolia* (conocida vulgarmente como Caraño o Anime) y la *Quararibea* sp., son las especies más abundantes con 26 y 21 individuos, registrándose en todas la parcelas trazadas.

En los estratos bajos (menores a 10 m) se encuentra gran variedad de especies leñosas, indicando el estado de conservación y la baja proporción de extracción y/o tala selectiva del material leñoso joven. En este estrato es muy común encontrar individuos de *Mabea* sp. (Lucua) y *Pseudolmedia laevis* (Lechechiva).

En un área de 0,1 ha (1.000 m<sup>2</sup>) muestreada se registró un total de 543 individuos leñosos

**Tabla 4.** Usos de suelo del área en estudio de Castilla La Nueva (Meta)

Uso de suelo 1	Bosque	1.258 ha
Uso de suelo 2	Palma de aceite	2.446 ha
Uso de suelo 3	Arroz	1.630 ha
Uso de suelo 4	Pasturas	9.330 ha

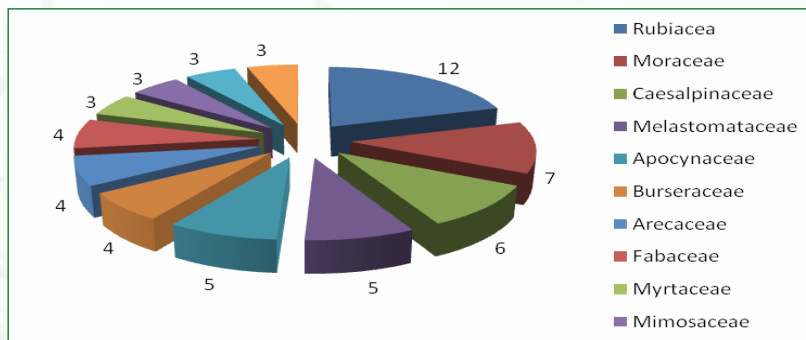
1 Dosel hace referencia a los estratos o capas que forman el conjunto de copas de los árboles dominantes, con su follaje y troncos, en un bosque. A veces se emplea como término referido al dosel de mayor altitud, compuesto por las copas más altas.

2 El sotobosque corresponde a la parte del bosque situado por debajo del dosel. Está formado principalmente por árboles jóvenes, arbustos o hierbas.

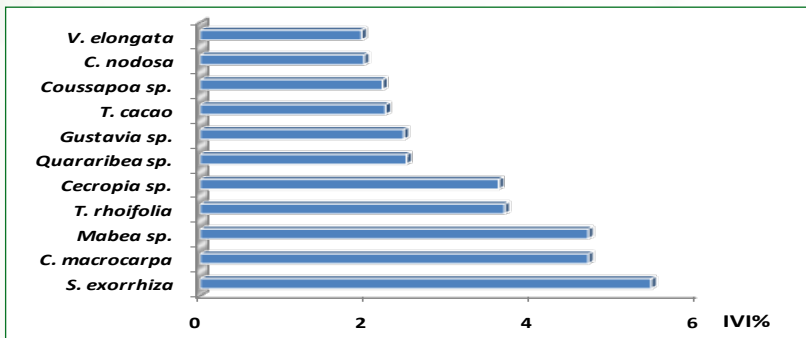
con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 1 cm (CAP>3 cm), correspondientes a 136 especies y 36 familias.

Las monocotiledóneas estuvieron representadas por dos familias: Arecaceae y Zingiberaceae (*Phenakospermum guyanense*, conocido como Tarriago y con características arbóreas); mientras las dicotiledóneas por treinta y cuatro (34). Las familias dicotiledóneas más representativas fueron Rubiaceae (12), Moraceae (7) y Caesalpinaceae (6) (Figura 3).

El índice de valor de importancia (IVI) encontrado para los bosques muestreados da cuenta de que las especies más importantes según su densidad, frecuencia y dominancia fueron *Socratea exorrhiza* (Palma caminadora jira o Palma de zancos y conocida en la región como Palma choapo), *Couma macrocarpa* (Perillo Juan soco), *Cecropia sp.*, *Trattinnickia rhoifolia* (Caraño), *Quararibea sp.* y *Byrsonima crispera* (Lacre), como lo muestra la Figura 4.



**Figura 3.** Número de familias, géneros y especies registradas en las zonas boscosas



**Figura 4.** IVI para especies arbóreas en zonas boscosas de Castilla La Nueva

**Tabla 5.** Número de familias, géneros y especies registradas en las zonas boscosas de Castilla La Nueva, 2007

Clase	Familias	Géneros	Especies
Monocotiledóneas	2	6	6
Dicotiledóneas	34		130

Se destaca, por su mayor valor de IVI, la Palma choapo (*Socratea exorrhiza*), siendo la especie más importante alcanzando un valor de 15. Cabe resaltar que el valor de IVI obtenido por *Couma macrocarpa* (árbol vaca) es atípico, ya que es una especie muy poco frecuente y escasa; este valor se obtuvo ya que el individuo muestreado presentó un DAP muy elevado (56 cm) con respecto a otros, y en estos bosques no es común encontrar individuos tan grandes, ya que han sido intervenidos en ocasiones pasadas y en el momento se encuentran en regeneración.

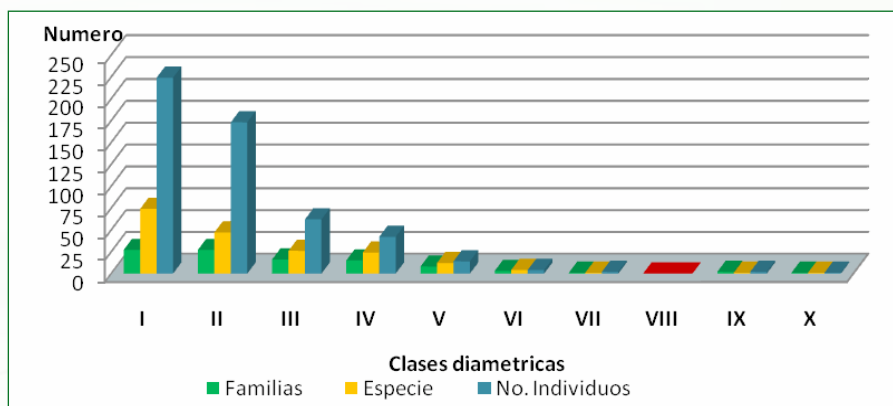
Así mismo, se realizó una distribución de frecuencias y se obtuvieron 10 clases diamétricas (Tabla 6) para los 543 árboles inventariados, donde existe una notable abundancia de individuos en el sotobosque con alturas menores a los 3 m (191 individuos), mientras que en las mayores alturas (dosel) son pocos los individuos presentes. Las especies más abundantes para la clase I fueron *Quararibea sp.*, con 14 individuos; *T. rhoifolia*, con 12 individuos; y *Mabea sp.*, con 10. Esta clase diamétrica fue la más diversa, ya que se encontró un total de 27 familias y 52 especies, cerca del 70% del total de las familias y especies encontradas para todas las alturas.

En las clases diamétricas II y III, donde los individuos no sobrepasan los 9 m, se encontraron 173 y 62 individuos respectivamente, donde *T. rhoifolia* sigue siendo abundante, pero se empieza a notar una heterogeneidad en las especies y el número de individuos.

Estas características encontradas son muy comunes en los bosques naturales debido a que existen pocos individuos con alturas superiores a los 20 m, ya que éstos alcanzan áreas basales enormes y con doseles extendidos varios metros sobre el suelo, siendo las especies dominantes y grandes generadoras de la dinámica del bosque. Las especies de poca altu-

**Tabla 6.** Grupos de intervalos para los árboles muestreados

Clase Diamétrica	Intervalos de altura (metros)
I	1 a 3
II	3,1 a 6
III	6,1 a 9
IV	9,1 a 12
V	12,1 a 15
VI	15,1 a 18
VII	18,1 a 21
VIII	21,1 a 24
IX	24,1 a 27
X	27,1 a 30



**Figura 5.** Número de familias, especies e individuos por clases diamétricas

ESPECIES DE ÁRBOLES DEL ÁREA DE ESTUDIO DE CASTILLA LA NUEVA



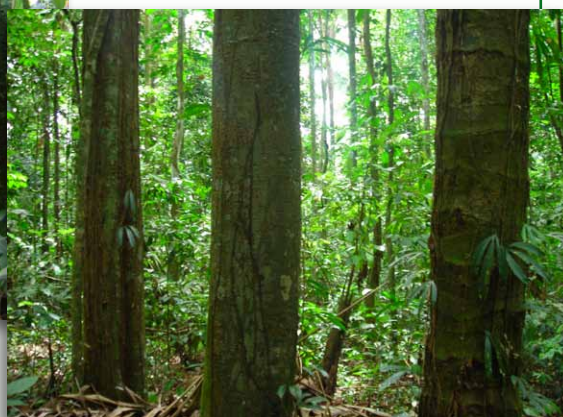
*Himatathus articulatus*



*Phenakospermun guyanense*



*Socratea exorrhiza*



Vegetación nativa

ra (menores a 3 m) son abundantes y corresponden a aquellas que generalmente se encuentran conformando el sotobosque, siendo los renuevos y futuros individuos dominantes en el bosque.

En un área total de 1.000 m<sup>2</sup> muestreados se encontraron 1.977 m<sup>2</sup> de área basal para individuos leñosos con un DAP mayor a 1 cm, en donde la mayor concentración de área basal se registró para los individuos con alturas entre los 9 y 12 m (grupo IV), según lo indica la Figura 6. En esta clase diámetrica se destacan especies como *Pseudolmedia laevis*, *Guarea kuntiana* (Cedrillos) y *Mabea* sp., las cuales alcanzan grandes diámetros en sus fustes conformando 23% de total del área basal del bosque.

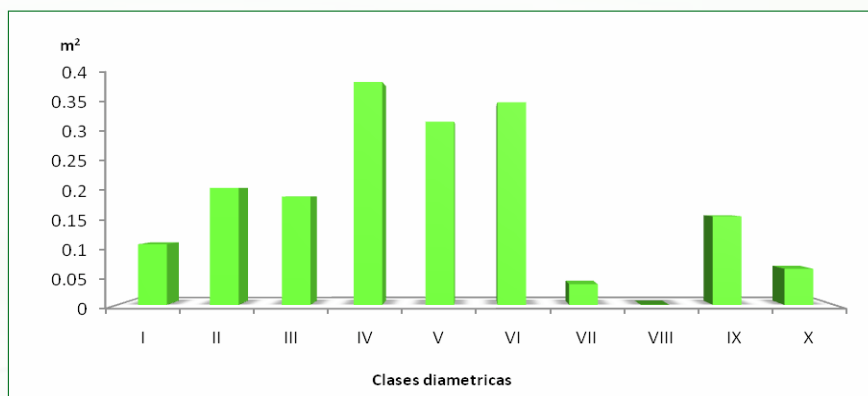
En cuanto a la abundancia, *Trattinickia rhoifolia*, *Mabea* sp. y *Quararibea* sp. fueron las que presentaron mayor número de individuos por unidad de área. Son las especies más frecuentes en los bosques muestreados y con las mayores áreas basales grandes a pesar de ser de porte pequeño y muy comunes en el sotobosque.

Teniendo en cuenta el IVF (índice de valor de importancia de las familias), la familia más importante por su densidad, dominancia y diversidad fue la Arecaceae. Las especies de pal-

mas encontradas en las zonas boscosas son muy comunes; es el caso de la *S. exorrhiza*, que fue la especie más importante según el IVI. En estas zonas de los Llanos Orientales es muy común encontrar palmas como *Euterpe precatoria*, *Oenocarpus bataua*, *Astrocaryum aculeatum* y *Mauritia flexuosa* (Moriche), entre otras (Tabla 7).

**Tabla 7.** Especies de árboles encontrados en el inventario realizado en el área de estudio de Castilla La Nueva.

Nombre científico	Nombre Común
<i>Euterpe predatoria</i> ,	Asai
<i>Socratea exorrhiza</i>	Palma Caminadora
<i>Trattinickia rhoifolia</i>	Caraño
<i>Quararibea</i> sp.	Zapote
<i>Mabea</i> sp. y	Lucua
<i>Phenakospermum guyanense</i>	Platanillo
<i>Couma macrocarpa</i> ,	Árbol de la vaca
<i>Cecropia</i> sp.,	Yarumo
<i>Byrsonima crista</i>	Espino Blanco
<i>Pseudolmedia laevis</i>	Lecheviva, Lecheperra
<i>Guarea kuntiana</i>	Caobilla
<i>Oenocarpus bataua</i>	Palma de seje
<i>Astrocaryum aculeatum</i>	Palma de cumare
<i>Mauritia flexuosa</i>	Moriche



**Figura 6.** Distribución del área basal (m<sup>2</sup>) por clase diamétrica

## • Inventario hormigas

En cuanto a la mirmecofauna, que hace referencia a la fauna de hormigas del área en estudio, y en cada uno de los usos de suelo analizado, se registran especies forrajeras epígeas (presentes a nivel del suelo) y algunas hipógeas (en la hojarasca).

Para las zonas boscosas se registró un total de 31 especies de hormigas pertenecientes a 5 subfamilias, mientras que en las áreas con cobertura en pasturas se registraron 13 especies y 14 en palma de aceite; y en las áreas cultivadas en arroz solamente se observó una especie (Tabla 8). Teniendo en cuenta la complejidad de la taxonomía de las hormigas y la dificultad para identificar esta especie, se determinan como morfoespecie, lo cual significa que son diferentes especies pero que no se les asigna un nombre científico, para lo cual se anotan como sp1 sp2 con el fin de diferenciar las especies que pertenecen a una misma familia. Igualmente se pueden diferenciar por subfamilia, ya que algunas comparten hábitos de forrajeo.

En el área con cobertura boscosa, la subfamilia con mayor número de especies fue la Myrmicinae (11), donde se destacan especies de *Crematogaster* sp. (Sp17) la cual es muy frecuente y se encuentra en grupos grandes (más de 50 individuos). En general, los miembros de este grupo presentan hábitos de forrajeo en el suelo y hojarasca, encontrándose hasta en las partes altas de los árboles. Se caracteriza por ser muy frecuente y abundantes, razón por la que los registros de especies de esta subfamilia se dieron en todas las unidades de muestreo.

Los grupos encontrados son característicos de zonas boscosas, aunque se pueden encontrar en otros usos del suelo como pasturas, palma y

arroz; pero por lo general sus colonias se encuentran bajo la cobertura arbórea, dentro de material vegetal en descomposición o bajo la hojarasca.

La pérdida de la cobertura arbórea y deterioro del suelo es una causa directa de la pérdida de especies. Es el caso de las Ponerinas (Ponerinae), las cuales son hormigas depredadoras que se alimentan también de nectarios y exudados de homópteros. En su mayoría, las obreras salen solas a cazar y recolectar y llevan el alimento al nido (Hölldobler y Wilson, 1990). La pérdida de los atributos naturales de la vegetación genera una disminución de su población. En este caso, la morfoespecie Sp1 (Ponerinae) fue la más abundante (77%) y frecuente (16%) en las zonas boscosas; sin embargo, fue la única especie registrada para todos los usos del suelo. Esta especie se caracteriza por presentarse sola o en grupos pequeños (menos de 5 individuos) y es habitual encontrarla en el suelo y en la parte baja de los árboles, en pasturas, cultivos de arroz y palma de aceite (Figura 8).

Con base en el número de especies capturadas y el número de muestras (trampas) se estimó la riqueza específica (número de especies) con el propósito de establecer el esfuerzo de muestreo realizado. Con respecto a esto, se encontró que faltaron pocas especies por entrar en todos los muestreos, ya que según estimadores de riqueza como Chao1 y ACE se debieron coleccionar cerca de 37 especies en bosque, mientras en los cultivos de palma africana y pasturas se estiman tan solo 14 especies. En todos los muestreos se registraron más del 80% de las esperadas, por lo cual dichos muestreos fueron representativos y sirven para hacer comparaciones y utilizarlos como indicadores de biodiversidad (Figura 9).



**Figura 7.** Morfotipo (*Ponerinae*, M1) más abundante en los diferentes usos del suelo evaluados

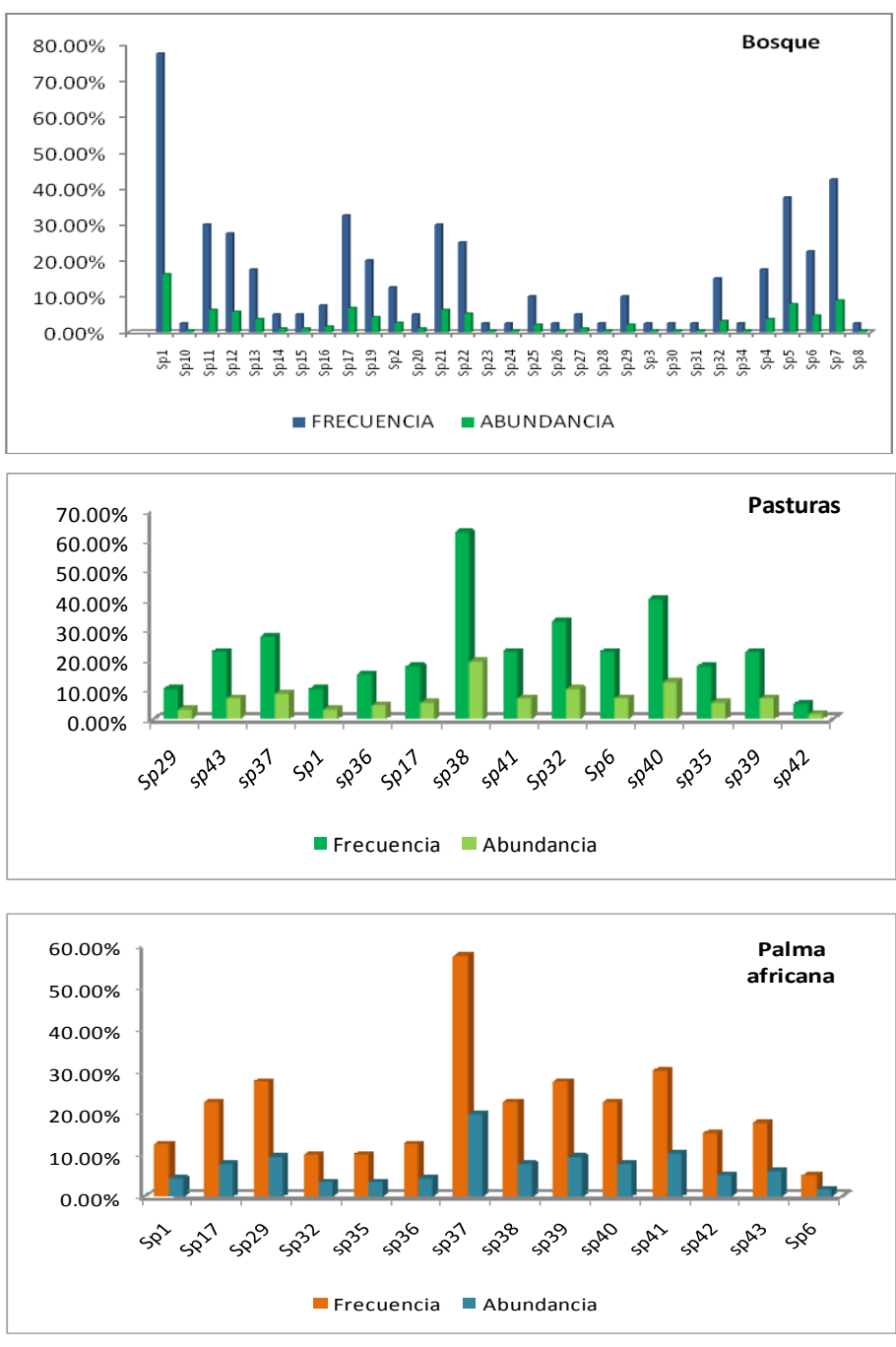
**Tabla 8.** Presencia de hormigas según cobertura y uso del suelo.

Cobertura y uso del suelo	Subfamilia	Género	Morfoespecie
Bosques	Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i>	Sp15, Sp11, Sp14, Sp34, Sp8.
	Formicinae	<i>Camponotus</i>	Sp24
		Gigantiops	Sp23, Sp2, Sp21, Sp26, Sp28, Sp3, Sp30.
	Myrmicinae	<i>Blepharidatta</i>	Sp5
		<i>Crematogaster</i>	Sp17
		Octostruma	Sp32, Sp10, Sp12, Sp13, Sp25, Sp29, Sp31, Sp6, Sp7.
	Ponerinae	<i>Anochetus</i>	Sp20, Sp1, Sp16, Sp19, Sp22, Sp4.
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i>	Sp27	
Pasturas	Myrmicinae	<i>Crematogaster</i>	Sp17
		Octostruma	Sp32
	Ponerinae		Sp1, Sp35, Sp36, Sp37, Sp38, Sp39, Sp40, Sp41, Sp42, Sp43.
Palma de aceite	Myrmicinae	<i>Crematogaster</i>	Sp17
		Octostruma	Sp32, Sp29, Sp6
	Ponerinae		Sp1, Sp35, Sp36, Sp37, Sp38, Sp39, Sp40, Sp41, Sp42, Sp43.
Arroz	Ponerinae		Sp1

**Tabla 9.** Índices de diversidad para hormigas en cada uso del suelo

Uso del suelo	Shannon	Simpson
Bosque	2,93	14,87
Palma de aceite	2,47	11,08
Arroz	0	0
Pasturas	1,63	2,63

Por tanto, a mayor número mayor diversidad, según el índice de Shannon; y como indica el índice de Simpson, entre más alto representa mayor diversidad, porque no hay dominancia de una sola especie.



**Figura 8.** Abundancias relativas y frecuencias de los morfotipos de hormigas encontrados en diferentes usos del suelo

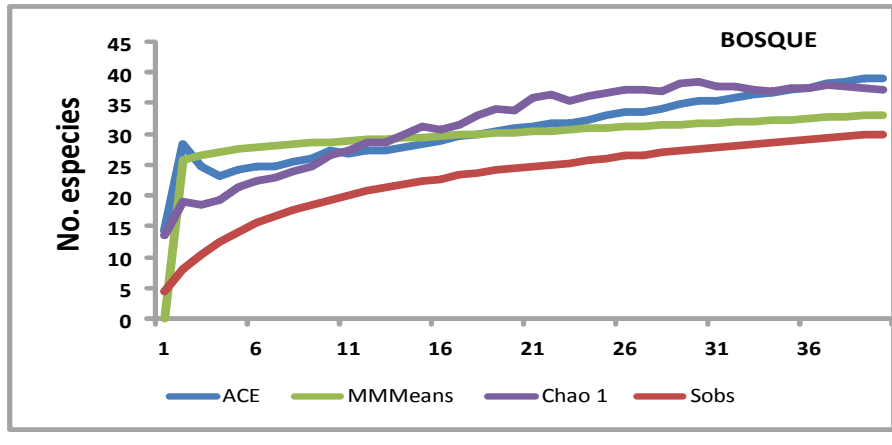
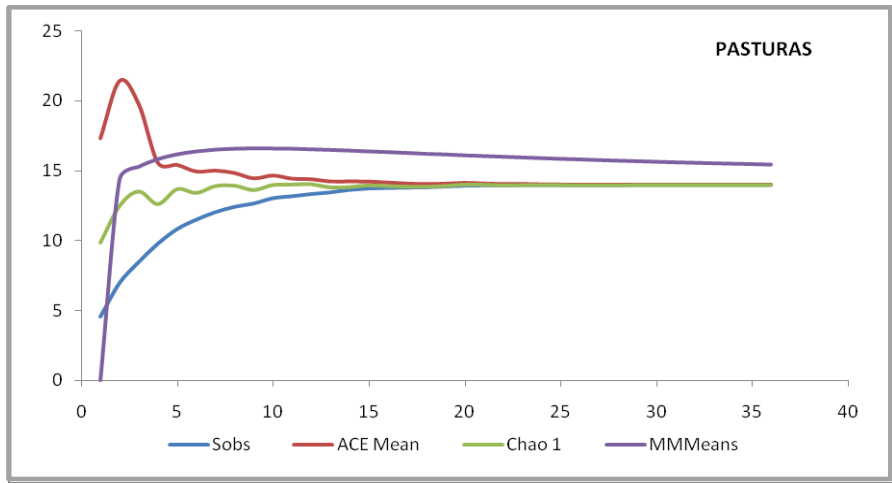
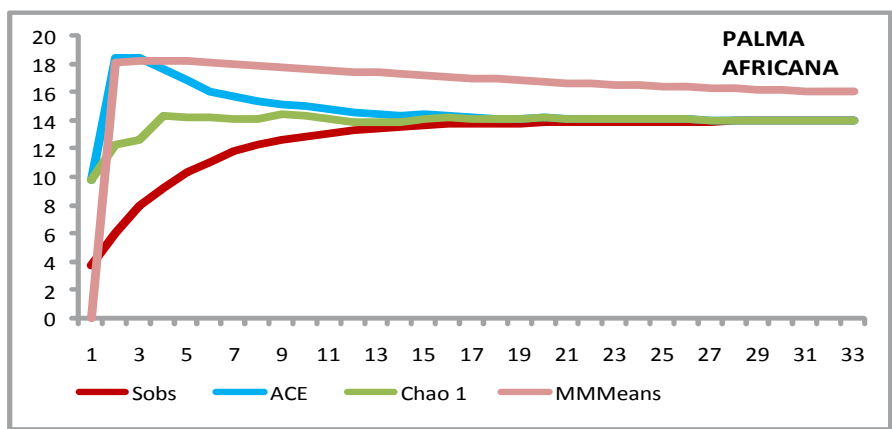


Figura 9. Curvas de acumulación de especies de hormigas en diferentes usos del suelo

- **Inventario aves**

El análisis a la avifauna registra un total de 582 individuos pertenecientes a 102 especies asociadas a los usos de suelo relictos de bosque, cultivos de arroz, palma de aceite y pasturas.

En las zonas boscosas se encontraron 418 individuos, pertenecientes a 67 especies de 28 familias de las cuales más del 80% son exclusivas de estas zonas. La especie más abundante fue *Cyanocorax violaceus* (Pollo Char), que se caracteriza por encontrarse en el dosel del bosque y en grupos de no más de 5 individuos, además de producir sonidos llamativos. A esta especie se le puede encontrar, en su mayoría, en las horas de la tarde, y se alimenta de toda clase de frutas, insectos, reptiles, pequeños mamíferos, pequeñas aves, por lo cual puede encontrarse en diferentes

hábitats, como en las plantaciones de palma africana y pasturas (Tabla 10).

Especies migratorias como *Egretta caerulea*, *Tyrannus tyrannus*, *Seiurus noveboracensis*, *Piranga rubra*, *Dendroica tigrina*, *Dendroica castanea* y *Coccyzus americanus*, son de gran importancia y su población se ha venido reduciendo por la alteración de sus hábitats debido a la deforestación, al aumento de la frontera agropecuaria y demás acciones del hombre (Tabla 11).

Las especies de loros, familia Psittacidae (*Amazona ochrocephala*, *Ara severa* y *Ara manilata*), solo se registran para los remanentes de bosque; éstas buscan refugio en las palmas de *Euterpe precatoria* y árboles de dosel como *Couma macrocarpa* y *Ficus sp.* Esta es-

**Tabla 10.** Especies de aves de mayor abundancia en los diferentes usos del suelo

Hábitat	Nombre científico	Nombre común	Abundancia
Bosque	<i>Cyanocorax violaceus</i>	Pollo Char	31
	<i>Milvago chimachima</i>	Chiriguare	18
	<i>Pteroglossus castanotis</i>	Tucán Colorido	18
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bichofué	16
	<i>Amazona ochrocephala</i>	Lora Freteamarilla	13
Arroz	<i>Eudocimus albus</i>	Corocora Blanca	12
	<i>Eudocimus ruber</i>	Corocora	12
	<i>Phimosus infuscatus</i>	Coquito	8
	<i>Egretta caerulea</i>	Garcita Blanca	7
	<i>Syrigma sibilatrix</i>	Garza Sivadora	1
Palma	<i>Quiscalus lugubris</i>	Cocha-Chamón	8
	<i>Milvago chimachima</i>	Chiriguare	7
	<i>Crotophaga major</i>	Garrapatero Grande	6
	<i>Pteroglossus castanotis</i>	Tucán Colorido	6
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bichofué	4
Pasturas	<i>Cyanocorax violaceus</i>	Pollo Char	8
	<i>Eudocimus albus</i>	Corocora Blanca	7
	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo	6
	<i>Zenaida auriculata</i>	Paloma Torcaza	6
	<i>Cercibis oxycerca</i>	Ibis Negro	5

**Tabla 11.** Especies de aves migratorias registradas en los diferentes usos del suelo analizados en Castilla La Nueva, 2007

Familia	Nombre científico	Arroz	Bosque	Pasturas	Total general
Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	X		X	12
Cuculidae	<i>Coccyzus americanus</i>		X		6
Parulidae	<i>Dendroica castanea</i>		X		2
	<i>Dendroica tigrina</i>		X		7
	<i>Seirus noveboracensis</i>		X		3
Thraupidae	<i>Piranga rubra</i>		X		8
Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>		X		8

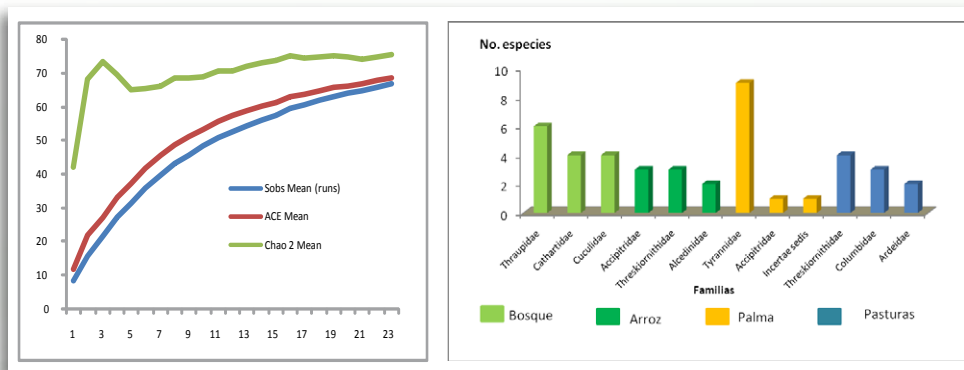
pecie de aves es considerada como amenazada, debido a su tráfico ilegal.

En las zonas ribereñas es común encontrar *Megaceryle torquata* y *Rhamphocelus carbo*, mientras individuos de *Piranga rubra* son de fácil detección en las zonas más alejadas de los cursos de agua. En su mayoría, las especies registradas en las zonas boscosas no se encuentran en otro lugar, pues necesitan de cobertura arbórea para su reproducción y alimentación.

La especie *Pteroglossus castanotis* se registró para varios usos del suelo; es muy común encontrarla en los pastizales y los cultivos de

palma, en donde busca refugio y alimento. En las zonas abiertas como los cultivos de arroz y pastizales, es común encontrar al garrapatero (*Milvago chimachima*) en grupos de máximo 10 individuos juveniles, mientras los adultos permanecen en pareja.

Continuando, se agruparon los registros tomados en el estudio en muestras de 20 individuos. Para el área correspondiente al uso de suelo y cobertura boscosa se obtuvieron 23 muestras y se realizaron las curvas de acumulación de especies, donde se indica que se registró más del 80% de las especies que se estipula se debieron tomar (Figura 10).



AVES IDENTIFICADAS EN DIFERENTES USOS DEL SUELO



Pava. *Ophithocomus hoazin*



Carraco (Carancho)  
*Caracara plancus*, en pasturas.



Garza. *Egretta caerulea* (Juv.)



Ibis de Cara Roja. *Phimosus infuscatus*

- **Inventario primates**

Este bioindicador se analizó con base en su presencia o ausencia. Según las observaciones y seguimientos realizados, se reconocen cuatro especies de primates: *Callicebus cupreus* (socayo rojo), *Allouata seniculus* (arawato o aullador), *Aotus brumbacki* y *Saimiri sciureus* (mico ardilla), siendo esta última la más

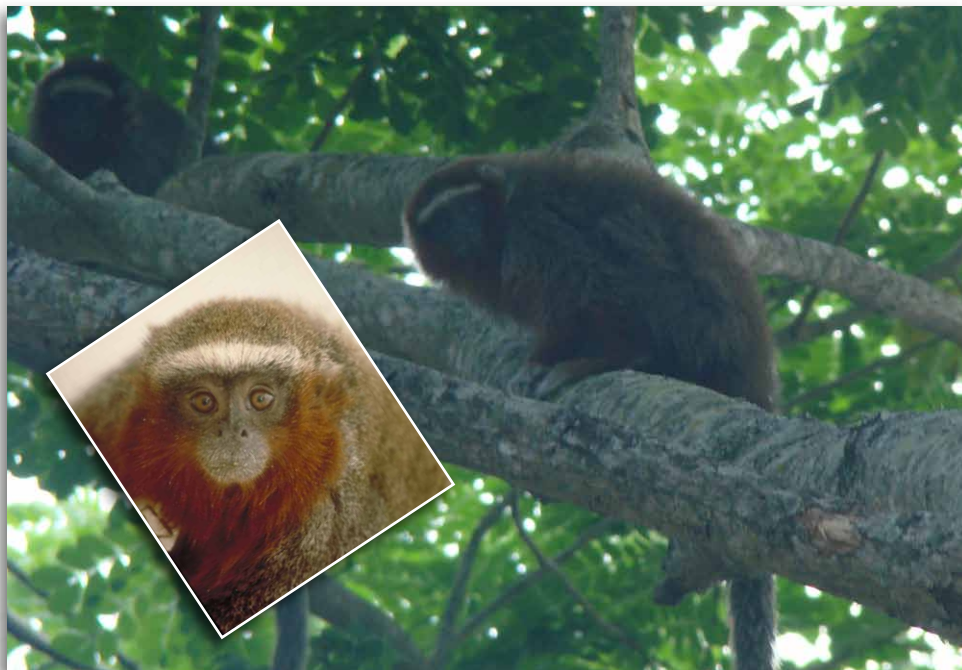
abundante, la cual se encuentra en grupos de más de 20 individuos.

Las zonas boscosas del área están relegadas a parches, bordes de caños y ríos y morichales. Las poblaciones se hallan separadas de otras debido a la discontinuidad en las “matas de monte”; tan solo se observa al *S. sciureus* bajar de los árboles para cruzar potreros, carreteras y cultivos.

#### 4.2. ESQUEMA DE COMPENSACIÓN POR LA GENERACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN CASTILLA LA NUEVA

De acuerdo con los resultados, se visualiza la posibilidad de establecer un programa de conservación de la biodiversidad propiciando la protección de las zonas boscosas (bosques de galería y de tierra firme) y la implementación de prácticas agropecuarias amigables a partir de Sistemas Agroforestales.

Es necesario tener en cuenta que los servicios de biodiversidad no se venden de manera directa, sino que se venden los usos de suelo específicos que se considera protegen a las especies, los ecosistemas y la diversidad genética.



*Callicebus cupreus ornatus*

Con el fin de generar una herramienta para la conservación de la biodiversidad –específicamente en un área donde la deforestación ha sido la causa de una pérdida considerable de la misma– y en consecuencia de los bienes y servicios ambientales que provee, el pago o compensación por la generación de servicios ambientales (PSA) permitirá a quienes estén interesados en proveer el servicio, recibir una compensación por realizar cambios en el uso de la tierra por usos y técnicas que contribuyan a la conservación y aumento de dicha biodiversidad.

En términos mucho más aplicables a la operatividad del esquema, el PSA se fundamenta en que se le pagará al propietario del predio por el servicio de CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD que éste genere y por la adopción de nuevos usos de suelos orientados principalmente hacia sistemas agroforestales o prácticas silvopastoriles, para lo cual se propone la definición de los índices de biodiversidad obtenidos de la cuantificación o estimación de los indicadores tales como IVI y biodiversidad en aves, hormigas y primates, como lo muestra la Tabla 12.

Tabla 12. Índice de Biodiversidad

No.	Tipo de Uso de la Tierra	Índice de Biodiversidad
1	Cultivo de ciclo corto*	0*
2	Pastura degradada	0*
3	Pastura natural sin árboles*	0,1
4	Pastura mejorada sin árboles	0,2
5	Cultivo de semi-perennes	0,2
6	Pastura natural con baja densidad de árboles (menos del 30% de sombra).	0,3
7	Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,3
8	Cerca viva nueva o establecida con poda frecuente (en cuanto km o metros).	0,3
9	Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0,4
10	Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,4
11	Banco forrajero de gramíneas	0,5
12	Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0,6
13	Banco forrajero con leñosas	0,5
14	Pastura natural con alta densidad de árboles	0,5
15	Policultivo de frutales	0,5
16	Cerca viva multiestrato o barrera rompe viento	0,5
17	Plantación de palma Africana*	0,5*
18	Banco forrajero diversificado	0,6
19	Cultivo de café con sombrío de árboles	0,7
20	Pastura mejorada con alta densidad de árboles	0,7
21	Bosque o plantación de guadua o bambú	0,7
22	Plantación de maderables en monocultivo	0,7
23	Plantación de maderables diversificada	0,8
24	Sistema silvopastoril intensivo	0,9
25	Bosque secundario intervenido	0,9
26	Bosque ripario o ribereño (30 m de ancho)	1,0
27	Bosque de Galería*	1,0*
28	Bosque de tierra firme	1,0*

\*Usos del suelo donde se realizó el inventario de los grupos indicadores de biodiversidad.

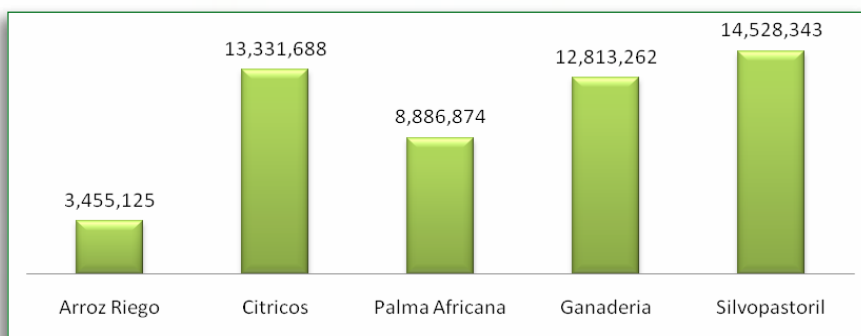
- **Definición de costo de oportunidad de conservación y restauración**

Como se mencionó anteriormente, este costo de oportunidad consiste en el costo que asumiría el proveedor del servicio ambiental y a la relación costo-beneficio, en contraprestación con el uso del suelo que adoptaría para contribuir con la conservación o restauración de la biodiversidad.

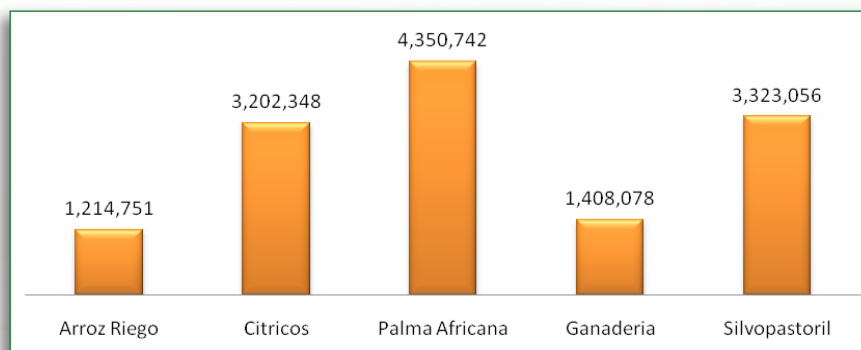
Con respecto al análisis de costos o egresos, se observa que el cultivo del arroz presenta egresos bajos en comparación con otros sistemas por tratarse de un cultivo de ciclo corto, lo que genera una inversión pequeña por hectárea, diferente de la palma de aceite, el sistema silvopastoril y los cítricos que comienzan a recibir ingresos a partir del cuarto

o quinto año, dependiendo de la calidad del suelo (Figura 11). Los cítricos en su primeras cosechas presentan índices bajos de producción, siendo necesario tener disponible efectivo para cubrir los costos de mantenimiento durante al menos el cuarto año que empieza el periodo productivo.

Por otra parte, la utilidad promedio por año de los sistemas productivos es más alta en el cultivo de palma de aceite, seguido del sistema silvopastoril. En este caso específico se tiene que medir y valorar no solo desde la parte económica sino también la ambiental, pues el sistema silvopastoril está en una segunda línea de utilidad a nivel económico, pero a nivel ecológico y sostenible tiene un mayor grado de importancia que la palma de aceite (Figura 12).



**Figura 11.** Egresos de las actividades productivas durante los primeros cinco años a precios año 2008 (\$/ha)



**Figura 12.** Utilidad promedio año por actividad (\$/ha/año)

Para hacer una transformación de sistema productivo lo primero que se tiene que hacer es analizar los costos en los que se incurre para realizar este cambio y determinar la relación beneficio-costo de la adopción de una nueva actividad económica que favorezca la biodiversidad.

Para facilitar este análisis, se estudió cada uso del suelo independientemente (arroz, ganadería, ganadería en sistemas silvopastoriles, cítricos y palma) midiendo el cambio de inversión y de utilidad promedio por año de cada uno de los sistemas respecto a los demás que vinculan elementos que mejoran la biodiversidad, con el fin de determinar el costo y la utilidad de implementar nuevas formas de producción.

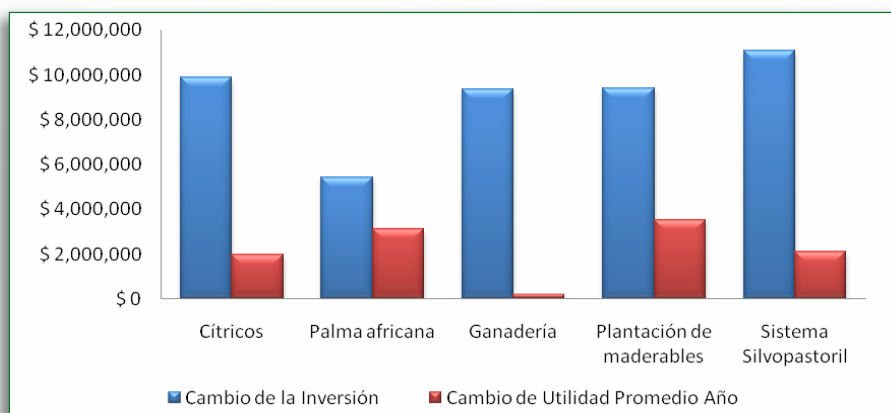
La inversión por el cambio del cultivo de arroz a un sistema ecológicamente más sostenible es en promedio dos o tres veces superior a la inversión inicial, y la utilidad adicional es menos que proporcional, producto de las características propias del arroz que hace que su producción sea de ciclo corto, y de la recuperación de capital y el flujo de caja que hacen que se muevan

más rápidamente que otros tipos de sistemas productivos (Figura 13).

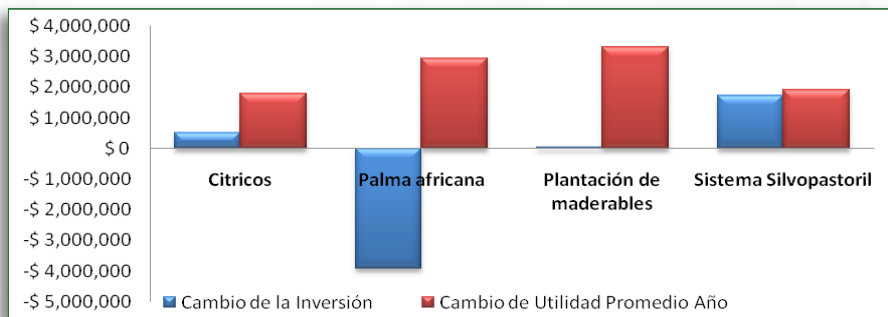
El cambio de ganadería a otras actividades permite determinar que es viable la adopción de nuevas formas de producción, con el propósito de ser más eficientes y competitivos en los mercados, pues la utilidad promedio por año es más que proporcional que el incremento de la inversión (Figura 14).

Del mismo modo, la utilización de alternativas en el uso del suelo requiere una inversión menor que la implementada en un cultivo de cítricos, lo que permite intuir que el oferente puede cambiar de sistema, atraído por una disminución de la inversión (Figura 15).

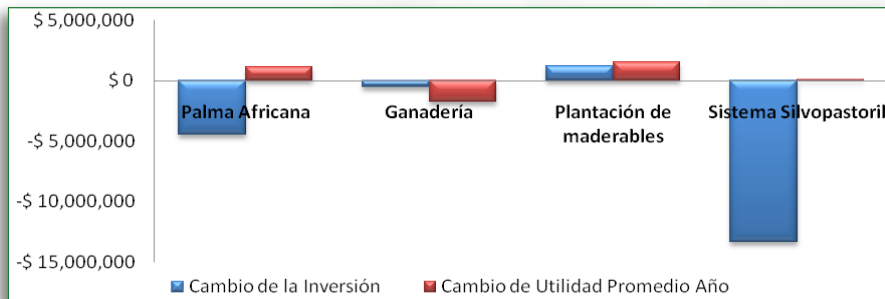
Por su parte, la Figura 16 refleja un aumento considerable en relación con el análisis de las figuras anteriores en comparación a las inversiones que debe realizar para cambiar de sistema de palma a otros, pues el aumento en la inversión es muy considerable y por ende se puede suponer que el productor no realizaría un cambio tan drástico en sus cultivos cuando le representa una inversión tan alta y la recuperación del efectivo es tan lenta.



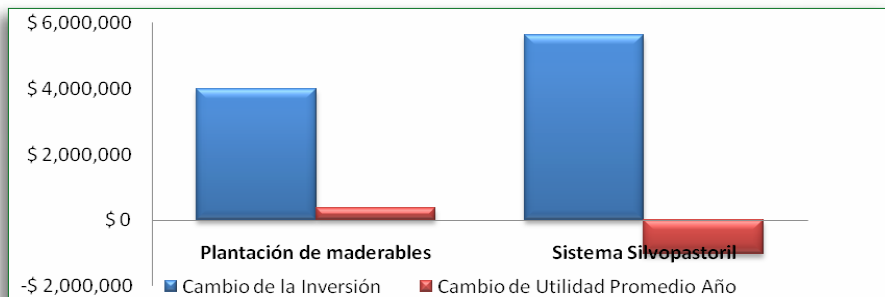
**Figura 13.** Cambio de arroz a otras actividades



**Figura 14.** Cambio de ganadería a otras actividades



**Figura 15.** Cambio de cítricos a otras actividades



**Figura 16.** Cambio de palma a otras actividades

- **Determinación del valor de la compensación del servicio ambiental por biodiversidad**

- Compensación de servicio ambiental por hectárea:

Es el promedio del costo en que incurren los oferentes del servicio ambiental por el cambio de activida-

des. La ecuación está determinada por la sumatoria de los costos de cada sistema y su respectiva división en los números de muestras (28 tipos de usos de la tierra propuestos), ya que permite establecer el valor que tiene que asumir el productor por cambiar de sistema de producción y de esta forma hallar el pago que se le tiene que hacer a la población para sopesar el costo en el que incurrieron por este cambio; además de tener en la cuenta el aporte en biodiversidad.

$$CSAha = \frac{\sum_1^n CSPIv}{NodeCSPIv}$$

$$CSAha = \$2.568.067a\tilde{n}$$

(Donde CSPIv es el valor del costo adicional que se tiene que pagar por el cambio de sistema).

Adicionalmente al ingreso que recibe el oferente por el punto de biodiversidad explicado anteriormente, puede recibir un ingreso extra de \$ 1.415.691 por ha al año por el cambio de sistema

productivo, lo que origina que haya un mejor uso del suelo y de productividad por hectárea.

$$Exha = \frac{\sum_1^n CSPU}{NodeCSPU}$$

$$Exha = \$1.415.691a\tilde{n}$$

(Donde CSPU es el valor de la utilidad adicional que se obtiene por el cambio de sistema).

El valor a pagar por hectárea es determinado por el tipo de uso de la tierra, que es descrito a continuación (Tabla 13).

**Tabla 13.** Valor a pagar por hectárea según el tipo de uso de la tierra

No.	Tipo de uso de la tierra	Índice de biodiversidad	Valor a pagar ha/año
1	Cultivo de ciclo corto*	0	\$ 0
2	Pastura degradada	0	\$ 0
3	Pastura natural sin árboles	0,1	\$256.807
4	Pastura mejorada sin árboles	0,2	\$ 513.613
5	Cultivo de semi-perennes	0,2	\$ 513.613
6	Pastura natural con baja densidad de árboles *	0,3	\$ 770.420
7	Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles.	0,3	\$ 770.420
8	Cerca viva nueva o establecida con poda frecuente	0,3	\$ 770.420
9	Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles.	0,4	\$ 1.027.227
10	Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,4	\$ 1.027.227
11	Banco forrajero de gramíneas	0,5	\$ 1.284.034
12	Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0,6	\$ 1.540.840
13	Banco forrajero con leñosas	0,5	\$ 1.284.034
14	Pastura natural con alta densidad de árboles	0,5	\$ 1.284.034
15	Policultivo de frutales	0,5	\$ 1.284.034
16	Cerca viva multiestrato o barrera rompe viento	0,5	\$ 1.284.034
17	Plantación de palma Africana*	0,5	\$ 1.284.034
18	Banco forrajero diversificado	0,6	\$ 1.540.840
19	Cultivo de café y/o cacao con sombrío de árboles	0,7	\$ 1.797.647
20	Pastura mejorada con alta densidad de árboles	0,7	\$ 1.797.647
21	Bosque o plantación de guadua o bambú	0,7	\$ 1.797.647
22	Plantación de maderables en monocultivo	0,7	\$ 1.797.647
23	Plantación de maderables diversificada	0,8	\$ 2.054.454
24	Sistema silvopastoril intensivo	0,9	\$ 2.311.260
25	Bosque secundario intervenido	0,9	\$ 2.311.260
26	Bosque ripario o ribereño (30 m ancho)	1	\$ 2.568.067
27	Bosque de Galería*	1	\$ 2.568.067
28	Bosque de tierra firme	1	\$ 2.568.067

\*(Menos del 30% de sombra)

Por ejemplo, en el supuesto de un productor que en su finca tenga 5 ha de arroz en determinado momento y decida participar como oferente del servicio ambiental de Conservación y Restauración de la Biodiversidad a partir del establecimiento de 5 ha de un sistema silvopastoril intensivo, el cambio de uso del suelo de monocultivo a sistema silvopastoril intensivo generará un cambio en el índice de biodiversidad de 0 a 0,9, y el valor compensado en términos de lo que se le debería reconocer al productor que introdujo el cambio en el uso del suelo será el producto de 5 por el puntaje asignado por biodiversidad en el cambio en el uso del suelo, que es 0,9, por el valor a pagar, que

es \$2.311.260. Esto da un costo total a reconocer de \$10.400.670.

De otra parte, se debe anotar que inicialmente se determina la línea base de toda la finca o predio y a partir de que ingresa el productor al programa éste adquiere el compromiso de mejorar y conservar, de tal manera que siempre el puntaje de biodiversidad sea cada vez mayor.

Es de resaltar que además del valor a reconocérsele por la generación del servicio, este cambio en el uso del suelo le generará otros beneficios representados en mayor ganancia de peso o leche y producción adicional de madera, entre otros.

**Tabla 14.** Variables claves a considerar para el esquema de PSA en Conservación y Restauración de Biodiversidad en Castilla La Nueva

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Servicio ambiental	Conservación de la Biodiversidad
Población oferente	Comunidad de productores agrícolas y ganaderos de Castilla La Nueva.
Población demandante	La demanda de conservación de la biodiversidad es principalmente global. El Estado, representado en los entes municipales, puede traducir la demanda general en un pago explícito del servicio a la comunidad que se comprometa y que cumpla con la prestación del servicio.
Estrategia de compensación	La compensación debe ser lo suficientemente atractiva para que compense los costos de establecimiento o de mejora del sistema productivo que contribuiría con la biodiversidad.  Se puede pensar en un esquema mixto que incluya pago monetario y estrategias de compensación como facilidad en acceso a créditos, desarrollo de capacidades, reducción de impuestos prediales u otros servicios colectivos; e incluso se puede pensar en una transacción única que contemple subsidios para el cambio en el uso del suelo hacia sistemas más amigables con la biodiversidad.
Valor de la inversión para su implementación	El costo de establecimiento del sistema Pago a los usuarios del suelo Costos de administración y monitoreo del esquema
Observaciones	La generación del esquema de PSA, conservación o restauración de la biodiversidad para este caso específico, está sujeta principalmente a la identificación de una población demandante del servicio que esté dispuesta a pagar por el abastecimiento de éste.  La compensación debe ser por la totalidad del predio para evitar acciones inconvenientes en aquellas áreas del predio no incluidas dentro de la compensación.
Posibles fuentes de financiación	Recursos del municipio Pago por parte de los beneficiarios del servicio ambiental. Donaciones o subvenciones de organizaciones internacionales o nacionales.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo de campo realizado permite observar que en los ecosistemas terrestres del área de las veredas de Castilla La Nueva –en donde se analizaron los indicadores de biodiversidad– el grado de deterioro es avanzado: los parches de bosques presentes son reducidos. La estructura y composición de la vegetación se ve afectada por la disminución de las áreas de bosque y, en su gran mayoría, por el acceso del ganado al interior de éste. El ganado afecta drásticamente la biodiversidad dentro de las coberturas boscosas, ya que genera cambios en la organización del bosque y, en consecuencia, pérdida de especies de aves, hormigas y primates, estos últimos los más afectados por la deforestación.

Entre muchos factores, la degradación de los ecosistemas naturales se debe a la falta de conocimiento por parte de las comunidades acerca de las funciones ecosistémicas que cumplen todos los grupos biológicos y la importancia de mantener el equilibrio entre todos los grupos biológicos para el buen funcionamiento y productividad del ecosistema.

La metodología propuesta para la determinación de la línea base es simple, de fácil y rápida aplicación; presenta sencillez en la interpretación de los criterios e indicadores, lo que permite conocer las condiciones del área de estudio en pocos días. Sin embargo, es necesario seguir ajustando y mejorando esta metodología con las experiencias que surjan de su análisis y aplicación.

Un PSA aplicado al área estudiada en el municipio de Castilla La Nueva tiene la posibilidad de ser una herramienta muy importante para la conservación de los recursos naturales, ya que la motivación a la comunidad en la adopción de sistemas productivos ‘amigables con la biodiversidad’

la disminución de la caza indiscriminada, la deforestación y los malos usos y contaminación de las fuentes hídricas, permitirá que toda la comunidad se beneficie al elevar económica y socialmente su calidad de vida.

Así mismo la conectividad, tipo de ecosistema, estructura de paisaje y endemismo, podrían ser otros de los criterios para valorar la importancia del servicio ambiental de conservación de la biodiversidad.

Existen muchas razones hidrológicas y ecológicas que justifican la conservación y restauración de los ecosistemas ribereños (bosques de galería) en las microcuencas. Una de ellas es su alta biodiversidad en plantas, hormigas, aves y hábitat para primates, como se constató en este trabajo.

Respecto a la implementación del esquema propuesto de compensación por servicios ambientales, se reconoce que ésta corresponde a una fase posterior; no obstante, es importante tener en cuenta que para que un programa de pago o compensación por servicios ambientales se mantenga

ga operativo, debe contar con una fuente estable de financiación, de tal manera que para que los productores atraídos por el esquema propuesto tengan incentivos continuos para mantener los servicios ambientales, las compensaciones deben ser recurrentes y mantenerse en el largo plazo. Con respecto a la forma de pago o reconocimiento del servicio ambiental prestado, es preciso no olvidar que la estructura de éste deberá ser producto de un ejercicio de concertación entre la comunidad interesada en participar dentro del esquema, concertación que depende tanto de la comunidad demandante del servicio como de la que lo ofrece.

Además de lo anterior, para considerar la posibilidad de continuar con la fase de implementación del esquema propuesto y la vinculación de instituciones privadas y del sector oficial a este proceso, es preciso tener en cuenta que la compensación no necesariamente debe expresarse como una operación monetaria, pues también puede traducirse en una mejora de infraestructura (caminos, reservorios de agua, etc.), servicios (educación, salud, recreación, etc.) o extensión rural (talleres, equipamiento, semillas, etc.). El mecanismo de compensación varía según las particularidades de la localidad.

Como acciones a futuro se recomienda el diseño –junto con la comunidad– de un proyecto social donde se incluya una estrategia para la implementación de habilidades y comportamientos colectivos generadores de cambio en otras personas. En este mismo proyecto se puede abarcar una jornada de socialización de normas, donde se explique la legislación ambiental y cuáles son los procedimientos de sanción para quienes incurran en falta a ella.

El área del proyecto tiene grandes posibilidades para la implementación del PSA debido a que por tratarse de una región con una actividad productiva principal –como es la ganadería– no solo la compensación por la generación del servicio es atractiva, sino también la mejora del sistema ganadero, ya que la incorporación de árboles aumenta su productividad. Estas prácticas de uso del suelo amigables con la biodiversidad aumentarían las posibilidades de supervivencia de muchas especies que se encuentran en la zona, tales como aves y primates.

Resultado del ejercicio de definición del costo de oportunidad por Conservación y Restauración de la Biodiversidad, se plantea la opción de que la compensación se realice en una única cuota por el valor reconocido por cada cambio de uso asumido.

La compensación por servicios ambientales debe contar con un mecanismo de verificación definido y de obligatorio cumplimiento. Sólo de esta forma los usuarios de la tierra pueden mercadear su servicio. Es favorable para el esquema de PSA que los generadores del servicio ambiental sean propietarios de sus tierras y cuenten con los títulos formales de propiedad, porque de lo contrario, si el acceso a la tierra fuese libre o poco controlado, la prestación del servicio estaría sujeta a otras variables.

Para la puesta en marcha del esquema, y para tener el mayor número de oferentes del servicio, es conveniente estudiar la posibilidad de contar con recursos para cofinanciar la implementación de sistemas agropecuarios amigables con la biodiversidad, además de la creación, expansión y manejo a largo plazo de las áreas interve-

nidas. La otra forma de comercializar será vendiendo su conservación como parte de un paquete de servicios, que se puede ofrecer a futuro en la misma área de terreno. La conservación de las zonas boscosas, creación y mantenimiento de los sistemas silvopastoriles pueden llegar a ser parte de

un PSA que puede brindar otros servicios, como almacenamiento de carbono y belleza escénica. Esta venta conjunta de servicios ambientales puede ayudar a obtener otras fuentes de financiamiento y a hacer de la conservación de biodiversidad una opción de uso de la tierra más competitiva.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrantes, Gerardo. (2000). *Aplicación de incentivos a la conservación de la biodiversidad en Costa Rica*. Costa Rica: Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Documento preparado para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y para ser presentado a la Secretaría del Convenio sobre la diversidad biológica como estudio de caso.
- Barzew, R. (2002). *Valoración económica integral de los bienes y servicios ambientales de la reserva del hombre y la biosfera del río Plátano*. Tegucigalpa, México: proyecto Manejo Reserva del Hombre y la Biosfera de río Plátano, Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).
- Campos, J. J.; Alpizar, F.; Madrigal, R. y Louman, B. (2007). *Enfoque integral para esquemas de pago por servicios de ecosistemas forestales*. Alicante, España: Asociación española de ecología terrestre. Ecosistemas, año/vol. XVI, número 003 (págs. 90-95).
- Estrada, R. (8-10 de noviembre de 2004). *Pago por servicios ambientales, un nuevo mecanismo para unir investigación y desarrollo*. En: *Presentación en Seminario Internacional Experiencias y métodos de manejo de cuencas y su contribución al desarrollo rural en los Andes: Desafíos y oportunidades para lograr mayores impactos*. Bogotá: disponible en Internet: <http://www.condesan.org/Agua/ponencia.htm>
- Franco-Roselli, P.; Betancur, J. y Fernández, J. L. (1997). *Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia*. Colombia: Revista Caldasia 19 (1-2): (págs. 205-234).
- Machín, H. M. M. (2007). *Transparencia en la transferencia de recursos financieros en el mercado de bienes y servicios ambientales. Algunas reflexiones en torno a los pagos por servicios ambientales*. Publicado en Revista Futuros No.19, Vol. V. <http://www.revistafuturos.info>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, FAO. (2007). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Pagos a los agricultores por servicios ambientales*. Roma: Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica Dirección de Comunicación FAO.
- Semarnat. (2003). *Saber para proteger. Introducción a los servicios ambientales*. Estados Unidos Mexicanos: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera reimpresión, 2004. En línea: [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- Stork, N. E. y Samways, M. J. (1995). *Inventoring and Monitoring*. En: *Global Biodiversity Assessment* (ed. Heywood, V.H.). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press (págs. 453-544).

- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. M. (2006). *Aves*. Capítulo 5. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 91-184).
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña A. M. (2006). *Insectos*. Capítulo 6. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 149-184).
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña A. M. (2006). *Inventarios de biodiversidad*. Capítulo 1. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 19-28).
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña A. M. (2006). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Capítulo 7. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 185-226).
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña A. M. (2006). *Planeación y ejecución de un inventario de biodiversidad*. Capítulo 2. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 29-36).
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña A. M. (2006). *Plantas*. Capítulo 4. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición (págs. 69-90).
- Wunder, S.; Wertz-Kanounnikoff, S. y Moreno S., R. (2007). *Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad*. Gaceta ecológica. Número especial 84-85. En línea.

Terminó de imprimirse  
en marzo de 2011 en



Tel: 4227356  
Bogotá, DC, Colombia