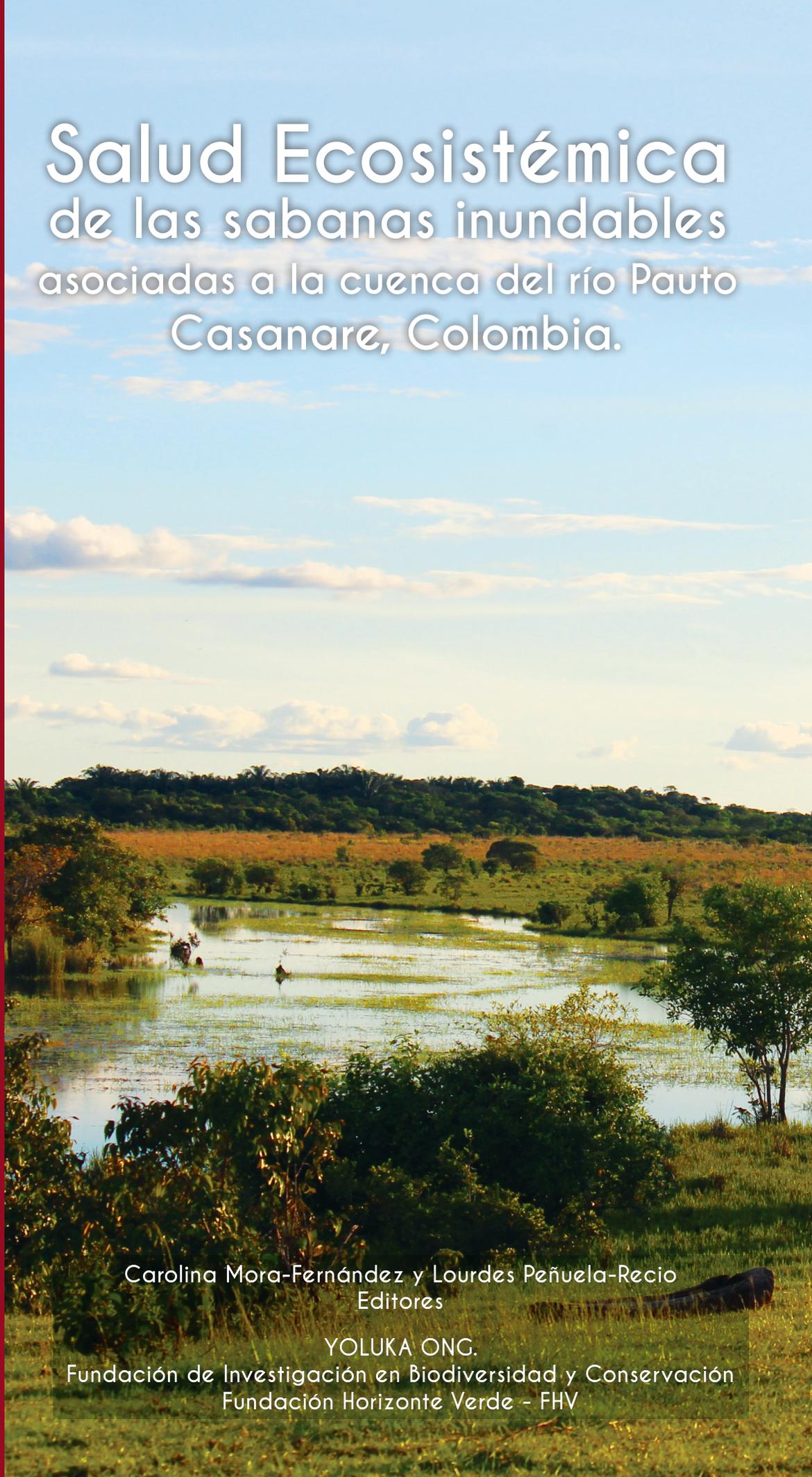




# Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto Casanare, Colombia.



Carolina Mora-Fernández y Lourdes Peñuela-Recio  
Editores

YOLUKA ONG.  
Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación  
Fundación Horizonte Verde - FHV

# **SALUD ECOSISTÉMICA de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto Casanare, Colombia.**

Realizado en el marco:

## **Proyecto**

***"Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables  
de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare"***

Con el apoyo de:



**Carolina Mora-Fernández y Lourdes Peñuela-Recio  
Editores**

**YOLUKA ONG, Fundación de Investigación en  
Biodiversidad y Conservación**

**Fundación Horizonte Verde - FHV**

## EDITORES

Carolina Mora-Fernández<sup>1</sup> & Lourdes Peñuela-Recio<sup>2</sup>

## AUTORES

### Alexander Urbano-Bonilla<sup>2,4</sup>

Biólogo, Candidato Master en Ciencias Biológicas  
[bio.ictiologia@gmail.com](mailto:bio.ictiologia@gmail.com)

### Anamaria Martínez Martínez<sup>1,6</sup>

Ing. Agrónoma, Candidato Master Hidrología e hidráulica  
[ammartinezm@unal.edu.co](mailto:ammartinezm@unal.edu.co)

### Andrés Felipe Suarez Castro<sup>1,3</sup>

Biólogo, Master en Ciencias Biológicas  
[asuarezca@unal.edu.co](mailto:asuarezca@unal.edu.co)

### Carolina Mora-Fernández<sup>1</sup>

Bióloga, Master en Gestión y Auditoría Ambiental  
[carolina.mora@yoluka.org](mailto:carolina.mora@yoluka.org)

### Diego Mauricio Cabrera Amaya<sup>1,3</sup>

Biólogo, Master en Ciencias Biológicas  
[dmcabreraa@unal.edu.co](mailto:dmcabreraa@unal.edu.co)

### Francisco Castro-Lima<sup>2</sup>

Ing. Agrónomo  
[bojonawi@gmail.com](mailto:bojonawi@gmail.com)

### Harold Arango<sup>5</sup>

Ing. Agrónomo, Master en Desarrollo Sustentable  
Coordinador componente comunidades rurales y servicios ambientales,  
Proyecto Incentivos a la Conservación  
[harango@patrimonionatural.org.co](mailto:harango@patrimonionatural.org.co)

### Juan Camilo González Vargas<sup>2</sup>

Antropólogo y Geógrafo  
[juancamilogz@gmail.com](mailto:juancamilogz@gmail.com)

### Javier A. Maldonado-Ocampo<sup>4</sup>

Ecólogo, Ph.D. Zoología  
Profesor Asociado, Unidad de Sistemática y Ecología  
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias  
[maldonadoj@javeriana.edu.co](mailto:maldonadoj@javeriana.edu.co)

## DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN David Carranza

**FOTOGRAFÍA:** Carolina Mora-Fernández, Giulia Pagani, Juan Camilo González, Juan Pablo López-Ordóñez, Lourdes Peñuela Recio, Luisa Montaña Londoño, Natalia Ocampo-Peñuela, Teddy Angarita-Sierra y Vicente Preciado.

**IMPRESIÓN:** Pencil Work

**ISBN:** 978-958- 99671-2-6

**CITASE COMO** Libro completo: Mora-Fernández C. & Peñuela-Recio L. (Eds.) 2013. Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia. Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde y Ecopetrol S.A. 150pp.

Capítulo: Salazar-Bermudez V. 2013. Capítulo 6. Valoración económica ambiental de las sabanas inundables . Págs. 61-75. En : Mora-Fernández C. & Peñuela-Recio L. (Eds.) Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia. Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde – FHV y Ecopetrol S.A. 150pp.

Esta publicación es producto del proyecto "Evaluación de la Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca media y baja del río Pauto (Casanare-Colombia)" Cofinanciado por Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde – FHV y Ecopetrol S.A.

Primera edición, Bogotá, octubre 2013

## TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

© Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación  
© Fundación Horizonte Verde-FHV

### Juan Pablo López-Ordóñez<sup>1</sup>

Biólogo  
[jplopezo@gmail.com](mailto:jplopezo@gmail.com)

### Lourdes Peñuela-Recio<sup>2</sup>

Zootecnista., MSc. Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios  
[horizonteverdelupe@gmail.com](mailto:horizonteverdelupe@gmail.com)

### Teddy Angarita-Sierra<sup>1,3</sup>

Biólogo  
[teddy.angarita@yoluka.org](mailto:teddy.angarita@yoluka.org)

### Virginia Salazar-Bermudez<sup>2</sup>

Economista, Master en Economía Ambiental y de los Recursos Naturales  
[virginiasalazarb@gmail.com](mailto:virginiasalazarb@gmail.com)

**Revisores:** Pedro M. Avellaneda<sup>6</sup>, Ph.D.

Profesor Asistente Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Colombia

<sup>1</sup>YOLUKA ONG, Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación

<sup>2</sup>Fundación Horizonte Verde - FHV

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias Naturales (ICN),  
Universidad Nacional de Colombia

<sup>4</sup>Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá

<sup>5</sup>Patrimonio Natural, Coordinador componente de Comunidades Rurales y Servicios Ambientales.

<sup>6</sup>Grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos hídricos (GIREH), Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

Hecho en papel 100% ecológico





<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>6</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS SABANAS INUNDABLES ASOCIADAS A LA CUENCA DEL RIO PAUTO</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO 2. SALUD ECOSISTÉMICA DE LAS SABANAS INUNDABLES</b>	<b>34</b>
<b>CAPITULO 3. DINAMICA HIDROLÓGICA DE LAS SABANAS INUNDABLES</b>	<b>42</b>
<b>CAPITULO 4. BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES: ¿POTENCIALIZADORES O LIMITANTES DE UN DESARROLLO?</b>	<b>47</b>
<b>CAPITULO 5. IDENTIFICACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS SABANAS INUNDABLES ASOCIADAS A LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PAUTO</b>	<b>55</b>
<b>CAPITULO 6. VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA CUENCA DEL RIO PAUTO</b>	<b>61</b>
<b>CAPITULO 7. PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SALUD ECOSISTEMICA DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA ORINOQUÍA Y RESULTADOS DE LA SALUD DE LAS SABANAS ASOCIADAS A LA CUENCA DEL RÍO PAUTO</b>	<b>76</b>
<b>CAPITULO 8: PROPUESTA DE RUTA A SEGUIR</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>124</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>139</b>



# PRESENTACIÓN

YOLUKA ONG, es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro, constituida en agosto de 2008 compuesta por un grupo interdisciplinario de profesionales, investigadores y emprendedores, interesada en conocer, conservar y proteger la biodiversidad. Quien lidera el programa de investigación en biodiversidad y gestión del territorio el cual se compone de diferentes líneas de investigación: bienes y servicios ambientales, educación en medio ambiente y sociedad, conservación, uso y manejo de la biodiversidad, ordenamiento territorial, biodiversidad y salud pública, los cuales vienen desarrollando en la Orinoquia colombiana en convenio con otras organizaciones de base.

La Fundación Horizonte Verde- FHV, es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro, constituida en mayo de 1991, con área de acción la Orinoquia colombiana. Trabaja en investigación de sistemas sostenibles productivos, educación ambiental, programas de investigación, conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad, conservación en tierras privadas, capacitación a campesinos y productores en sistemas alternativos de producción, turismo de naturaleza, investigación en aspectos de impacto y economía ambiental, consolidación de grupos de base en comunidades urbanas y rurales. Con el reto de contribuir a la sostenibilidad social, ambiental y productiva de la Orinoquia.

Conformamos una Alianza Estratégica, que presentamos en junio de 2011, a la Segunda Convocatoria Nacional a la Biodiversidad: “Para la presentación de proyectos encaminados a la conservación y manejo sostenible de la diversidad biológica en humedales de Colombia”, realizada por Ecopetrol con el apoyo del Ministerio

del Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, el proyecto: “*Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare*”, el cual fue aprobado y ejecutado entre enero de 2012 y Julio de 2013.

El proyecto y los productos de este, siguen los lineamientos de la nueva política de Gestión Integral de la Biodiversidad y de los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), se encuentran enmarcados dentro de los compromisos internacionales que tiene Colombia en el convenio relativo a la conservación de humedales (RAMSAR), el convenio sobre diversidad biológica (CDB) y demás lineamientos establecidos por las políticas de planeación de desarrollo a nivel regional y local, como es el Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) de CORPORINOQUIA, los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) municipales y la planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en la Orinoquia, formulado por el Instituto Alexander von Humboldt.

Este libro que les presentamos “*Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia*”, es una primera aproximación de cómo se puede abordar la evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de los servicios ambientales, y propone una serie de indicadores biológicos, económicos y sociales, que sirven como herramienta para la toma de decisiones que conlleve al mantenimiento de la oferta de los bienes y servicios ambientales a lo largo del tiempo, planteando la formulación de un plan de Restauración del capital natural que incluya oportunidades y lineamientos a diferentes escalas.



Se presenta de manera resumida la caracterización y diagnóstico de la fauna, flora y dinámica socioeconómica de las comunidades de Llaneros que habitan las sabanas inundables asociadas a la cuenca baja del río Pauto (Capítulo 1). A su vez, expone los conceptos sobre los cuales nos enmarcamos para desarrollar los indicadores que evalúan la salud ecosistémica (Capítulo 2). Describe por primera vez la dinámica hidrológica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, mostrando de forma ejemplar como este proceso rige el ritmo cultural y biótico de la región. (Capítulo 3). Motiva a los lectores a reflexionar sobre la función y la conservación de los servicios ambientales y su relación con el modelo económico predominante (Capítulo 4). Presenta los resultados de la identificación de los bienes y servicios ecosistémicos provistos por las sabanas inundables (Capítulo 5). Ofrece la valoración económica ambiental como una herramienta de análisis para los problemas ambientales, que permite apoyar la toma de decisiones y contribuir al desarrollo de instrumento de política ambiental (Capítulo 6). Por otro lado, propone una serie de indicadores (bióticos, físicos, sociales y económicos), que orientan el proceso de evaluación y seguimiento de los cambios generados en las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana por las diversas actividades productivas, así mismo como, el resultado de la evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de los indicadores biológicos propuestos (Capítulo

7). Los indicadores propuestos permiten evidenciar la pérdida de diversidad, asignar una serie de costos individuales y colectivos relacionados con el bienestar, y demostrar que la conservación genera oportunidades que se transforman en una mayor calidad de vida, pero estas oportunidades deben estar cuantificadas a través de los beneficios y la utilidad sostenible del ecosistema (Capítulo 7). Finalmente, el libro sugiere una ruta guía, que permite continuar con la adaptación, definición y evaluación de la salud ecosistémica, como herramienta de gestión ambiental de las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana (Capítulo 8).

Esta publicación es una contribución al conocimiento, conservación, uso y desarrollo integral de las sabanas inundables del Casanare. Esperamos que nuestro aporte genere impacto sobre la visión de los recursos naturales que ostentan las sabanas inundables a nivel regional, y sirva como un indicador de la salud ecosistémica y la sostenibilidad ambiental de esta importante región de la Orinoquia. De igual manera, que sea útil para la población en general y para los tomadores de decisiones, y conduzca a la efectiva protección y al mantenimiento de la oferta de los servicios ambientales en el tiempo, para que puedan ser disfrutados por las generaciones presentes y futuras de la región de los Llanos Orientales de Colombia.

***ALIANZA YOLUKA - FHV***





# PRÓLOGO

Harold Arango  
Patrimonio Natural, Coordinador Componente Comunidades Rurales y Servicios Ambientales,  
Proyecto Incentivos a la Conservación.

Un reto que hoy enfrenta la Orinoquia colombiana, dados los procesos de transformación económica, social y ambiental, de desarrollo vertiginoso; es la capacidad de innovar a través de la apropiación de conocimiento que se deriva de estudios realizados por parte de un público amplio. Esta capacidad debe traducirse en propuestas de actuación para la transformación benéfica del ambiente, que propicie cambios hacia un desarrollo equitativo en la sociedad. En este contexto, la población llanera mantiene una preocupación, que aumenta día a día, dada la evidente disminución en la calidad y cantidad de los bienes y servicios ecosistémicos esenciales para soportar la vida, presentándose entre otras la siguientes situaciones: escasas y contaminación del agua, disminución en la productividad de los suelos, menos recursos pesqueros, disminución de poblaciones de especies silvestres que se usan como alimento y pérdida de la capacidad de los ecosistemas para autoregularse y cumplir funciones ecosistémicas. Todo lo anterior sumado al afán del “desarrollo” propicia patrones de actuación en el territorio que poco a poco afectan la salud de los ecosistemas y por consiguiente la calidad de vida de las personas que lo habitan.

Esta publicación aborda una temática poco estudiada, la “salud ecosistémica”, la cual puede entenderse como la capacidad que tiene un ecosistema de mantener su equilibrio y autonomía a lo largo del tiempo. Evaluarla en las sabanas inundables no es fácil, y más si se es consciente de que no hay el conocimiento suficiente para garantizar la salud de los ecosistemas, dada nuestra visión mercadológica del mundo. Este documento parte de esa realidad y se aproxima a encontrar su “diagnostico” a partir de la oferta y demanda de los bienes y servicios ambientales, considerando los patrones predominantes de uso de recursos naturales en las actividades productivas, involucrando como

elementos estructurales en los análisis el agua, el suelo y sus interacciones con las dimensiones bióticas, físicas y socioculturales. Este es todo un reto que se asume con responsabilidad, explorando y determinando, en una primera aproximación, indicadores que muestran la calidad o “salubridad” de los elementos constitutivos de los ecosistemas y que sirven como herramienta para la toma de decisiones que conllevan al mejoramiento o mantenimiento de la oferta de los bienes y servicios a lo largo del tiempo, incluyendo oportunidades para los habitantes y lineamientos para la actuación benéfica en el territorio a diferentes escalas.

Yoluka ONG y la Fundación Horizonte Verde, en el marco del proyecto “*EVALUACIÓN DE LA SALUD ECOSISTÉMICA DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA EL RÍO PAUTO, CASANARE, COLOMBIA,*” conformaron una alianza estratégica con Patrimonio Natural, para fortalecer la información y discusión en temas de valoración ambiental y las posibles herramientas que permitan aportar a la toma de decisiones en la gestión ambiental de las sabanas inundables, reconociendo la relevancia de profundizar y apropiar el concepto de “salud”.

Esperamos que este libro, aporte con provocaciones y propuestas, y sea apropiado por los diversos actores locales e institucionales que habitan y se benefician de las sabanas inundables; para que reconozcan y valoren su entorno, lo apropien, y su actuación vaya de la mano de la conservación de este paisaje y la biodiversidad asociada a ellos; de tal manera que se logre un entendimiento de su dinámica y de la oferta y demanda de los bienes y servicios que se generan. Así mismo, sea el inicio para comprender y diagnosticar mejor la “Salud Ecosistémica” de las sabanas inundables presentes en la región de la Orinoquia.



# AGRADECIMIENTOS

La Alianza Yoluka - FHV agradece a ECOPETROL, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y al Instituto de investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt, por patrocinar la segunda convocatoria a la Biodiversidad (2011), brindando la oportunidad a instituciones como Yoluka ONG y la Fundación Horizonte Verde de participar en proyectos en pro de la conservación de la Biodiversidad. De igual manera a Ana María Moncaleano, funcionaria de ECOPETROL S.A. por su constante apoyo en la ejecución del proyecto “*Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto*” del cual se deriva esta publicación.

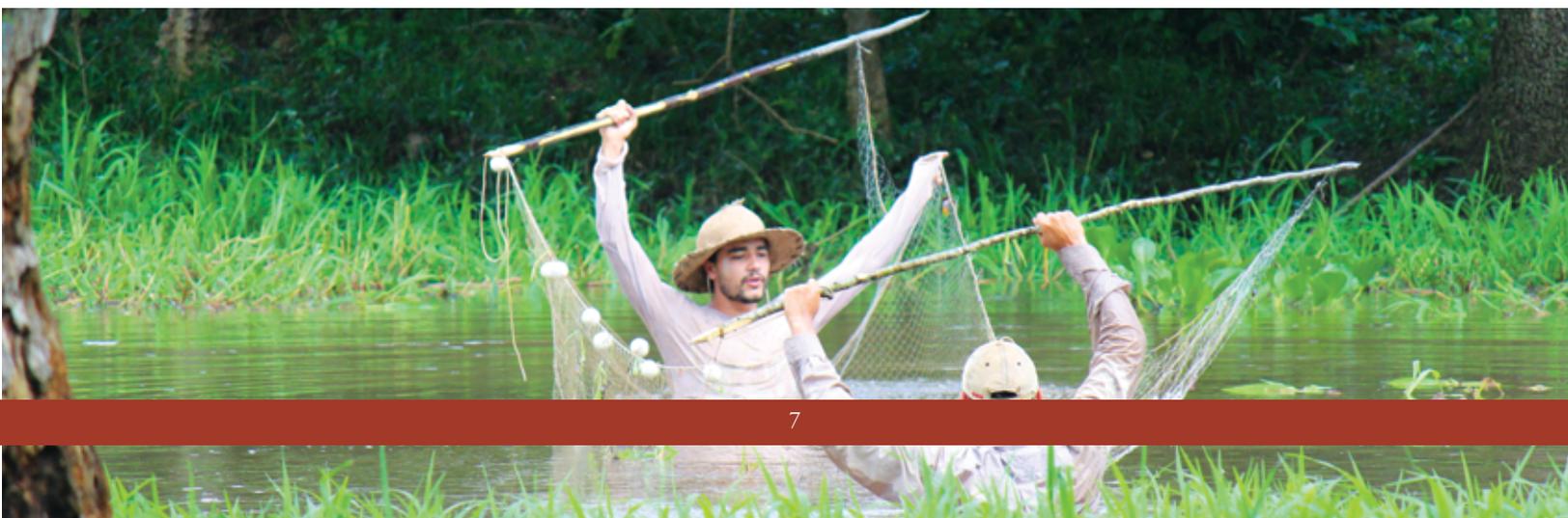
A las comunidades de los municipios de Trinidad y San Luis de Palenque, por recibirnos y apoyarnos incondicionalmente en los trabajos de campo. Especialmente a Esau Gualdron, profesor de Bocas del Pauto, por su interés en el trabajo y en la conservación de las sabanas inundables; Manuel Torres y Maritza Barragán del colegio Emaus, por recibirnos y atendernos; nuestros guías de campo, Polo Sandoval, Joaquín, Efrain y Nilson Gualdron por acompañarnos en nuestras travesías; nuestros conductores, Ramón Gómez, Juan Carlos Gómez, Pedro Chaquea, Crispulo Bernarbe (Venado), Evaristo Anzola y José Hugo

Ramírez (Piraña) por llevarnos a todos los rincones del río Pauto; Pulio Amaya (papá), Dulgar y Renzo Amaya (hijos) por permitirnos trabajar en sus fincas (La Veremos y Candalayes) y recibirnos como en familia; Cesar Mora y Flor Marina Fernández por permitirnos trabajar y hospedarnos en la RNSC La Palmita, a Ana Mora, Gloria Trejos y Álvaro Tabarquino por atendernos y brindarnos todo lo que necesitamos para el trabajo.

A nuestro equipo de profesionales y expertos que nos acompañaron en el desarrollo del proyecto: Teddy Angarita Sierra, Felipe Suarez Castro, Juan Pablo López Ordóñez, Diego Cabrera Amaya, Miguel E. Rodríguez Posada, Francisco Castro Lima, Vicente Preciado, Daniel Cubillos, Alexander Urbano Bonilla, Javier Maldonado Ocampo, Oscar Marín, Juan Camilo Bueno, Laura Girando, Andrés Aponte, Alejandro Montes, Anamaría Martínez, Esmeragdo Herrera, Liz Ladino, Katherine García, Marcela González, Diego Triana, Juan Camilo González, Giulia Pagani, Virginia Salazar.

A Harold Arango, Teddy Angarita Sierra, Miguel E. Rodríguez Posada y a Jhon Infante Betancour. por la revisión crítica del manuscrito y sus valiosos aportes a esta obra.

**LOS EDITORES**





# INTRODUCCIÓN

En la región de la Orinoquia colombiana, específicamente en los departamentos de Arauca y Casanare, se encuentran las sabanas inundables, las cuales según el Plan de Acción en Biodiversidad para la cuenca del Orinoco-PARBO, abarca el 12,5% de la cuenca del río Orinoco y son muy importantes para los procesos productivos que allí se desarrollan. Estas sabanas juegan un papel fundamental, ya que son fuente de elementos esenciales para la supervivencia de las personas que la habitan e inspiración para la cultura y el desarrollo de la ciencia. Presentan una fuerte dependencia a la dinámica hídrica lo cual hace que sea un paisaje único y vulnerable. La biodiversidad existente en estas sabanas es una expresión de la adaptación a las características climáticas, edáficas, geomorfológicas y bióticas, que responden a una topografía propia de esta zona y al régimen de lluvias (Jongman et al. 2008). Sin embargo, no se tiene conocimiento de la dinámica hidrológica de aguas subterráneas y superficiales que marcan las sabanas inundables, tampoco de la oferta y la demanda de los bienes y servicios ambientales que estas suministran a la humanidad, y mucho menos sobre la ecología de las comunidades bióticas que habitan estas sabanas.

El rápido deterioro ambiental que las sabanas inundables han venido presentando, resalta la urgente necesidad de un seguimiento eficaz de los servicios ambientales provistos por ellas y el desarrollo de indicadores que monitoreen la salud ecosistémicas de estas sabanas para poder asegurar el bienestar de las poblaciones humanas que viven en ellas. Evaluar la salud de un ecosistema, permite definir una serie de características físicas, bióticas y sociales de un área geográfica (IDRC 2005). Por lo anterior, el conocimiento y manejo de la salud de los ecosistemas representa el punto final deseado de

la gestión ambiental, sin embargo para ello se requiere adaptación, definición y evaluación continua (Costanza R., y Mageau M. 1999).

Desde el informe Brundtland en 1987 se habla de desarrollo sostenible, entendido como la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes, sin ir en detrimento de las necesidades de las generaciones futuras; lo que es posible a través de los beneficios que brindan los bienes y servicios ambientales. Pero para el sostenimiento de la vida es importante que exista un balance positivo entre la oferta y demanda de los servicios ambientales. Los insumos que utilizamos como materia prima para el consumo, entre otros, son los “bienes” que se extraen del medio natural, y todas aquellas funciones que cumplen esos bienes en la naturaleza para el mantenimiento de la vida y el bienestar de la sociedad, son los “servicios” que pueden ser de: soporte, aprovisionamiento, culturales y de regulación. La reciente política colombiana para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, se propone “*gestionar integralmente la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en escenarios de cambio de los sistemas socio-ecológicos, al tiempo que se promueve la corresponsabilidad social y sectorial en las acciones de conservación y el posicionamiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como un valor público*”. Sin embargo somos conscientes que toda actividad de carácter antropogénico genera impactos, muchos negativos al ambiente, poniendo a prueba la “resiliencia” del ecosistema, es decir su capacidad de autoregularse para mantener en el tiempo la oferta de los servicios ambientales que se están demandando.

La ciencia de los servicios ecosistémicos (SE) ha avanzado rápidamente sobre la última década (Nicholson et al. 2009). El reciente crecimiento de los



estudios de SE puede ser atribuido a la utilidad de los servicios que presta un ecosistema y a la íntima relación que estos tienen con las necesidades humanas. Para Colombia, el número de publicaciones es relativamente bajo, solo hasta hace unos años, el gobierno nacional ha presentado iniciativas en colaboración con el banco mundial, integrando dentro de su capital, iniciativas para desarrollar estimadores de salud ecosistémica dentro del plan de desarrollo (BSR, 2012). Factores como la agricultura, cambio en la cobertura vegetal, agua, condición de la biodiversidad, sostenibilidad, huella ecológica y degradación, son las principales fuentes de información para evaluar y gestionar servicios ecosistémicos de calidad para la sociedad (Balvanera et al. 2013).

Evaluar la salud ecosistémica constituye una aproximación interdisciplinaria que aborda las relaciones complejas que se establecen entre los sistemas sociales y los sistemas ecológicos. Es una herramienta útil para monitorear los beneficios que brindan los ecosistemas a la sociedad, de tal manera que se puedan tomar acciones a tiempo y monitorear los ecosistemas con eficiencia. Nosotros nos propusimos abordar la evaluación de la salud del ecosistema de las sabanas inundables a partir de los servicios ecosistémicos y considerando tres componentes esenciales: físico, biótico y social. Esto con el fin de generar un acercamiento que nos permitiera evidenciar los cambios que ocurren a lo largo del tiempo y cómo está respondiendo cada componente del ecosistema. Bajo este contexto nosotros evaluamos la salud ecosistémica de las sabanas inundables y proponemos una serie de indicadores (físicos, sociales y biológicos) que ayuden a la gestión de este ecosistema.

La formulación de indicadores para evaluar la salud de un ecosistema a partir de sus servicios ecosistémicos,

es un ejercicio que se ha venido realizando en el mundo no hace más de 20 años (Nicholson et al. 2009; Jørgensen et al. 2010). Generalmente, estos indicadores se han desarrollado en las regiones templadas del planeta, las cuales cuentan con un amplio conocimiento de sus especies así como su biología, rasgos ecológicos, dinámicas sociales y económicas. Este gran conocimiento ha permitido la estructuración de indicadores biológicos y sociales que miden de forma acertada los cambios en la salud de un ecosistema.

Desafortunadamente, para las sabanas inundables de la Orinoquía colombiana, no existe la información necesaria para la formulación y construcción de un indicador biológico a partir de un punto de referencia (estado inicial o histórico), o una zona similar que cuente con el conocimiento histórico de las comunidades de fauna y flora presentes. Como consecuencia, no se conocen las amenazas para la fauna y flora presentes en las sabanas inundables del Casanare. Por tal razón, se hizo necesario realizar la caracterización y diagnóstico del estado de conservación de estos grupos, como una primera aproximación al conocimiento de su riqueza, composición y preferencia de hábitat. En contraste, el componente social y económico cuenta con información suficiente para la formulación de indicadores que miden los cambios en la salud de las sabanas inundables.

Este libro presenta un primer acercamiento de cómo se puede abordar la evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de los servicios ambientales y propone una serie de indicadores biológicos, físicos, sociales y económicos que sirven como herramienta de gestión para la toma de decisiones que conlleven al mantenimiento de la oferta de los bienes y servicios ambientales a lo largo del tiempo.

# CAPÍTULO

# 1



## CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS SABANAS INUNDABLES ASOCIADAS A LA CUENCA DEL RÍO PAUTO

*Carolina Mora-Fernández, Lourdes Peñuela-Recio, Diego Cabrera-Amaya, Teddy Angarita-Sierra, Felipe Suárez-Castro, Juan Pablo López-Ordoñez, Juan Camilo González, Alexander Urbano-Bonilla, Javier Maldonado-Ocampo & Francisco Castro Lima*

### ECOSISTEMAS DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PAUTO

#### *Contexto geomorfológico*

Las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto hacen parte del paisaje de llanuras aluviales de Arauca y Casanare, uno de los más importantes ecológica y económicamente de la cuenca del Orinoco (Rippstein et al. 2001); este paisaje limita con el piedemonte llanero al occidente, por el sur con la margen derecha del río Meta y al nororiente se continúa con las sabanas bajas de Apure en Venezuela (Rippstein et al. 2001; Sarmiento et al. 1971a). Esta región presentó un hundimiento durante el Pleistoceno debido a la falla que separa los departamentos de Meta y Casanare de Guaviare y Vichada (sobre la cual corre hoy en día el Río Meta), lo que la convirtió en una gran depresión, y por consiguiente, contribuyó a generar el drenaje pobre de las sabanas que se aprecia en la actualidad (Goosen 1964). Adicionalmente, este fenómeno permitió que la región haya recibido grandes cantidades de sedimentos aluviales durante el Terciario y el Cuaternario producto de los procesos fluviales erosivos asociados al levantamiento de la Cordillera Oriental (Goosen 1964).

Dentro de este paisaje se pueden encontrar dos subdivisiones: las llanuras aluviales de desborde y las

llanuras eólicas (Goosen 1964; Rippstein et al. 2001). El subpaisaje de llanuras aluviales de desborde se encuentra en el área aluvial de los ríos de aguas blancas (de origen andinense, tales como el Pauto, el Cravo Sur, Cravo Norte, entre otros) y sus suelos presentan una textura dominada por arenas de composición cuarzosa (León-Sicard & Palacios-Fernández 2011). Este subpaisaje se ubica en la parte media del departamento del Casanare, siendo el paisaje más extenso de las sabanas inundables de Arauca y Casanare (Romero et al. 2004) (Figura 1.1.). De acuerdo con Sarmiento et al. (1971), estas llanuras aluviales se formaron en un ambiente similar a un delta fluvial interior, en el que los cursos andinenses divagaban por la llanura aluvial debido a bruscos cambios en la pendiente (en pleno proceso de levantamiento de los Andes), depositando los sedimentos en profundas capas a lo ancho de extensas superficies. Sin embargo, hoy día este proceso se ha visto atenuado por un ligero encauzamiento de dichos cursos de agua.

Por su parte, el subpaisaje de llanura eólica se localiza en la parte suroriental del departamento en áreas aledañas al río Meta (Pinzón-Pérez et al. 2011; Rippstein et al. 2001) (Figura 1.1.). Este subpaisaje se diferencia de la llanura aluvial de desborde por su morfogénesis bajo condiciones climáticas áridas, que promovieron la

acumulación eólica como antiguas dunas de arena o médanos, arenas que fueron depositadas por el viento en los períodos secos interglaciales tal como demuestra

su orientación en el sentido de los vientos alisios (Goosen 1964; León-Sicard & Palacios-Fernández 2011; Sarmiento et al. 1971a).

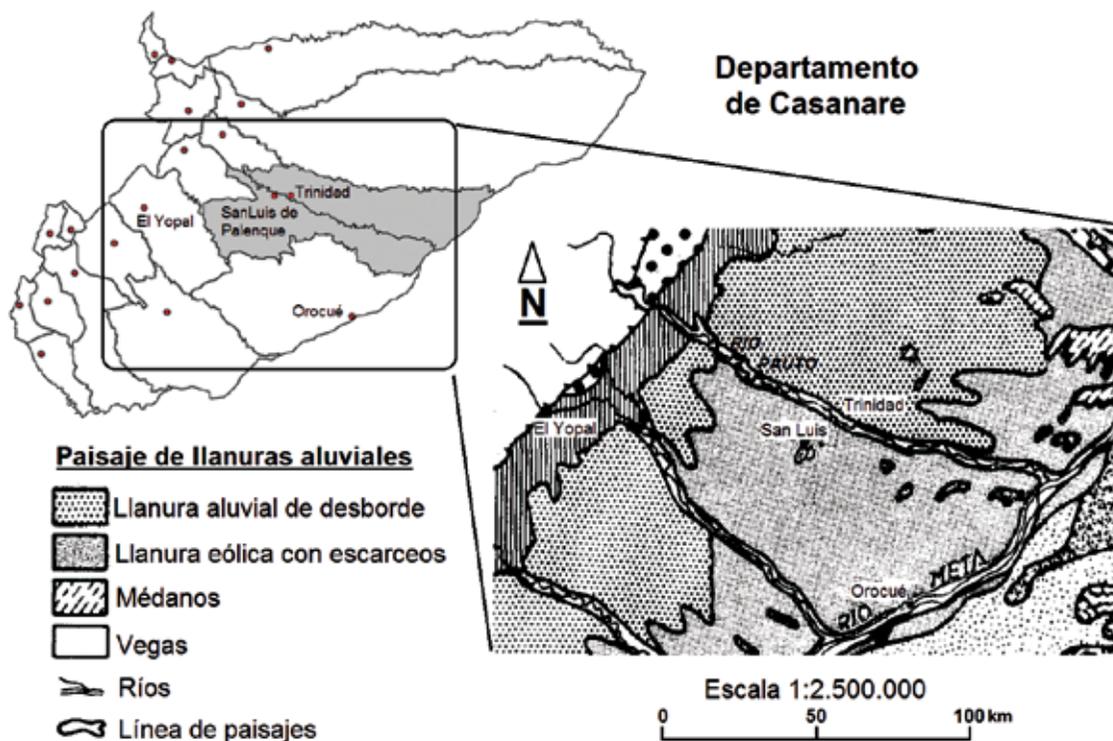


Figura 1.1. Principales paisajes encontrados en la cuenca baja del río Pauto, modificado de Goosen (1964).

Como parte este paisaje, la cuenca baja del río Pauto se caracteriza por una topografía plano-cóncava, en donde se desarrollan bosques ribereños bajo la influencia directa de los ríos y caños, y lejos de los cursos de agua aparecen distintos tipos de sabanas según su nivel de inundación (Mora-Fernández et al. 2011) (Figura 1.2.

y 1.3.). Las zonas más bajas conforman sabanas que se inundan durante la estación de lluvias, como es el caso de los bajos (o bajíos) y esteros, mientras que las sabanas secas se desarrollan sobre promontorios arenosos no inundables tales como bancos, banquetas, médanos y escarceos (Goosen 1964) (Figura 1.2. y 1.3.).

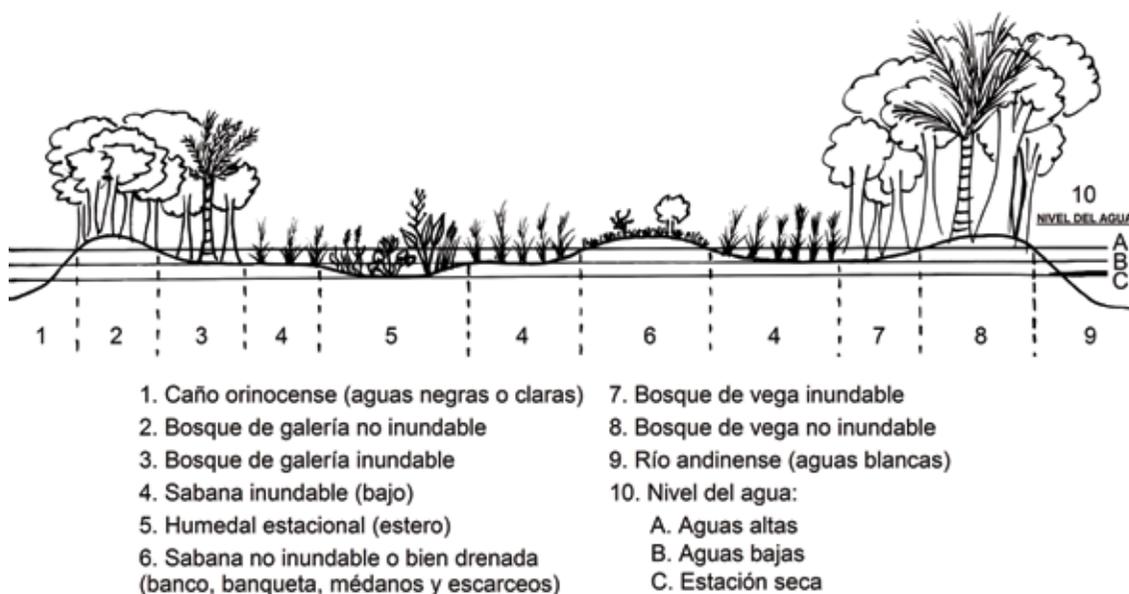
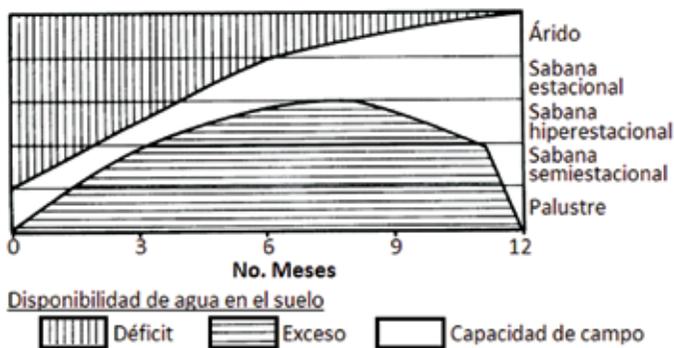


Figura 1.2. Perfil esquemático de los tipos de vegetación en las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto y el nivel freático del agua en el suelo durante cada estación.



**Figura 1.3.** Panorámica del paisaje llanuras aluviales (subpaisaje llanura eólica) en la vereda Guaracura, San Luis de Palenque (Casanare). La diferencia de altura entre el banco (primer plano, color verde claro) y el bajo (segundo plano, color pardo-rojizo) en este caso es de casi 3 m; hacia el centro de la imagen al fondo y en la parte derecha se aprecia un bosque de galería típico sobre las riberas de un pequeño caño orinocense; al otro lado del caño se aprecia levemente otra gran extensión de bajos del mismo color que los que se encuentran en el segundo plano; y sobre el horizonte al fondo, hacia la izquierda, se pueden observar bosques de vega en las riberas del río Meta cerca de la desembocadura del río Pauto sobre éste.

En las Sabanas de la Orinoquia, la estacionalidad es de carácter unimodal, con una estación seca y otra lluviosa, y de manera particular para la cuenca baja del río Pauto (municipios de San Luis de Palenque y Trinidad) la estación seca se extiende desde diciembre hasta marzo y la estación lluviosa desde abril hasta noviembre (Mora-Fernández et al. 2011). No obstante, de acuerdo con Sarmiento (1990), la estacionalidad hídrica que experimentan las sabanas a nivel edáfico (asociada además a las condiciones físico-químicas del suelo sobre los que se desarrollan) es la que genera grandes diferencias florísticas, fisionómicas y funcionales entre ellas. Estas condiciones particulares hacen posible distinguir tres tipos de sabanas (Figura 1.4): Sabanas estacionales, sabanas hiperestacionales y sabanas semiestacionales.



**Figura 1.4.** Régimen hídrico anual en los distintos tipos de sabanas (Sarmiento 1990).

Las **sabanas estacionales o bancos** se desarrollan bajo un régimen biestacional marcado por una época de sequía (4 a 6 meses) y otra húmeda, es decir una época de déficit hídrico en el suelo y otra en donde el suelo se encuentra en su capacidad de campo (Figura 1.4.). Durante la

estación lluviosa hay una alta actividad biológica en las plantas la cual disminuye progresivamente a medida que decrecen las precipitaciones y en la estación seca la vegetación adquiere una apariencia de marchitez y predomina la presencia de necromasa. Debido a esto justamente, la frecuencia de fuegos es mucho mayor en este tipo de sabanas durante la estación seca y muchas de las especies típicas presentan adaptaciones para sobrevivir a los incendios (Sarmiento 1994). En estas sabanas predominan las especies de gramíneas con metabolismo fotosintético C4 (Sarmiento 1990), lo que les otorga una ventaja adaptativa frente a la sequía y las altas temperaturas (Ehleringer et al. 1997). Estas sabanas se desarrollan sobre suelos oligotróficos (pobres en nutrientes), frecuentemente sobre oxisoles, aunque en ocasiones también sobre alfisoles y spodosoles (Sarmiento 1990). Otra característica de interés es su mayor riqueza y abundancia de elementos leñosos como árboles y arbustos, y en el caso del *cerrado* brasilero llegan a formar doseles considerables (Sarmiento 1990), aunque lo suficientemente abiertos para permitir el paso de la luz solar, y por ende permitir el desarrollo de una cobertura herbácea continua y muy conspicua con gramíneas en forma de macoya (Sarmiento 1994). Bajo este esquema de clasificación, las sabanas estacionales se identifican con las sabanas secas o bien drenadas (Sarmiento 1990; Sarmiento et al. 1971a; Sarmiento et al. 1971b; Pinzón-Pérez et al. 2011), las cuales presentan su mayor extensión en la altillanura y el piedemonte llanero (Sarmiento et al. 1971b), o en el caso de la cuenca baja del río Pauto se identifican con los bancos, banquetas, médanos y escarceos (Pinzón-Pérez et al. 2011; Goosen 1964) (Figura 1.5.).



**Figura 1.5** Panorama de un banco (sabana estacional) en la cuenca baja del río Pauto, vereda La Cañada, Trinidad (Casanare).  
A) Estación seca. B) Estación húmeda.

Los grupos más característicos de especies herbáceas en este tipo de sabanas son (en orden de importancia): Poaceae (*Axonopus purpusii*, *Paspalum notatum*, *Panicum*, *Sporobolus jacquemontii*), Fabaceae (*Chamaecrista diphylla*, *Clitoria*, *Crotalaria*, *Eriosema simplicifolium*, *Indigofera*), Malvaceae (*Peltaea sessiliflora*), Lamiaceae (*Hyptis lantanifolia*), Cyperaceae (*Cyperus flavescens*, *Kyllinga rigida*, *Rhynchospora barbata*, *Rhynchospora nervosa*), Solanaceae (*Schwenckia americana*), Rubiaceae (*Declieuxia fruticosa*) y Passifloraceae (*Turnera*). Por otro lado, entre los elementos leñosos (subarbustos, arbustos y pequeños árboles) se destacan las familias (en orden de importancia): Salicaceae (*Casearia sylvestris var. lingua*, *Casearia sylvestris var. sylvestris*), Verbenaceae (*Lantana camara*), Dilleniaceae (*Curatella americana*, *Davilla nitida*), Connaraceae (*Connarus venezuelanus*), Fabaceae (*Copaifera pubiflora*), Lamiaceae (*Vitex orinocensis*), Solanaceae (*Solanum bicolor*), Melastomataceae (*Miconia trinervia*), Hypericaceae (*Vismia macrophylla*) y Rubiaceae (*Palicourea guianensis*, *Genipa americana*) (Giraldo-Kalil 2012).

Este tipo de sabanas se destinan frecuentemente para la construcción de viviendas, ya que son terrenos que no se inundan y por ende son más estables que los suelos de los bajos, lo que permite hacer cimientos más fuertes. Otro uso muy común es como vías de acceso y desplazamiento, pues aunque los caminos atraviesan todos los tipos de sabanas, los bancos representan una alternativa de movilidad en la estación lluviosa justamente por su buen drenaje. En ocasiones la vegetación natural de los bancos es reemplazada por potreros con pastos africanos para proveer al ganado de una fuente de alimento más duradera durante la

estación seca, ya que dichas especies son más resistentes que las nativas al pisoteo del ganado y permite mayor número de animales por hectárea.

En las **sabanas hiperestacionales o Bajos**, se alternan cuatro estaciones: una época seca (déficit hídrico) seguida de una época húmeda en donde se incrementa progresivamente el nivel de humedad del suelo, posteriormente una época perhúmeda (3 a 8 meses) en donde el nivel freático supera la capacidad de campo y se satura e inunda el suelo, y finalmente otra estación húmeda en donde descienden los niveles de humedad del suelo para dar paso a un nuevo ciclo (Figura 1.4.). Se desarrollan sobre suelos pobres en nutrientes distróficos e hiperdistróficos como entisoles, inceptisoles, alfisoles, ultisoles y oxisoles, aunque ocasionalmente se les puede encontrar en suelos eutróficos como los vertisoles (Sarmiento 1990). Al igual que las sabanas estacionales, el fuego juega un papel muy importante en este tipo de sabanas y muchas especies presentan adaptaciones al fuego y la sequía, pero a diferencia de las estacionales, en las sabanas hiperestacionales las plantas deben afrontar sucesivamente sequía y anegamiento del suelo, razón por la cual la riqueza y abundancia de árboles y arbustos es muy reducida (Sarmiento 1990). A nivel florístico se diferencian por la escasez de leguminosas, las cuales son más diversas y abundantes en las sabanas estacionales, y en cuanto a forma de crecimiento, las gramíneas presentan igualmente un crecimiento en forma de macoya (Sarmiento 1990). Las sabanas hiperestacionales corresponden a las sabanas húmedas, *bajos o bajíos* que forman las mayores extensiones de sabanas en las llanuras aluviales de los departamentos de Casanare y Arauca en Colombia, y en los estados

de Apure y Barinas en Venezuela (Sarmiento 1990; Sarmiento et al. 1971a; Sarmiento et al. 1971b) (Figura 1.6).

En cuanto a los grupos taxonómicos más importantes de los bajos en la cuenca baja del río Pauto, se encuentran las familias Poaceae (*Acroceras zizanioides*, *Andropogon bicornis*, *Echinolaena inflexa*, *Leersia hexandra*, *Steinchisma laxa*), Hydrophyllaceae

(*Hydrolea spinosa*), Malvaceae (*Byttneria genlisea*, *Melochia villosa*), Cyperaceae (*Eleocharis jelskiana*, *Rhynchospora*), Euphorbiaceae *sensu lato* (*Caperonia castaneifolia*, *Phyllanthus hysopifolioides*), Xyridaceae (*Xyris savanensis*), Melastomataceae (*Clidemia rubra*, *Rhynchanthera bracteata*), Onagraceae (*Ludwigia rigida*) y Fabaceae (*Aeschynomene*, *Crotalaria*, *Desmodium*) (Giraldo-Kalil 2012).



a.



b.

**Figura 1.6.** Panorama de un bajo (sabana hiperestacional) en la cuenca baja del río Pauto, vereda Guaracura, San Luis de Palenque (Casanare). A. Estación seca. B. Estación húmeda.

Aunque a simple vista no se aprecian las diferencias en el número de especies entre la estación seca y la estación lluviosa, la riqueza de especies aumenta conforme se incrementa el nivel de humedad, e incluso aparecen especies netamente acuáticas sumergidas entre los intersticios de las macoyas de *Andropogon bicornis* (las cuales constituyen el elemento más característico de la fisionomía de los bajos en esta región) (Giraldo-Kalil 2012). Sin embargo, esta diversidad es máxima en la estación húmeda del suelo, ya que durante el período perhúmedo disminuye nuevamente. La densidad de macoyas es cada vez menor conforme la profundidad de la columna de agua crece gradualmente en la estación lluviosa, pero repentinamente da paso a un gran “claro” dentro de lo que constituye el estero propiamente dicho; esto evidencia el límite de tolerancia a la inundación de esta especie de gramínea (Figura 1.7).

Dada la naturaleza inundable de los bajos, éstos son frecuentemente transformados en cultivos de arroz,

aprovechando que los niveles bajos de anegamiento de estas zonas requieren una menor inversión en riego y adecuación del terreno (Figura 1.8).



**Figura 1.7.** Interfase bajo-estero durante la época seca en la vereda San Vicente, Trinidad (Casanare). Nótese la disminución progresiva de macoyas de *Andropogon bicornis* hasta llegar a un límite abrupto en donde desaparecen totalmente en el estero.



**Figura 18.** Bajo transformado en cultivo de arroz, vereda San Vicente, Trinidad (Casanare).

Las **sabanas semiestacionales o esteros** se caracterizan por una estacionalidad edáfica determinada por la alternancia de una época húmeda y otra perhúmeda o de inundación, que puede durar entre 8 y 11 meses (Figura 1.4.). A diferencia de las sabanas estacionales en donde las plantas deben afrontar la sequía extrema y los incendios, en estas sabanas la incidencia de fuegos es mínima y las plantas deben afrontar la anegación extrema, de forma tal que las adaptaciones presentes

responden a este tipo de condiciones. Por esta razón, la riqueza y abundancia de especies leñosas es mínima y por el contrario, abundan especies de Monocotiledóneas herbáceas de las familias Maranthaceae, Juncaceae, Cyperaceae y Pontederiaceae (Sarmiento 1990), así como algunas totalmente adaptadas a la vida acuática como los lotos (Nymphaeaceae) (Velásquez 1994). Los suelos sobre los que se desarrollan estas sabanas son generalmente de fertilidad media-baja tipo vertisoles (distróficos o mesotróficos) (Sarmiento 1990). Otra diferencia importante con respecto a las sabanas estacionales es la predominancia de gramíneas y ciperáceas con metabolismo fotosintético C3 en contraste con las C4 adaptadas a la sequía (Sarmiento 1990). Por último, como sabanas semiestacionales se pueden identificar los esteros (Sarmiento 1990; Sarmiento *et al.* 1971a; Sarmiento *et al.* 1971b; FAO 1965) (Figura 1.9.), los cuales constituyen pequeños humedales estacionales muy extendidos también en las llanuras aluviales de la Orinoquía colombo-venezolana, aunque es posible encontrar algunos de gran extensión (varios miles de hectáreas) como el estero del Lipa en Arauca o el estero de Camaguán en el estado de Guárico (Marreno 2011).



a.



b.

**Figura 1.9.** Panorama de los esteros (sabanas semiestacionales) en la cuenca baja del río Pauto, vereda La Cañada, Trinidad (Casanare). A. Estación seca. B. Estación húmeda.

Algunos de los taxones más importantes en los esteros de la cuenca baja del río pauto son: Poaceae (*Leersia hexandra*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Panicum laxum*, *Paratheria prostrata*, *Paspalum orbiculatum*, *Reimarochloa*), Cyperaceae (*Eleocharis acutángula*, *Eleocharis elegans*, *Eleocharis interstincta*, *Websteria confervoides*), Euphorbiaceae (*Caperonia castaneifolia*), Marantaceae (*Thalia geniculata*), Pontederiaceae (*Pontederia subovata*), Alismataceae

(*Echinodorus*, *Sagittaria*), Scrophulariaceae (*Bacopa*, *Benjaminia reflexa*), Fabaceae (*Aeschynomene evenia*) y Lentibulariaceae (*Utricularia*) (Giraldo-Kalil 2012). Estas especies se organizan en cinturones concéntricos y conforman diferentes tipos de comunidades dependiendo de la profundidad de la columna de agua y siguen un gradiente de anegamiento desde el límite de macoyas de *Andropogon bicornis* en los bajos (20 cm de profundidad) (Sarmiento 1990).

En casos excepcionales algunos esteros pueden conservar un pequeño espejo de agua en las zonas más profundas, en cuyo caso son conocidos popularmente como “veraneros”. De esta forma no solo sirven como refugio y fuente de agua a numerosos animales silvestres durante la época seca, sino que también proveen al ganado del agua para su subsistencia durante este período de escasez. Por ello muchas veces los dueños de fincas realizan excavaciones en las zonas más profundas del estero y de esta forma se aseguran de que no se seque por completo.

Los **bosques ribereños** son áreas transicionales semiterrestres influenciadas regularmente por aguas continentales que se extienden desde las márgenes de los cursos de agua hacia los límites de las comunidades terrestres lejos de la influencia del agua (Naiman & Decamps 1997, Naiman et al. 2005). En la Orinoquía estos bosques se presentan como franjas angostas asociadas a los cursos de agua, inmersas en un paisaje dominado por vegetación herbácea de sabana (Veneklaas et al. 2005).

Los bosques ribereños son sistemas muy dinámicos que se ven afectados fuertemente en sus características bióticas por los cursos de agua (Naiman & Decamps 1997), los cuales no solo condicionan su estructura y composición, sino también las estrategias de adaptación de las plantas que se someten a sus regímenes de disturbio (Naiman & Decamps 1997; Naiman et al. 2005). Entre los rasgos de historia de vida que manifiestan las plantas ribereñas se pueden encontrar: adaptaciones morfológicas ante la escasez de oxígeno en el suelo o sustratos inestables tales (raíces adventicias, raíces tabloides, flexibilidad radical y aerénquima) (Naiman & Decamps 1997), adaptaciones reproductivas como la dispersión de las semillas sincronizada con el retiro estacional de la inundación (Johansson et al. 1996; Sigafos 1964), o la hidrocoria para dispersar los propágulos a nuevos sitios de establecimiento aprovechando la época de inundaciones (Johansson et al. 1996; Nilsson et al. 1991).

Algunas funciones de los bosques ribereños son la modificación del transporte de sedimentos, el control sobre el microclima de los cursos de agua y el mantenimiento de las conexiones biológicas a través de los gradientes ambientales del paisaje (Naiman & Decamps 1997; Naiman et al. 2005; Naiman et al. 1993), provisión de refugio y lugares de cría para la

fauna terrestre y acuática (Calvacanti 1992; Machado-Allison 1990; Medellín & Redford 1992; Naiman et al. 2005; Ojasti 1990; Redford & Da Fonseca 1986), provisión de materia orgánica para los organismos de aguas corrientes (Cummins 1974; Kangas 1994; Naiman & Decamps 1997), amortiguación de entradas perjudiciales de sedimentos, nutrientes y agroquímicos (Naiman et al. 2005; Peterjohn & Correll 1984), y provisión de recursos escasos en la sabana (como agua, forraje, leña y otros productos no maderables) a los seres humanos y la fauna doméstica (Adams 1989; Ratter et al. 1997). Los bosques ribereños encontrados en la cuenca baja del río Pauto son: **bosques de vega, bosques de galería y morichales.**

Los **bosques de vega** son aquellos que se desarrollan sobre superficies de inundación en los valles aluviales de los ríos de aguas blancas provenientes de los Andes (como por ejemplo los ríos Pauto y Meta), los cuales presentan una gran exuberancia dado que están soportados por suelos de fertilidad media o alta (Baptiste & Ariza 2008) (Figura 1.2.). En general la mayoría de ellos son inundables estacionalmente, pero aquellos que se encuentran en las partes más altas de los diques se inundan con mucha menos frecuencia y pueden pasar muchos años desde un evento de inundación a otro. El dosel en los bosques de vega se encuentra cerca de los 25 m, pero presenta numerosos individuos que superan esta talla (emergentes); adicionalmente, es posible encontrar individuos con diámetros del tronco superiores a 1 m. Algunas de las especies más representativas de los bosques de vega son (en orden de importancia): *Attalea butyracea*, *Clarisia biflora*, *Guarea guidonia*, *Sterculia apetala* e *Inga interrupta*, entre otras (Figura 1.10).

Algunos de los grupos taxonómicos más representativos de los bosques de vega son (en orden de importancia): *Arecaceae* (*Attalea butyracea*, *Bactris major*, *Roystonea oleracea*), *Moraceae* (*Clarisia biflora*, *Sorocea sprucei*), *Sapotaceae* (*Sarcaulus brasiliensis*), *Meliaceae* (*Guarea guidonia*, *Trichilia pallida*), *Elaeocarpaceae* (*Sloanea terniflora*), *Malvaceae* (*Sterculia apetala*), *Fabaceae* (*Inga interrupta*), *Araliaceae* (*Dendropanax arboreus*) y *Capparaceae* (*Capparidastrum sola*) (Cabrera-Amaya 2012).

Las vegas de los ríos andinenses como el Pauto son muy apreciadas por los campesinos como zonas de cultivo debido a la fertilidad de sus suelos. En consecuencia los



**Figura 1.10.** Bosque de vega del río Pauto, vereda Palestina, San Luis de Palenque. A) Panorámica. B) Desde el interior.

bosques de vega han sido severamente deforestados para dar paso a potreros de pastos africanos para ganadería (Figura 1.11), así como diversos tipos de cultivos, con el arroz como el más importante de ellos (Cardona-Cardozo et al. 2011).



**Figura 1.11.** Bosque de vega transformado en potrero, vereda Guaracura, San Luis de Palenque (Casanare).

En cambio, los **bosques de galería** se desarrollan en las márgenes de ríos, caños y cañadas que nacen en las sabanas, pueden ser inundables o no inundables, según si se encuentran en los planos de inundación o en los diques de las riberas (Baptiste & Ariza 2008) (Figura 1.2). Estos bosques presentan elementos de menor talla comparados con los bosques de vega, pues el dosel alcanza cerca de 20 m y el diámetro de los individuos en general no excede los 50 cm. Algunas de las especies más representativas de los bosques de galería son *Vitex orinocensis*, *Copaiifera publiflora*, *Maquira coriacea*, *Mabea trianae*, *Byrsonima japurensis* y *Connarus venezuelanus*, entre otras. (Figura 1.12.).

Algunos de los grupos taxonómicos más representativos de los bosques de galería son (en orden de importancia): *Arecaceae* (*Attalea butyracea*), *Lamiaceae* (*Vitex orinocensis*), *Fabaceae* (*Copaiifera publiflora*, *Zygia inaequalis*), *Moraceae* (*Maquira coriacea*), *Malpighiaceae* (*Byrsonima japurensis*), *Connaraceae* (*Connarus venezuelanus*, *Rourea glabra*), *Euphorbiaceae* (*Mabea trianae*, *Mabea nitida*, *Sapium glandulosum*), *Salicaceae* (*Casearia sylvestris*, *Homalium racemosum*), *Burseraceae* (*Bursera simarouba*, *Protium guianense*), *Apocynaceae* (*Stemmadenia grandiflora*, *Tabernaemontana siphilitica*), *Rubiaceae* (*Randia venezuelensis*) (Cabrera-Amaya 2012).

El interés en los bosques de galería es menor que en los bosques de vega, pues aparte de los recursos forestales que los habitantes locales puedan obtener de ellos, los suelos sobre los que se desarrollan no tienen un valor para la agricultura. En cambio, son frecuentemente quemados para ampliar las sabanas o los potreros y tener áreas más grandes de pastoreo.

Los **Morichales** también presentan gran influencia de las inundaciones en las riberas de los cursos de agua (al igual que los bosques de vega y de galería) y también aislados en medio de las sabanas inundables (Baptiste & Ariza 2008; Caro 2006; Fernández 2007; Neiff et al. 2004). En la figura 1.2 no se representa este tipo de bosques, pero pueden ubicarse por igual en zonas inundables de las márgenes de ríos y caños o en sabanas que no presenten déficit hídrico durante la estación seca (similar a lo que se presenta en los esteros). Muchas veces estos ecosistemas representan estadios sucesionales

tempranos de otro tipo de bosques ribereños (Fernández 2007); algunos autores han descrito cinco etapas en el desarrollo de los morichales a medio camino antes de convertirse en bosques inundables (González-Boscán 1987): 1) pantanos herbáceos, 2) morichales abiertos, 3) morichales cerrados, 4) morichales de transición, 5) bosque siempreverde de pantano estacional. El dosel de un morichal típico no supera los 20 m y sus individuos en general presentan diámetros del tronco

menores a 50 cm, pero esto depende en gran medida del estado sucesional en que se encuentre. La especie más representativa de estos ecosistemas es por supuesto *Mauritia flexuosa*, conocida popularmente como “moriche” (Orinoquía) o “cananguche” (amazonía), y ocasionalmente puede encontrarse asociada a esta otras palmas como *Euterpe precatoria* var. *precatoria*, llegando a formar palmares muy densos (Figura 1.13).



**Figura 1.12.** Bosque de galería en la vereda San Vicente, Trinidad (Casanare). A) Panorámica. B) Desde el interior.



**Figura 1.13.** Morichal en la vereda Guaracura, San Luis de Palenque (Casanare). A) Panorámica. B) Desde el interior.

Algunos de los grupos taxonómicos más representativos de los morichales de la cuenca baja del río Pauto son (en orden de importancia): Arecaceae (*Mauritia flexuosa*, *Euterpe precatoria*), Melastomataceae (*Bellucia grossularioides*, *Henrietella ovata*), Annonaceae (*Xylopia aromatica*), Myristicaceae (*Virola surinamensis*), Malpighiaceae (*Byrsonima japurensis*), Siparunaceae

(*Siparuna guianensis*), Araliaceae (*Dendropanax arboreus*), Anacardiaceae (*Tapirira guianensis*), Moraceae (*Maquira coriacea*) y Rubiaceae (*Psychotria anceps*) (Cabrera-Amaya 2012).

Los morichales proveen de agua a la población rural, pues funcionan como reservorios cuando se encuentran en medio de la sabana y en ocasiones algún pequeño

caño puede originarse en ellos. En cuanto a usos tradicionales de la palma *Mauritia flexuosa*, tiene una mayor utilidad en comunidades amazónicas que en la Orinoquía colombiana, de forma que es frecuente que este tipo de ecosistemas sufra el mismo destino que los otros bosques ribereños y sea transformado en áreas de pastoreo, aunque la mayor amenaza sobre los morichales viene hoy en día de la industria petrolera.

### **Apuntes ecológicos adicionales de la vegetación**

#### *Dinámica estacional de las sabanas*

El perfil de la figura 1.2 representa los distintos tipos de vegetación en las llanuras aluviales y su régimen hídrico en la cuenca baja del río Pauto; para el caso de las sabanas, el perfil se ajusta al esquema de Sarmiento (1990).

En la época de sequía el nivel freático es profundo en los bancos y en los bajos, de manera que el agua del suelo no está disponible para las plantas en ninguno de los casos, mientras que en los esteros el suelo se encuentra en su capacidad de campo (o con el nivel freático muy superficial) (Figura 1.2.). Una vez inicia la estación lluviosa el suelo experimenta un período aguas bajas inicial o entrada de aguas en donde empieza a saturarse el suelo; en este período los bancos no tienen disponible el agua freática, los bajos se encuentran en capacidad de campo y los esteros presentan una lámina de agua poco profunda que va aumentando conforme avanza la estación lluviosa (Figura 1.2 y 1.4). En plena época de lluvias, el nivel freático en los bancos nunca supera la capacidad de campo, incluso en la época de máximas precipitaciones (aguas altas), mientras que en los bajos, es en esta época donde el suelo se satura completamente y se inunda (máximo 20 cm), al igual que en los esteros, donde la columna de agua alcanza su mayor profundidad (entre 20 cm y 1,5 m o más en casos excepcionales) (Figura 1.2 y 1.4). El período de aguas bajas se repite a la inversa hacia el final de la estación, de manera que se habla de salida o descenso de aguas, en donde empieza a disminuir el nivel de humedad del suelo, con las mismas consecuencias para los bancos y los bajos, pero en los esteros aún se presenta inundación en esta época (Figura 1.2).

#### *Dinámica estacional de los bosques*

Una dinámica similar a la de sabanas se presenta en la vegetación boscosa, con excepción de que ninguno de

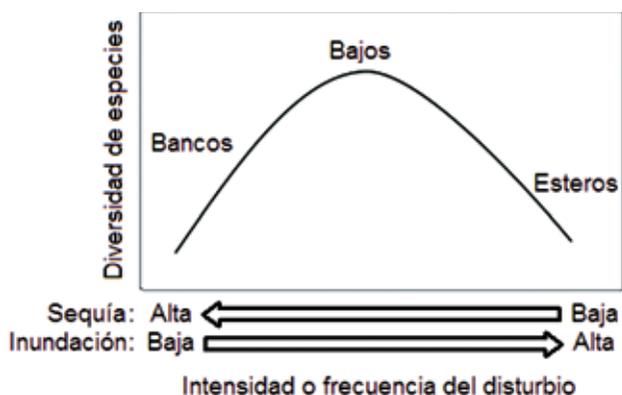
los tres tipos descritos sufre de estrés hídrico durante la estación seca.

En la Figura 1.2 se observa que durante la estación seca el nivel freático se encuentra muy profundo en el suelo, sin embargo no lo suficiente para quedar fuera del alcance del sistema radical de los árboles en las riberas, o para el caso de los morichales aislados en la sabana, siempre hay agua disponible (tal como ocurre en los esteros). Cuando empieza la estación lluviosa, se incrementan los niveles de humedad en el suelo, de manera que en aquellos bosques inundables se alcanza la capacidad de campo y en los morichales se llega prontamente a niveles de saturación (Figura 1.2.). Durante la época de aguas altas, los bosques de vega y de galería ubicados sobre los diques no se inundan durante la estación lluviosa. Esto es general para los bosques de galería por estar asociados a caños cuyo caudal es pequeño; mientras que los bosques de vega sobre diques sí se inundan en algún momento de su existencia, sólo que lo hacen con una frecuencia muy baja comparados con los bosques de vega inundables (que se anegan estacionalmente todos los años).

#### *Disturbio intermedio en las sabanas*

Por otro lado, las sabanas en la cuenca baja del río Pauto son un buen ejemplo del efecto que el disturbio intermedio tiene sobre la diversidad de los ecosistemas. La hipótesis del disturbio intermedio formulada por Connell (1978), postula que la diversidad local de especies es mayor en presencia de disturbios que en ausencia de ellos, particularmente si tales disturbios ocurren con una frecuencia e intensidad intermedia, es decir, ni muy frecuentes ni muy raros pero tampoco muy leves ni muy graves (Molles 2009). Según la frecuencia e intensidad de los disturbios se podrían presentar las siguientes situaciones (Begon et al. 2006; Molles 2009): en ausencia de disturbios la tendencia es a que las especies competidoras se conviertan en dominantes debido al efecto de exclusión (ej. clímax ecológico); si los disturbios son muy leves, no generan ningún efecto sobre la biodiversidad; bajo un régimen de disturbio intermedio, hay tiempo y nichos disponibles suficientes para la llegada y el establecimiento de todo tipo de especies hasta la ocurrencia de un nuevo disturbio; bajo condiciones muy fuertes de disturbio sólo especies especialistas sobreviven; por último, si los disturbios son demasiado fuertes se produce una pérdida total de la biodiversidad (ej. minería a cielo abierto).

Este mismo panorama se observa en los bancos, bajos y esteros, con excepción de que son dos los disturbios que afectan la vegetación de manera predominante: sequía e inundación. Bancos y esteros presentan una diversidad claramente menor que los bajos (Giraldo-Kalil 2012), ya que se desarrollan en los extremos de sequía y anegamiento respectivamente, razón por la cual desarrollan una menor complejidad en términos de riqueza, estructura y fisionomía que aquella que se presenta en los bajos (Figura 1.17). Por esta razón, las especies de bancos y esteros son especialistas en sus respectivos ecosistemas; por ejemplo, en los bancos se presentan estructuras de almacenamiento de agua y en los esteros aparecen tejidos de flotación (aerénquima). En cambio, los bajos experimentan niveles intermedios de sequía y anegamiento, lo cual permite la presencia de un mayor número de especies y una estructura de la vegetación más compleja (Figura 1.14).



**Figura 1.14.** Esquema de la hipótesis del disturbio intermedio adaptada a las sabanas de la cuenca baja del río Pauto, modificado de Molles (2009).

## COMUNIDADES BIOTICAS DE LAS SABANAS INUNDABLES DEL RÍO PAUTO

De acuerdo con la revisión realizada por Mora-Fernández et al. 2013 (en prensa), sobre el estado del conocimiento del paisaje de sabana inundable en la Orinoquia colombiana, se visualiza que existen algunos grupos taxonómicos más estudiados que otros y que es necesario realizar investigaciones más completas que cobijen la diversidad que se expresa en las sabanas inundables. La estacionalidad marcada es un factor determinante en la dinámica hidrológica de las sabanas inundables y le confiere condiciones limitantes para el establecimiento de diferentes grupos de fauna y flora de la región, seleccionando aquellos organismos lo suficientemente tolerantes y con una plasticidad adaptativa amplia, que les permita afrontar cambios en

el paisaje durante los periodos de sequía y lluvia (Wells, 2007). Por ello es fundamental empezar a trabajar sobre la importancia del servicio ambiental de regulación hídrica que proveen estas sabanas, así como en los procesos ecológicos que allí se mantienen como sustento de muchas especies que dependen directamente de esta dinámica. Por lo tanto se hace necesario continuar profundizando en el conocimiento, conservación y uso de la sabana inundable de la Orinoquia colombiana, como ecosistema estratégico del tercer sistema ribereño más importante del mundo: La cuenca del Orinoco.

En la última década el gobierno nacional, así como empresas privadas, ONGs, universidades y centros de investigación han tornado su atención sobre los diferentes ecosistemas presentes en el Casanare, motivados por el acelerado crecimiento económico de la región y las radicales transformaciones de los paisajes naturales de las llanuras. Esto ha generado un creciente número de investigaciones que han aportado significativos avances en el conocimiento de la flora y fauna de la región.

La información más completa sobre la Orinoquia colombiana inicia a partir del Plan de Acción Regional en Biodiversidad Cuenca del Orinoco (PARBO, 2006), siguiendo con los ejercicios de Portafolio Orinoco, liderados por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) en apoyo con otras organizaciones.

A pesar de su importancia ecológica y socio-económica, el departamento del Casanare es uno de los más degradados del país, con mayor porcentaje de ecosistemas transformados (19%) y sus ecosistemas están entre los menos representados en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Lasso, et al., 2010; Usma & Trujillo, 2011).

En términos generales, los estudios que han caracterizado la flora y fauna exclusiva de la sabana inundable son mínimos, y los registros existentes se remiten únicamente a las regiones aledañas del Piedemonte Llanero y a las inmediaciones de la rivera de los ríos Meta y Orinoco, dejando de lado las 16.000.000 hectáreas de paisaje de sabanas naturales, bosques rivereños y matas de monte equivalente al 90% de los ecosistemas presente. Actualmente la información sobre mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces y flora se encuentran consignados en informes técnicos realizados por las Corporaciones autónomas regionales y por las grandes empresas de hidrocarburos que se encuentran

en la región; libros publicados en los últimos 3 años como el listado de fauna y flora de las reservas de la sociedad civil del nodo Orinoquia (Peñuela et al. 2011), Biodiversidad del Casanare (Usma & Trujillo et al. 2011), los libros del portafolio Orinoco (Lasso et al. 2010; Lasso et al. 2011); y artículos científicos aislados, que aportan información importante y fueron fuentes de referencia en el proyecto ejecutado por la Alianza Yoluka ONG y La Fundación Horizonte Verde.

El estudio se llevó a cabo en la cuenca baja del río Pauto, la cual ocupa un área aproximada de 2.874 km<sup>2</sup> e incluye varias veredas de los municipios de San Luis de Palenque y Trinidad. Se realizó durante los meses de Febrero - Marzo de 2012 (temporada seca) y en Julio - Agosto de 2012 (temporada de lluvias). Los muestreos se realizaron en tres estaciones a lo largo de la cuenca baja del río Pauto (Figura 1.15)

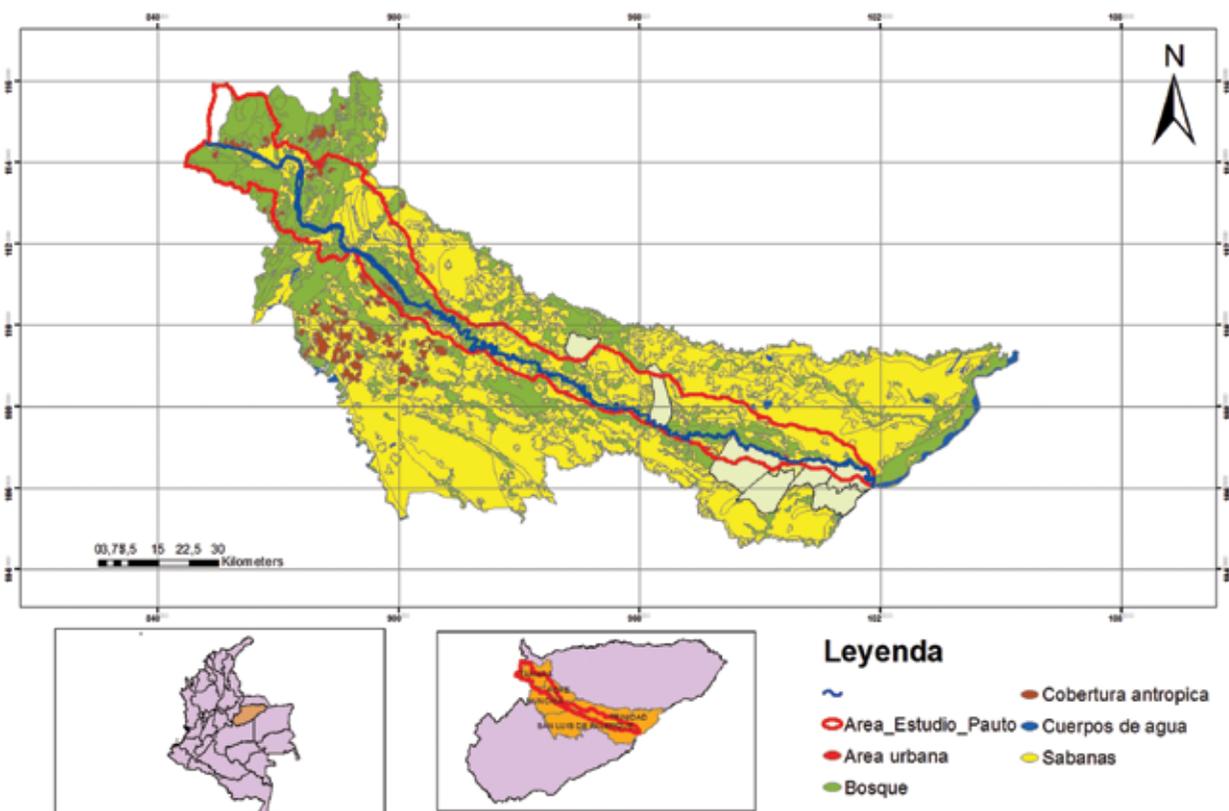


Figura 1.15. Mapa de la ubicación de sitios de muestreo

La Alianza Yoluka ONG y Fundación Horizonte Verde y el equipo de profesionales que trabajaron en el proyecto reportan en la “*Guía de campo Flora y Fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto Casanare-Colombia*” 1.138 especies presentes en este ecosistema: (606) plantas, (62) mamíferos, (315) aves, (25) reptiles, (23) anfibios y (107) peces (Mora-Fernández & Peñuela-Recio 2013).

Ahora bien, Aunque para las sabanas colombianas existen diversas publicaciones de vegetación asociadas a diversidad (Fernández et al. 2010), ecología (Sarmiento, 1996; Baptiste & Ariza, 2008) y manejo (Rippstein et al. 2001; Correa et al. 2005; Peñuela et al. 2011), la literatura se encuentra muy dispersa y muestra escalas de información geográfica muy heterogénea, lo que dificulta la comparación entre estudios.

Algunos de los trabajos más importantes que recopilan la mayor parte de información sobre la composición florística de los bosques de galería de la región de la Orinoquia colombiana se pueden citar aproximaciones regionales en cuanto a tipos de vegetación a Cuatrecasas (1958), Holdrige et al. (1963), IGAC (1983), Salamanca (1984) y Van der Hammen & Rangel (1997); en cuanto a composición florística se encuentra una breve reseña por departamentos y municipios en Peñuela et al. (2011) quien reporta para las reservas naturales de la sociedad civil ubicadas en el paisaje de sabana inundable en Arauca y Casanare, 457 especies de plantas.

Una de las compilaciones más actualizada fue presentada por Rangel (1992), pero desde entonces se han realizado más trabajos en la Orinoquia colombiana.

Para una revisión más detallada del tipo y naturaleza de los trabajos realizados sobre flora y estructura de la vegetación en la región, véase los aportes de Correa et al. (2006), Fernández et al. (2010) y Córdoba et al. (2011) este último reporta para el departamento de Casanare, un total 1.479 especies de flora, distribuidas en 146 Familias.

Para la zona estudiada particularmente, la única publicación tanto para bosques como para sabanas es la realizada en el Bloque de perforación de hidrocarburos Cubiro llevada a cabo por el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia en alianza con Alange Energy Corp., en la que se analiza la composición de las comunidades vegetales, su estado de conservación y sus amenazas (León-Sicard, 2011).

En el estudio realizado en las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto se diferencian las sabanas de los bosques reportando en total 606 especies de plantas, de las cuales en sabanas se reportan 325 especies distribuidas en 59 familias y 147 géneros, en donde las familias más ricas fueron Poaceae (72 especies), Cyperaceae (40), Fabaceae (20), Sterculiaceae (14) y Rubiaceae (13).

En los bancos se encontraron 23 familias en la época seca de las cuales Fabaceae y Malvaceae fueron las más representativas, de las 69 especies encontradas *A. purpusii*, *P. notatum* y *S. jacquemontii* son las que presentaron los mayores valores de importancia. Durante las lluvias se encontraron 29 familias y 84 especies, entre las que también se resaltan *A. purpusii*, *P. notatum* y *A. bicornis*. En los bajos para la época seca se presentaron 17 familias, de las cuales Hydrophyllaceae y Sterculiaceae se encuentran dentro de las más importantes, allí se registraron en total 68 especies, entre las que se destacan *Leersia hexandra*, *Axonopus purpusii* y *Andropogon bicornis*. En la época de lluvias se registraron 29 familias, entre las que se resalta Cyperaceae, se encontraron además 105 especies, las más importantes fueron *A. bicornis*, *Steinchisma laxa*, y *Panicum* sp. 09. En los esteros en la seca se encontraron 11 familias (26 especies) las más importantes, además de las gramíneas fueron Cyperaceae y Euphorbiaceae, siendo *P. orbiculatum*, *L. hexandra* y *A. zizanioides* especies muy representativas. En la época lluviosa se reportaron 23 familias y 53 especies, *L. hexandra*, *Eleocharis* sp. 01, y *Reimarochloa* sp. 01 son de las más importantes.

Adicionalmente, también se caracterizaron ambientes transformados de sabana:

**Cultivos de arroz.** Presentaron 17 familias entre las que se destacan Cyperaceae, Rubiaceae y Scrophulariaceae, se encontraron además 51 especies, y de estas, las más importantes fueron *Fimbristylis miliacea*, *Spermacoce ocyroides* y Poaceae sp. 21 después de *O. sativa*.

**Potrero de banco.** Se encontraron 19 familias de las que se destacan Cyperaceae y Fabaceae, y 31 especies y entre las cuales *Urochloa* sp. 01, *Axonopus purpusii* y *Davilla* nítida son las más importantes.

**Potreros de bosque de vega.** Se registraron 41 familias entre las que Mimosaceae y Cyperaceae fueron muy importantes, y 109 especies de las cuales *Acroceras zizanioides*, *Hypparrenia rufa* y *Urochloa decumbens* son los más importantes

Las arroceras visitadas son bajos de sabana completamente modificados para cultivo y no conservan las características propias del ambiente del que se originaron. En los bajos no transformados visitados se reportan 114 especies y en las arroceras 51 especies, únicamente compartiendo 30 especies. Esto indica que los bajos tienen más del doble de especies que los cultivos de arroz, de las cuales comparten menos de un tercio.

Los bosques potrerizados presentaron en total 109 especies, de las cuales comparten solo el 11,2% con esteros, 22,4% con bancos y 28% con bajos no transformados. Fueron además los ambientes transformados con mayor riqueza, y el 61% de sus especies son exclusivas. En general, la mayoría de las especies registradas presentan una amplia distribución en diferentes zonas tropicales y subtropicales de América (92,1%), mientras que tan solo el 7,9% de las especies presentan una distribución más restringida, centrada en Colombia y Venezuela, con algunos registros en Centroamérica o Brasil.

Para los bosques riverieños muestreados en la cuenca baja del río Pauto se registra 79 familias, 207 géneros y 281 especies, de los cuales 1,4% de especies corresponden a pteridófitos y 98,6% son angiospermas (12,1% monocotiledóneas y 86,5% dicotiledóneas).

Las familias más ricas en especies fueron: Rubiaceae (22 especies); Euphorbiaceae, Fabaceae, Moraceae y Sapindaceae (10 c/u); Melastomataceae (9),

Apocynaceae, Arecaceae y Bromeliaceae (8 c/u); Flacourtiaceae, Mimosaceae y Verbenaceae (7 c/u). Estas familias reúnen el 44% de la riqueza de géneros y el 48% de la riqueza de especies. Los géneros más ricos en especies fueron: *Casearia*, *Ficus*, *Piper* y *Tillandsia* (5 especies c/u), *Annona*, *Heliconia*, *Inga*, *Miconia*, *Passiflora*, *Philodendron*, *Psychotria* y *Trichilia* (4 c/u), *Aegiphila*, *Cordia*, *Paullinia* y *Vismia* (3 c/u). En estos géneros se reúne apenas el 26% de la riqueza de especies del área de estudio.

En los bosques de galería se encontraron 66 familias, 134 géneros y 175 especies. Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Rubiaceae (13); Moraceae (10); Sapindaceae (7); Euphorbiaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Mimosaceae y Verbenaceae (5 c/u); Annonaceae, Arecaceae, Meliaceae y Piperaceae (4 c/u). Los géneros más ricos en especies fueron: *Ficus* (5); *Annona*, *Casearia* y *Piper* (5 c/u); *Inga*, *Miconia*, *Paullinia*, *Psychotria* y *Trichilia* (3 c/u); *Adiantum*, *Aegiphila*, *Chomelia*, *Cordia*, *Mabea*, *Ouratea*, *Randia* y *Urera* (2 c/u).

En los bosques de vega se registraron 64 familias, 133 géneros y 161 especies. Las familias más ricas en especies fueron: Rubiaceae (12 especies); Sapindaceae (8 c/u); Arecaceae y Euphorbiaceae (7 c/u); Bignoniaceae y Moraceae (6 c/u); Apocynaceae, Clusiaceae, Flacourtiaceae y Meliaceae (5 c/u). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron: *Casearia*, *Heliconia*, *Paullinia*, *Piper* y *Trichilia* (3 c/u); *Adiantum*, *Aegiphila*, *Allophylus*, *Calathea*, *Desmoncus*, *Eugenia*, *Ficus*, *Hirtella*, *Homalium*, *Licania*, *Mabea*, *Monstera*, *Psychotria*, *Solanum*, *Strychnos*, *Virola*, *Vismia* y *Zygia* (2 c/u).

En el morichal se encontraron 32 familias, 41 géneros y 48 especies. Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Melastomataceae (6); Clusiaceae (3); Annonaceae, Arecaceae, Asteraceae, Cecropiaceae, Dilleniaceae, Rubiaceae y Sterculiaceae (2 c/u). Los géneros más ricos en especies fueron: *Miconia* (3); *Cecropia*, *Mikania*, *Vismia* y *Xylopia* (2 c/u).

De las especies encontradas, ninguna es endémica de Colombia, por el contrario, cerca del 38% de las especies registradas en este estudio son de amplia distribución en el norte de Suramérica, algunas llegando incluso a Panamá y Costa Rica hacia el norte, o a Brasil y las Guayanas hacia el oriente. Solamente el 4% de las especies aproximadamente presentan una distribución

restringida a Colombia y Venezuela.

Por otro lado, tan sólo se registraron tres especies dentro de las categorías de riesgo de la UICN y a otras 7 especies reportadas en los apéndices del CITES, 6 de ellas en el apéndice II y una más en el apéndice III. No obstante, este bajo número de especies no significa una baja amenaza para la flora de los bosques ribereños sino que en realidad no se ha categorizado lo suficiente, pues esta lista representa apenas el 6,8% de las especies encontradas en estos ecosistemas. Además demuestra que aún existen muchos vacíos de información para la conservación en la Orinoquía colombiana.

En general, parece existir una correspondencia de los patrones florísticos encontrados en cuanto a presencia (más no en cuanto a riqueza o abundancia) de familias y géneros (y en algunas ocasiones, también con las mismas especies), con aquellos reportados en la literatura para los ambientes definidos: bancos, bajos, esteros, bosques de galería o de aguas negras, bosques de vega o de aguas blancas y morichales. Esto da luces acerca del estado de conservación de las sabanas y los bosques en el área de estudio, pues a pesar de presentar evidentes signos de alteración humana, aún tienen especies típicas pertenecientes a las familias y géneros más importantes de los ambientes correspondientes.

A nivel de especies la flora encontrada en las sabanas es típica no sólo de ambientes similares en otras zonas de la Orinoquía colombo-venezolana, sino de todos los ambientes marcadamente estacionales tropicales y subtropicales de Suramérica, tipo sabanas y bosques secos. Al contrario, el patrón florístico de los bosques ribereños del área de estudio difiere mucho de otras zonas de la Orinoquía colombo-venezolana, no se comparten muchas especies; sin embargo, convergen en esta región especies típicas de dos tipos de ecosistemas de Suramérica. Por un lado se encuentran todos los ambientes marcadamente estacionales tropicales y subtropicales, tipo sabanas y bosques secos, como por ejemplo los valles interandinos y el Caribe colombianos, así como la región Caribe venezolana y sus bosques secos orinocenses, también las sabanas arboladas brasileras tipo cerrado, las sabanas del Beni y la Chiquitanía en Bolivia, la región del Chaco que comparten Bolivia, Paraguay, Brasil y Argentina, los sistemas de humedales del Pantanal en Brasil y los Esteros del Iberá entre Paraguay y Argentina, así como amplias zonas de la Pampa en Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Por otro

lado, se encuentran las selvas de tierras bajas del dominio biogeográfico amazónico presentes en la Amazonía propiamente dicha, la región de la Guayana venezolana y las selvas húmedas del pacífico colombiano y Centroamérica (Chocó biogeográfico). En este sentido, se podría decir que el área de estudio cuenta con una riqueza y diversidad representativa de los ecosistemas evaluados, lo que por el momento evidencia un buen estado de conservación, pues se encuentra un patrón florístico consistente con lo que se ha reportado en la literatura a nivel de grandes grupos, familias, por tipo de sabanas y bosques, por formas de crecimiento y en alguna medida en cuanto a géneros.

De igual manera, en el marco del proyecto ejecutado por la Alianza Yoluka ONG-Fundación Horizonte Verde, se caracterizó el uso de las plantas por las comunidades que viven de la cuenca baja del río Pauto, Casanare. Se encontraron en total 183 especies de plantas usadas las cuales se agruparon en siete categorías de uso (figura 1.16), algunas de ellas las emplean de diferentes maneras, por lo tanto se encuentran en más de una categoría. Dentro de cada categoría se han separado las especies nativas de las introducidas (figura 1.17):

*Medicinal* – En esta categoría encontramos 75 especies lo que representa el 41% del total; 26 de las 75 especies son autóctonas (36%);

*Alimento* – En esta categoría encontramos 60 especies lo que representa el 33% del total; 16 de las 60 especies son autóctonas (27%);

*Construcción* – En esta categoría encontramos 36 especies lo que representa el 20% del total; 31 de las 36 especies son autóctonas (86%);

*Forraje* – En esta categoría encontramos 26 especies lo que representa el 14% del total; 12 de las 26 especies son autóctonas (46%);

*Sombra* – En esta categoría encontramos 10 especies lo que representa el 5% del total; 4 de las 10 especies son autóctonas (36%);

*Herramienta* – En esta categoría encontramos 4 especies lo que representa el 2% del total; 2 de las 4 especies son autóctonas (50%);

*Combustible* – En esta categoría encontramos 3 especies lo que representa el 2% del total; las 3 especies son autóctonas (100%).

En las comunidades del río Pauto, en los municipios de Trinidad y San Luis de Palenque, se encontró que el nivel

de conocimiento ecológico tradicional lograr garantizar una gestión correcta de los recursos suministrado por las plantas para el sustento de la población local, pero no

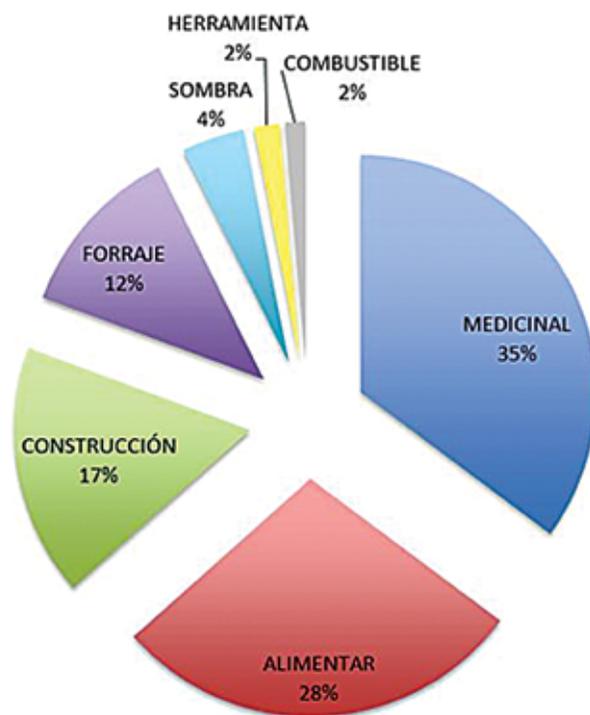
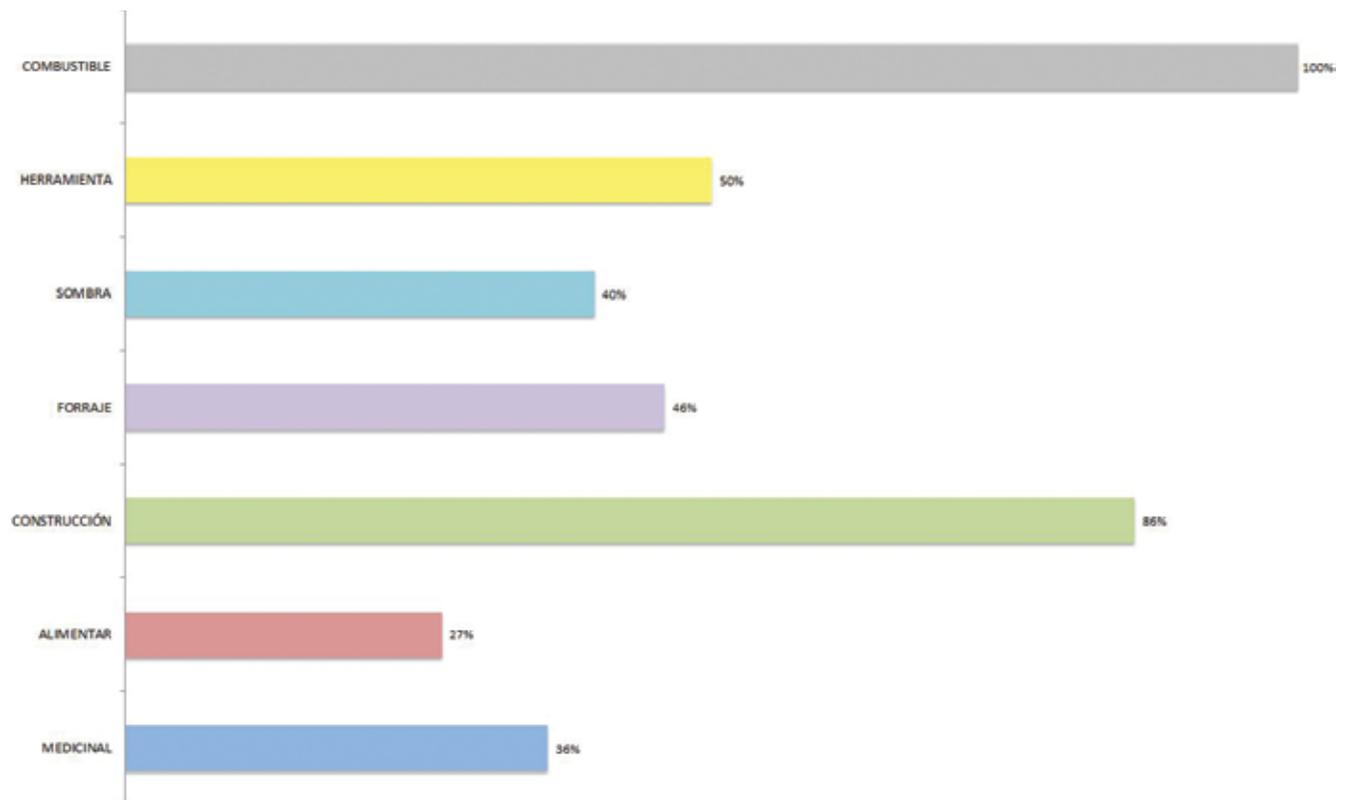


Figura 1.16. Riqueza relativa de cada categoría de uso.

alcanza a proporcionar protección ambiental necesaria para garantizar la integridad de los ecosistemas a largo plazo.

La gente local es capaz de adaptarse a condiciones ambientales difíciles aprovechando la variabilidad inter e intraespecífica para mejorar su seguridad alimentaria y una gama de servicios que las plantas proporcionan. Adicionalmente, las comunidades mantienen adecuadamente un gran número de plantas útiles en sus jardines y topocheras (conucos), y, el uso de estiércol del ganado que usan para la fertilización crea un equilibrio en el flujo de energía entre la sabana (Pagani G. 2012). Lo anterior permite que las poblaciones locales no utilicen, hasta la fecha, los productos agroquímicos para la fertilización de sus cultivos de pancoger, ya que la aplicación de algunas técnicas de cultivos y la intensificación de los mismos es reconocida como una de las causas de la degradación del medio ambiente y es rechazado por los lugareños (Pagani G. 2012).

Desafortunadamente, la concepción de los bosques como fuente de materiales de construcción y combustible, zonas de uso agrícola y áreas de pastoreo suponen una amenaza para los fragmentos de bosques



**Figura 1.17.** Porcentaje de especies autóctonas utilizadas en cada categoría de uso.

a pesar de las prohibiciones por parte de las autoridades ambientales (Pagani G. 2012). Del mismo modo, las sabanas también se ven afectadas, la siembra masiva de especies exóticas para su uso como forraje para la ganadería y la reducción del acceso a los recursos de las plantas leñosas ubicadas en el bosque está obligando a la gente local a transformar el hábitat de las sabanas, dando lugar a una arborización que no es coherente con las etapas de sucesión que conducen a la regeneración del bosque autóctono, y a un cambio en las diversidad florística. Se desconoce los impactos ecológicos que pueden llegar a causar la introducción de especies exóticas (Pagani G. 2012).

El conocimiento etnobotánico de las plantas presentes en las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto ha disminuido y cada vez le dan menor importancia. Por lo tanto, generar mecanismos de desarrollo económico alternativos a los existentes es cada vez más difícil, al igual que el uso forestal de planta nativas como fuente de ingreso para la población local (Pagani G. 2012).

Por otro lado, para los grupos de fauna, la información publicada varía por cada uno de los grupos estudiados (Tabla 1.1). La mayoría de los estudios realizados para la zona han basado principalmente sus análisis en registros

del piedemonte con una baja representatividad de los paisajes de sabanas, bosques de galería y matas de monte, los cuales son los ecosistemas dominantes en la región. La mayoría de la información disponible se encuentra en listados que carecen de Boucher o depósitos de ejemplares en las colecciones nacionales registradas, que respalden los registros para el Casanare y permitan corroborar su identidad taxonómica y distribución. Por tal razón, se deben incrementar los esfuerzos en el estudio de fauna para los municipios de Trinidad y San Luis de Palenque para fortalecer el conocimiento de los diferentes grupos de los ecosistemas de sabanas inundables y del departamento del Casanare.

En las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto se registraron 62 especies de mamíferos, 315 de aves, 25 de reptiles, 23 de anfibios y 107 de peces (Tabla 1.2) (Mora-Fernández & Peñuela Recio 2013). De las 315 especies de **aves** reportadas, 16 de ellas son especies migratorias boreales, estas especies tienen una preferencia por ambientes acuáticos, específicamente en borde e interior de esteros, para Colombia ha reportado que *Egretta caerulea* y *Tyrannus savana* tienen colonias anidantes en esta región. Para el caso de los **reptiles** y **anfibios** se reportan dos nuevos registros para el departamento del Casanare correspondiente a los reptiles *Hemidactylus palaichthus* y *Thamnodynastes*

*dixonii* y dos posibles nuevas especies para la ciencia, una rana del género *Scinax* y una serpientes del género *Drymarchon*.

**Tabla 1.1.** Número de especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces reportados para la Orinoquia Colombiana

Grupo	Especies	Región de la Orinoquia	Fuente
Mamíferos	250	Orinoquia colombiana	Ferrer et al. 2009, Trujillo et al. 2010
	26	Sabanas Inundables Arauca y Casanare	Peñuela et al. 2011
	55	Sabanas Inundables Pauto	Suarez-Castro & Sánchez-Palomino 2011
	200	Departamento de Casanare	Trujillo et al. 2011
	189	Orinoquia colombiana	Pinilla-Buitrago 2011
Aves	877	Cuenca del Orinoco con distribución en Colombia	Murillo-Pacheco 2005; Restrepo-Calle et al. 2010
	212	Sabanas Inundables Arauca y Casanare	Peñuela et al. 2011
	412	Departamento de Casanare	Biomap 2006
	507	Departamento de Casanare	Zamudio et al. 2011
Reptiles	119	Orinoquia Colombiana	Chaves & Santamaría 2006
	65	Departamento de Casanare	Alfaro-Bejarano et al. 2011
	17	Sabanas Inundables Arauca y Casanare	Peñuela et al. 2011
	35	Sabanas Inundables Pauto	Cortes-Duque & Sánchez Palomino 2011
Anfibios	108	Orinoquia Colombiana	Acosta-Galvis & Alfaro-Bejarano 2011
	49	Departamento de Casanare	Acosta-Galvis & Alfaro-Bejarano 2011
Peces	658	Orinoquia Colombiana	Maldonado-Ocampo 2000; Ortega-Lara 2005; Maldonado-Ocampo & Usma-Oviedo 2006; Galvis 2007; Maldonado-Ocampo & Bogotá-Gregory 2007; Rugeles-Lugo et al. 2007; Maldonado-Ocampo et al. 2008; Sanchez et al. 2009
	567	Departamento de Casanare	Villa-Navarro et al. 2011
	41	Sabanas Inundables Arauca y Casanare	Peñuela et al. 2011
	110	Media y baja Cuenca del río Pauto	Villa-Navarro et al. 2011

**Tabla 1.2.** Especies por grupos de fauna reportadas para las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto

Grupo	Especie	Genero	Familia	Orden
Mamíferos	62		19	8
Aves	315		59	24
Reptiles	25	24	22	3
Anfibios	23	11	4	
Peces	107	81	29	6

De los **mamíferos** reportados en este estudio sobresalen los órdenes Chiroptera (murciélagos) con 39 especies y Rodentia (roedores) con ocho, quienes en conjunto suman el 76% de las especies registradas. Los mamíferos reportados presentan un amplio intervalo de tamaños, formas y hábitos, que incluyen desde especies arborícolas como el araguato

(*A. seniculus*) y la ardilla (*Sciurus igniventris*), hasta especies terrestres asociadas principalmente a áreas abiertas como el venado (*O. virginianus*) y el oso palmero (*M. tridactyla*). Finalmente para los **peces** se encontró que la mayoría de las especies están dentro de la categoría de peces ornamentales (91 especies), seguido de peces para consumo (14 especies), y sólo una con uso medicinal que corresponde a *Potamotrygon* sp. o raya de río. De la especies registradas solamente *Pseudoplatysotma orinocoense* (Buitrago-Suárez & Burr 2007), está incluida en el libro rojo de peces de agua dulce de Colombia en la categoría Vulnerable VU (Tabla 1.3). Ahora bien, basado en el número actual de especies de peces registradas para el río Pauto (110 sp.), 59 especies (55 %) son registradas en el presente estudio, corresponden a nuevos registros para el río, no sólo son a nivel de especies, también a nivel de familias: Triportheidae, Aspredinidae, Pseudopimelodidae, Doradidae, Auchenipteridae, Rivulidae y Poeciliidae.

El número actual de especies para la cuenca del río Pauto asciende a 169 (Maldonado-Ocampo et al. en prensa). Las cifras de riqueza de especies de peces por grupo taxonómico registradas en el presente trabajo están acordes con el patrón registrado en ecosistemas acuáticos de tierras bajas en la región Neotropical y en otras regiones de la cuenca del Orinoco, donde la predominancia de los Characiformes, Siluriformes y la familia Characidae es clara (Albert & Reis, 2011). No obstante, esta riqueza no fue uniformemente distribuida en los sitios de muestreo.

**Tabla 1.3.** Especies amenazadas registradas en las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto. Categoría de amenaza VU: Vulnerable; NT: Casi amenazados; LC: Preocupación menor

Grupo	Especie	Amenaza (UICN)
Mamíferos	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	VU
	<i>Panthera onca</i>	NT
	<i>Puma concolor</i>	NT
	<i>Pecari tajacu</i>	LC
	<i>Odocoileus virginianus</i>	LC
Aves	<i>Cicconia maguari</i>	LC
	<i>Neochen jubata</i>	NT
	<i>Polystictus pectoralis</i>	NT
Peces	<i>Pseudoplatystoma orinocoense</i>	VU

La fauna presente de la cuenca baja del río Pauto está estrechamente asociada con las comunidades que la habitan, debido a que son reconocidas como especies emblemáticas, o representan un uso directo ya sea como alimento o de mascota. Vale la pena destacar el orden Chiroptera (murciélagos), en él se encuentran especies representantes de varios hábitos y formas, tales como frugívoros, nectarívoros, insectívoros, omnívoros y los hematófagos. Gracias a esta diversidad de hábitos, este grupo cumple importantes papeles ecológicos en procesos claves como la polinización, la dispersión de semillas y el control de plagas (Kunz et al. 2011) de igual forma muchas especies de aves, reptiles, anfibios y peces lo cumplen (ver Capítulo 5).

En general todos los grupos se encuentran bien representados para el ecosistema de sabanas inundables y concuerda con los reportado en la literatura (tabla 1.1 y 1.2) para grupos como los anfibios y peces se presentó

aumento en la diversidad en la época lluvias, el cual era de esperarse ya que la alta humedad provista por las lluvias y los pulsos de inundación proporcionan nuevos hábitats que antes no se encontraban disponibles para estos organismos (McDiarmind & Altig 1999). Para los mamíferos y reptiles se esperaba detectar más especies de las reportadas en este estudio lo cual obedece a tres factores principalmente: (1) la dificultad para realizar un muestro eficiente y preciso en cada uno de los hábitats y microhábitats utilizados por los grupos que componen estas comunidades, disminuyendo la probabilidad de detección del mayor número posible de especies en el tiempo disponible para el trabajo en campo; (2) La división del esfuerzo de muestreo debido a la especificidad en las técnicas de muestreo para cada uno de los grupos de reptiles (escamados, tortugas y cocodrilos) y mamíferos ya que presenta un amplio rango de tamaños, formas y hábitos generando una pérdida de efectividad en la detección de las especies; y (3) el cambio estacional en el uso de los hábitats y microhábitats para especies tropicales (Zug et al. 2001; Wiederhecker et al 2003), ocasionando que especies fácilmente detectables durante la sequía no lo sean durante el invierno y viceversa.

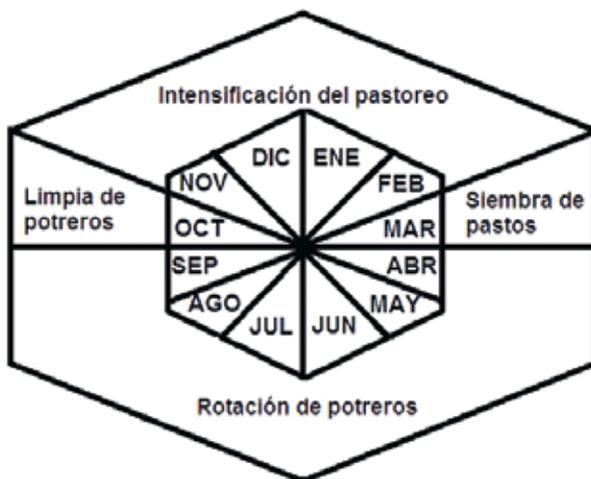
La dinámica ecológica de los todos los grupos de fauna estudiados en de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto está determinada principalmente por tres factores: (1) La marcada estacionalidad entra la época sequía y lluvias; (2) El pulso de inundación de los principales caños y ríos; (3) las coberturas vegetales y su transformación por las actividades humanas. La relación de estos factores, así como la plasticidad adaptativa de las especies que componen los grupos, permite comprender como la transformación o alteración de estas dinámicas ecológicas por las actividades humanas, impacta negativamente estos grupos y la integridad de este ecosistema.

Ejemplo de lo anterior es la composición del ensamble de anuros la cual permite evidenciar la evolución de las sabanas y la selección de organismos altamente tolerantes a condiciones de sequía y transformación del paisaje. De las cinco familias presentes tres (Leptodactylidae, Bufonidae y Microhylidae) están compuestas por especies con rasgos de vidas oportunistas, minadoras, poco dependientes del agua y muy versátiles en su preferencia de hábitat. Sin embargo, la preferencia del hábitat cambia según la época del año. Esta plasticidad adaptativa les permite sobrevivir los 4 a 6 meses del año

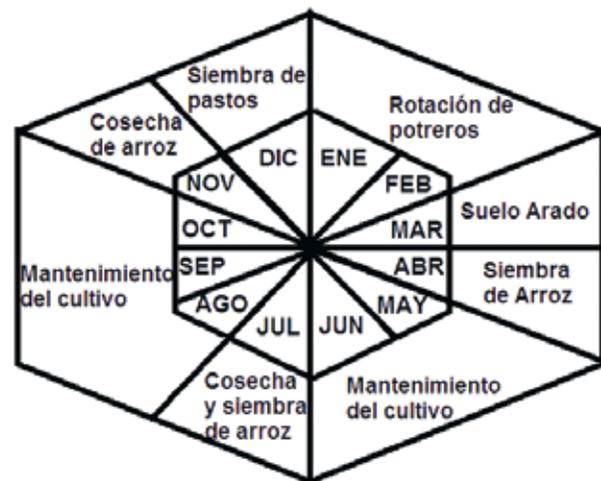
de sequía. La gran plasticidad adaptativa de algunas especies les permite colonizar una mayor cantidad de hábitats y microhábitats, y así como ocurre con los leptodactylidos de las sabanas inundables, reducir la competencia por recursos con otras especies (Wells, 2007), ocupar hábitats y microhábitats con condiciones extremas de desecación por insolación durante la sequía, y colonizar hábitats degradados por actividades agrícolas y ganaderas.

Se evidenció que la causa principal en el deterioro de las comunidades de los distintos grupos de fauna se debe a la periodicidad, severidad y persistencia de la transformación de los bosques y sabanas durante los ciclos anual de siembra de pastos y arroz. La mayor pérdida de hábitat generada por estos cultivos se presenta en entre los meses de marzo y abril, en los cuales se realizan las actividades de arado y preparación del suelo para la siembra. Durante este proceso se tala, poda y extrae toda cobertura natural, dejando el suelo desnudo, y destruyendo los hábitats y microhábitats de muchas

especies de pequeños mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces que se refugian bajo el suelo en espera de la época de lluvias que dan inicio en mayo y buscan su alimento en los bajos y esteros (Figura 1.18). En los cultivos de pastos exóticos introducidos se presenta una segunda "limpieza" de potreros durante el mes de octubre, la cual consiste en tumbar el matorral que ha crecido desde la primera limpieza al final de época seca, para facilitar el rebrote de nuevos pastos que son aprovechados para el pastoreo (Cardona-Cardozo et al. 2011). En este proceso se destruye parte del hábitat de especies de hábitos arborícolas. Por ende, las transformaciones mecánicas derivadas de las actividades humanas sobre los suelos de los bancos, bajos, esteros, caños y bosques, repercuten en las condiciones fisicoquímicas del agua, el hábitat físico, y los drenajes naturales (Montoya et al. 2011), interrumpiendo y deteriorando las dinámicas de reclutamiento de larvas o juveniles de muchas especies, que garantizan la continuidad de las poblaciones de grupos tales como peces, anfibios y reptiles.



Ciclo anual de las actividades de manejo de pastos exóticos introducidos



Ciclo anual de las actividades de manejo del cultivo de Arroz

Figura 1.18. Ciclos anuales de las actividades manejo de los cultivos de pastos exóticos introducidos y arroz.

Por otro lado, la diversidad de murciélagos encontrados en la zona y la presencia de varias especies de la subfamilia Phyllostominae, el cual contiene especies como *Miconycteris minuta*, *Tonatia saurophila* y *Lophostoma silvicolum*, sugiere que los bosques estudiados aún presentan una estructura vegetal lo suficientemente compleja para albergar una fauna heterogénea y diversa (Fenton et al. 1992, Jimenez-Ortega & Mantilla-Meluk 2007). Adicionalmente, la heterogeneidad de las condiciones espaciales en la zona y el mantenimiento de coberturas naturales, aún permite el establecimiento de especies con requerimientos de hábitat específicos y

áreas de acción relativamente grandes. Especies como el zorro (*C. thous*), el venado (*O. virginianus*) y el oso palmero (*M. tridactyla*) utilizan los recursos de distintos tipos de hábitats (Barnett & Dutton 1995, Emmons & Feer 1997, Cuarón 2000), y han sido reportados en una gran variedad de coberturas, desde bosques multiestratificados y bosques abiertos de chaparros (*Curatella americana*, *Byrsonima* sp., *Bowdichia irgilioides*), hasta matas de monte y sabanas en temporada lluviosa y después de las quemadas (Emmons 1997, Correa et al. 2006). En nuestro estudio, encontramos a estas especies en todos los sectores evaluados, desde

las sabanas naturales con ganadería extensiva, hasta las zonas con cultivos de arroz. Esto se debe a que en todas las zonas evaluadas se encuentran coberturas naturales que se entremezclan con las áreas intervenidas, y que aún ofrecen recursos para mantener una fauna con requerimientos de hábitat heterogéneos.

La disponibilidad de agua es posiblemente el factor que más influye en la localización y la distribución de la fauna en el área de estudio. El hecho de que las especies de los diferentes grupos se agrupen en torno a cursos de agua posiblemente influye en la probabilidad de detección, lo que se vio reflejado en el mayor número de avistamientos de los diferentes grupos en la época seca. Además de esto, la disponibilidad de recursos, los patrones fenológicos de las plantas y la presencia de presas puede incidir en los patrones de abundancia relativa de ciertas especies (Ribeiro–Melo 2009). Ejemplo de lo anterior son los murciélagos frugívoros, donde el número de capturas durante la época de lluvias aumentó, lo cual puede estar relacionado con una mayor disponibilidad de frutos en el área, pues se ha detectado que para muchas especies de plantas consumidas por este grupo de fauna, los picos de fructificación se dan en las épocas de mayor cantidad de precipitación. Por lo tanto es indispensable realizar estudios más detallados, que además de completar el inventario de fauna, evalúen la cantidad de recursos disponibles y la variación temporal en la calidad de los hábitats.

Es clara la influencia del ciclo hidrológico en la riqueza, abundancia y composición de muchas especies en los sitios de muestreo. Existen variaciones entre la época seca y de lluvias, especialmente para aquella fauna dependiente de los ecosistemas acuáticos, como algunos reptiles, anfibios y peces los cuales responden a esta dinámica. Los ecosistemas acuáticos disponibles cambian a lo largo de este ciclo, especialmente todos aquellos asociados a la planicie de inundación. Estos ecosistemas como lagunas, morichales, bosques de galería y sabanas inundables, han sido identificados como ecosistemas estratégicos y de alto valor para la conservación de los peces, anfibios, reptiles, aves acuáticas y mamíferos acuáticos, ya que son esenciales como proveedores de recursos alimenticios, refugio y son áreas para la reproducción y crecimiento de muchas especies (Machado–Allison et al. 2010).

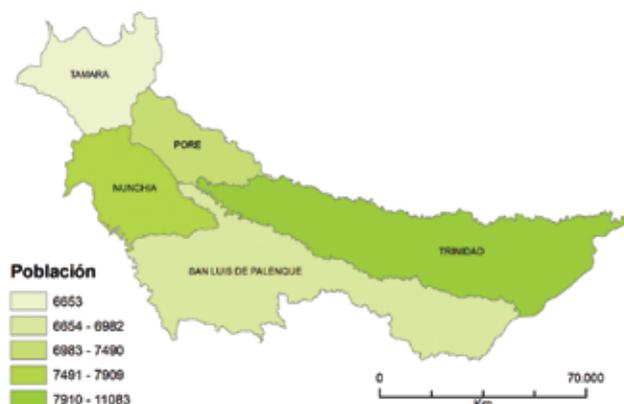
En resumen se logró realizar una buena aproximación

al conocimiento de las comunidades florísticas, de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces de las sabanas inundables de río Pauto, evaluando su riqueza, abundancia, composición y preferencia de hábitat. Sin embargo se hizo evidente que se necesita un mayor esfuerzo de muestro para detectar una mayor cantidad de especies probables para estos ecosistemas. Para futuros estudio, se recomienda realizar salidas de campo en las épocas de transición entre las épocas de lluvias y sequía, para así completar de dilucidar como es la dinámica de estas comunidades bióticas durante el ciclo anual. Dentro del paisaje de las sabanas inundables los bosques resultan ser un elemento clave para permanencia en el tiempo de las especies de fauna presentes en estos ecosistemas, ya que contienen la mayor proporción de la biomasa y riqueza de las comunidades faunísticas durante la época de sequía. De manera que cualquier transformación o destrucción de estas coberturas pone en riesgo de extinción a las poblaciones de la fauna presentes en estos ecosistemas. Actualmente la actividad agrícola, que representa la mayor amenaza para la fauna, son los cultivos transitorios como el arroz, debido a la devastadora pérdida hábitat que ocasionan, la periodicidad con la que transforma las coberturas naturales y acelerada expansión en la región. Esto sumado a la modificación mecánica de los regímenes hídricos, es la actividad humana más nociva y tensionante para los ecosistemas de las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto.



## LAS COMUNIDADES DE LAS SABANAS INUNDABLES DEL RÍO PAUTO

La cuenca media y baja del río Pauto se caracterizan por una densidad poblacional relativamente baja en comparación con otras regiones del país (González 2013). En el censo nacional del año 2005 se registra una población de 14.562 habitantes en la cuenca media (correspondiente a los municipios de Támara y Nunchía) y 25.555 en la cuenca baja (repartidos entre los municipios de Pore, San Luis de Palenque y Trinidad). Entre estos municipios, Trinidad es el que cuenta con mayor número de habitantes y un aumento neto de la población (11.083 para el año 2005) (DANE, 2005). De esta manera, la ocupación humana de la cuenca media y baja del Pauto equivale a un poco más del 14% de la población total del departamento (Figura 1.19) (González 2013).



**Figura 1.19.** Densidad poblacional por municipios de la cuenca media y baja río Pauto (Censo 2005 DANE).

En todos los municipios de la zona de estudio el porcentaje de personas con Necesidades Básicas Insatisfechas supera el 50%, lo que concuerda con el promedio de 57% para las zonas rurales del Casanare. Asimismo, el mayor porcentaje de habitantes con educación secundaria no supera el 22%, correspondiendo esta cifra al municipio de Trinidad (DANE 2005). Así, si observamos los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios de la cuenca, es posible evidenciar que la gran mayoría de la población continúa ocupando las zonas rurales (Figura 1.19), a pesar de la atracción generada por los cascos urbanos de Trinidad y San Luis de Palenque situados en cercanía al Pauto (Palenque, 2000). Esta distribución poblacional es considerada por las administraciones municipales como la causa principal de las deficiencias

en cobertura y calidad de servicios como salud y educación, así como también representa una dificultad importante para la conexión con la infraestructura vial departamental (Trinidad, 2006).

También resulta importante destacar que el Esquema de Ordenamiento Territorial para el municipio de Támara, en la cuenca media del río, recurre principalmente a las cifras del SISBEN para caracterizar la distribución geográfica y por edad de la población y que estas cifras confirman el panorama general proporcionado por el censo nacional en la zona de la cuenca baja. Así, es posible constatar que cerca del 80% de la población de Támara habita en zonas rurales (Támara, 2000), aunque se evidencia un importante proceso de desplazamiento de la población en razón del conflicto armado. Las principales zonas de destino de estas personas incluyen los municipios de Paz de Ariporo, Sácama, Chita, Nunchía y Paya, así como los cascos urbanos de Yopal y Tame (Támara, 2000).

En lo que respecta a los sistemas productivos es importante destacar la influencia que tiene la utilización del suelo para la ganadería en el manejo territorial y la organización social. En el caso del Casanare es posible constatar que el 97,7% de la superficie agropecuaria del departamento se encuentra dedicada a la ganadería, ocupando casi 3 millones y medio de hectáreas de las casi 4 millones 480 mil que tiene en total (Correa et al. 2005). Esto tiene una serie de consecuencias, entre las que se incluye la baja densidad poblacional y la importancia de las migraciones desde el centro del país (Correa et al. 2005). Asimismo, el sistema de tenencia de la tierra (con la división en hatos, fundos y haciendas) ha obedecido históricamente y continúa siendo influenciado por las necesidades de la ganadería extensiva (Andrade et al. 2009).

Sin embargo, en la cuenca del Pauto también es posible constatar la importancia de cultivos como el arroz, que se desarrolla principalmente en el municipio de Nunchía y San Luis de Palenque. Allí, según el censo nacional arrocero de 2007, se sembraron 10.093 hectáreas en el primer semestre de 2006. Si bien esta cifra representa el nivel más bajo de producción en el municipio en comparación con los cinco años anteriores, se trata de casi tres veces lo que se cultiva en los demás municipios de la cuenca (Fedearroz 2008). Con todo, las opciones laborales que ofrece el cultivo de arroz se restringen principalmente a la mano de obra no calificada, como

jornaleros, cocineros o maquinistas de la explotación. También es importante resaltar que en esta zona, y en los Llanos Orientales en general, la mayoría de productores son migrantes de otras zonas del país (particularmente del Tolima, Huila y Cundinamarca) que realizan el cultivo en tierras arrendadas (Fedearroz 2011).

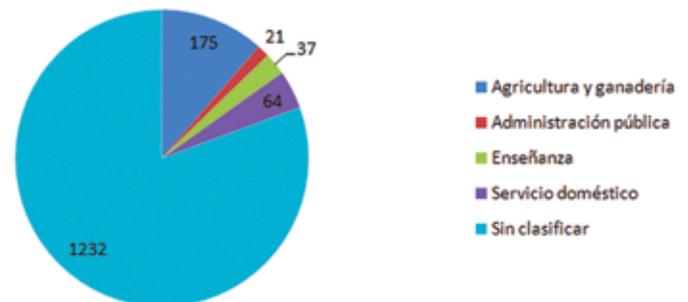
Por otro lado, es posible observar la presencia de cultivos de café en Támara, que fue durante mucho tiempo el principal centro de fabricación de este producto en el departamento. En la actualidad el municipio ha sido superado por otras zonas productoras del país que cuentan con una mejor infraestructura que les permite copar los mercados del Casanare (González, 2013). Con todo, los caficultores tamareños cuentan con una cooperativa a través de la cual adelantan un proceso de certificación de comercio justo, con la que pretenden diferenciar el café del municipio en los mercados nacionales e internacionales. La cooperativa cuenta con cerca de 600 asociados y depende directamente de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Durante las últimas tres décadas se destaca el creciente peso económico que tiene la explotación de hidrocarburos en el departamento, cuyo comienzo estaría marcado por la implantación del proyecto Cusiana-Cupiagua en 1993, siendo una de las operaciones petroleras más grandes del país hasta ese momento (Dureau y Flórez 2000). A este proyecto lo seguiría la construcción de nuevos pozos petroleros que alcanzarían progresivamente los municipios de Trinidad y Nunchía en la cuenca del Pauto. Estos pozos funcionarían como enclaves en el territorio de la sabana, operando de manera puntual imponiendo relaciones económicas y sociales en las que predomina la dinámica de mercado. El uso de la tierra se ha visto entonces trastornado por la entrada de grandes capitales, impulsando el sector terciario urbano y atrayendo mano de obra no calificada para realizar las labores básicas de la explotación (González, 2013). La aparición del petróleo también ha afectado el precio de la tierra, incentivando a los dueños de fincas a transformar la sabana a través del cultivo de arroz y de palma, para los que la mecanización y el uso de fungicidas y herbicidas son fundamentales.

Todo esto ocurre en un contexto de tenencia de la tierra que se caracteriza por elevados indicadores de concentración, destacándose el caso del municipio de Trinidad en donde el índice Gini de propietarios es

superior al 0,8 (PNUD 2011). Esto haciendo la salvedad de que para el departamento de Casanare, al igual que para la mayor parte de la Orinoquía, el catastro rural se encuentra desactualizado (IGAC 2009) y que aún existe una importante cantidad de tierras en donde la posesión se ejerce de manera informal a través de la utilización. Asimismo, se evidencia una menor concentración en las zonas de piedemonte (Corporinoquia y Corpoboyacá 2004), que estaría relacionada con el uso de estas zonas para el cultivo de café y arroz, lo que refuerza la distinción entre la cuenca media y la cuenca baja en términos de sus dinámicas sociales y los bienes y servicios ambientales que requieren sus pobladores.

En la figura 1.20 es posible observar la distribución poblacional según el tipo de actividad económica en la cuenca baja. Salta a la vista la alta proporción de población sin clasificar, quienes muy seguramente están involucrados en labores agropecuarias pero que, dado el alto grado de informalidad en la contratación de este sector y especialmente de la actividad ganadera, no aparecen registrados (Corporinoquia y Corpoboyacá 2004). En lo que respecta a la cuenca media no existen cifras equivalentes, pero es posible observar que el principal sector de ocupación es el agropecuario, con un mayor peso del cultivo de café, arroz, plátano y algunas pequeñas extensiones de caña de azúcar (Corporinoquia y Corpoboyacá 2004).



**Figura 1.20.** Distribución de la población ocupada según tipo de actividad en la cuenca baja (Datos CORPORINOQUIA, 2008).

Con el trabajo realizado, es posible establecer que en la cuenca media y baja del río Pauto nos encontramos frente a una población predominantemente rural, con bajos niveles de educación formal y cuyas actividades de subsistencia se concentran en el sector primario de la economía (González, J.C. 2013). Esto tiene una serie de consecuencias sobre la salud ecosistémica de las sabanas inundables, pues estas características de la población están asociadas a una serie de prácticas de

apropiación del territorio que pueden contribuir a la conservación o a la disminución de los recursos de las sabanas de la cuenca. Aquí cabe resaltar la importancia de los sistemas de producción locales y el rol de cada persona en ellos, pues en general las formas de concebir el territorio se encuentran determinadas por ellos. Sin embargo, lo anterior no significa que en el nivel simbólico la apropiación se encuentre igualmente restringida (pues un cultivador de café puede tener un sentido de pertenencia hacia las sabanas en donde se practica la ganadería), sino que más bien los espacios de trabajo y vida privada se traslapan, haciendo que la actividad económica tenga un rol muy importante en la percepción del territorio de cada individuo (González, J.C. 2013).

El ordenamiento espacial observable en la cuenca del río Pauto en la actualidad es el resultado de una serie de transformaciones sociales en las que la violencia colonizadora y la práctica de la ganadería extensiva han jugado un papel determinante (González, J.C. 2013). La ganadería, en particular, es una actividad que atraviesa todos los ámbitos de la vida de los habitantes de la cuenca. Su práctica define la manera en que los individuos perciben y se mueven por el territorio así como también garantiza una cierta estabilidad de las sabanas en razón de la poca intervención que requiere para mantenerse (González, J.C. 2013). La ganadería también ha sido históricamente una práctica de colonización ecológica y transformación social, utilizada tanto por los jesuitas como los colonos que los sucedieron como una herramienta para garantizar el derecho de propiedad sobre el territorio. Esto, asociado a la importancia de la transferencia de fertilidad entre las zonas de sabana y los espacios cultivados, hace de ella el principal factor estructurante dentro del ordenamiento de la cuenca (González, J.C. 2013).

En la actualidad, la existencia de otros sistemas productivos como los monocultivos de arroz o la explotación de hidrocarburos reflejan la penetración de los modelos económicos nacionales en la zona y el desarrollo de nuevas formas de apropiación del territorio (González, J.C. 2013). La implantación de estos sistemas productivos implica una transformación mucho más intensa de las sabanas, que afecta directamente a los ganaderos y pequeños agricultores. Así, el uso de los recursos y la discusión en torno al rol que debe jugar la zona dentro de la economía nacional ha generado nuevos conflictos y nuevas violencias que se manifiestan

progresivamente en la cuenca. Conjugando estas formas de aprovechamiento y manejo del territorio resulta difícil y buena parte de los habitantes de la zona perciben a las empresas petroleras y autoridades ambientales como deshonestas. Esto los ha motivado a organizarse a través de las Juntas de Acción Comunal y a tomar vías de hecho para exigir compensaciones más justas por los daños ambientales que efectivamente han causado estas empresas. El resultado de estas pugnas aún es incierto, sobre todo en un contexto en el que el gobierno nacional, según el DNP (2011), se está enfocando en la explotación minera y de hidrocarburos como motor de la economía nacional (González, J.C. 2013).

Todo esto sugiere que la problemática ambiental existente en la cuenca del río Pauto está relacionada principalmente con las consecuencias negativas de la intervención excesiva de las sabanas inundables. La sucesión natural del paisaje de sabana se encuentra interrumpida por las actividades humanas que implican una mayor demanda de bienes y servicios ambientales que a largo plazo las sabanas no pueden proveer. Esta transformación de las sabanas afecta los recursos hídricos, de fauna y de flora de los que dependen las poblaciones humanas y ponen en riesgo la reproducción social de estas comunidades (González, J.C. 2013). De esta manera, la contaminación de los caños, la perturbación de las capas freáticas, la disminución de animales de cacería, la disminución de la pesca o la disminución de los recursos madereros, se pueden entender como síntomas de la problemática mayor.

En este contexto, las formas de ocupación del territorio asociadas a la agroindustria y a la explotación de hidrocarburos se deben entender como las principales causas de la problemática ambiental observable en la actualidad. Si bien resulta muy difícil evitar su implantación, resulta evidente que es necesario que se apliquen de manera correcta los mecanismos de control y manejo ambiental para minimizar la intervención de las sabanas. En este proceso es necesario que se incluya a las comunidades locales de forma transparente, no sólo para ofrecer compensaciones, sino más bien buscando abrir un debate sobre la forma en que el paisaje de sabana puede ser aprovechado para beneficio de todos.

## CONCLUSIONES

Es necesario enfocar esfuerzos hacia la conservación de los bosques, pues estos tienen la mayor cantidad de especies y promueven el suministro de servicios

ecosistémicos como el mantenimiento de fuentes de agua, otras coberturas, como los rastrojos y las sabanas, son importantes desde el punto de vista de las especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces pues sirven como lugares de paso y ofrecen otro tipo de recursos que favorecen la presencia de poblaciones sostenibles. Como consecuencia, la heterogeneidad del paisaje es la que permite el establecimiento de una gran variedad de especies con requerimientos de recursos muy distintos, y esta es la escala en la que debe enfocarse la evaluación, el monitoreo y la conservación de la biodiversidad (Noss 1990, Noss 1996, Franklin, 1993, Halffter et al. 2001), particularmente en regiones complejas espacialmente como la estudiada. Por lo anterior, la heterogeneidad espacial y la presencia de coberturas naturales en el área de estudio, es lo que permite el mantenimiento de las poblaciones de los grupos de fauna con hábitos heterogéneos, que interactúan en varios procesos biológicos y culturales, y que por lo tanto prestan una gran cantidad de servicios ecosistémicos a los pobladores locales.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que en la actualidad la diversidad de flora y fauna que se encuentran en el área, tiene implicaciones debido a la transformación del paisaje sobre las probabilidades de sobrevivencia y la viabilidad de las poblaciones, lo cual solo podrán ser determinadas a través de un monitoreo a largo plazo. Este monitoreo permitirá además determinar la presencia, la distribución y los patrones de abundancia de especies como el jaguar (*Puma onca*) y el saino (*Pecari tajacu*), galapaga (*Podognemis vogli*) terecay (*Podognemis expansa*) charapa (*Podognemis unifilis*) entre otros, quienes no fueron registradas en nuestro estudio, pero que son reportadas por los pobladores locales.

Existe escasez de estudios que caractericen los ensamblajes de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces de las Orinoquía colombiana, especialmente en zonas de sabanas inundables como la estudiada (Lasso et al. 2010; Lasso et al. 2011; León-Sicard 2011; Peñuela et al. 2011; Usma & Trujillo 2011). En este sentido, este trabajo constituye un gran esfuerzo para documentar el tipo de especies presentes en un área específica y el primer paso para plantear un programa de manejo y conservación que sea aplicable en el futuro.

Por lo tanto y a pesar de que la cuenca del río Pauto ha sido considerada con un valor medio en términos de importancia para la conservación, los resultados acá

presentados que incrementan el número de especies registradas debe servir para hacer una re-evaluación de su estatus a nivel regional en términos de conservación.

Es indispensable realizar estrategias de conservación para el ecosistema de sabana inundable asociado a la cuenca del río Pauto. Cada vez es más evidente que en ecosistemas donde la dinámica natural está íntimamente relacionada a los flujos hídricos, enfocar los esfuerzos de conservación sólo en los ecosistemas terrestres o intentar extrapolar estas estrategias a los ecosistemas acuáticos no es lo adecuado, se deben tratar como un todo y a nivel de cuenca es que se deben enfocar los esfuerzos de manejo y conservación. Las cuencas son elementos naturales de gestión de gran importancia que con seguridad no sólo pueden garantizar la conservación de la flora y fauna sino también el suministro de bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad.

Finalmente el desarrollo de mecanismos de seguimiento que monitoreen el efecto de las políticas de desarrollo a nivel local y regional sobre la biodiversidad asociada a las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto son prioritarios. Los resultados presentados en este estudio y su integración a información previamente recopilada para la cuenca del Pauto, en cuanto al conocimiento de sus diversidad, es esencial como punto de partida para el diseño de estos mecanismos y estrategias. Debido a las particularidades y semejanzas de la flora y fauna en las sabanas inundables asociadas a las cuencas que drenan sus aguas por el departamento del Casanare y Arauca, estas estrategias tendrán un impacto regional en pro de la conservación de biodiversidad, los ecosistemas acuáticos y los procesos ecológicos íntimamente ligados a la dinámica hídrica y los ecosistemas terrestres circundantes.



# CAPÍTULO

# 2



## LA SALUD ECOSISTÉMICA EN LAS SABANAS INUNDABLES ORINOCENSES

*Carolina Mora-Fernández & Lourdes Peñuela-Recio*

### INTRODUCCIÓN

El rápido deterioro de los principales ecosistemas en Colombia ha intensificado la necesidad de un seguimiento eficaz del medio ambiente y el desarrollo de indicadores que monitoreen la salud de los ecosistemas. La salud de los ecosistemas representa un punto final deseado de la gestión ambiental, pero se requiere adaptación, definición y evaluación continua (Costanza R., y Mageau M. 1999). Los llanos colombianos no son la excepción y requieren de la generación de conocimiento y propuestas de herramientas para la gestión del territorio y de sus recursos naturales.

La Orinoquia colombiana se reconoce como una de las zonas con mayor riqueza y biodiversidad de especies de fauna y flora especialmente en las regiones de las sabanas naturales y los bosques de galería. En consecuencia, esta región brinda un sin número de servicios ecosistémicos a la sociedad, los cuales no se han identificado ni medido a profundidad. El paisaje de sabana inundable en Colombia, ha venido presentando desde la última década procesos y actividades (generalmente de carácter de extracción) que modifican sustancialmente las condiciones ambientales, sociales, culturales y económicas de la región en donde se encuentran. Las prácticas que se llevan a cabo hoy día (ganadería, actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos y grandes monocultivos de arroz) ponen en riesgo la estabilidad del ecosistema o los remanentes de este, de tal manera que están influenciando

directamente, por algunos años más, la preservación de las sabanas inundables.

Por lo anterior, nos arriesgamos a realizar un ejercicio para evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto. Fue un reto para nosotros iniciar el proyecto “*Evaluación de la Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare-Colombia*” cuando muy poco se ha tocado el tema de salud ecosistémica en Colombia. Es un tema novedoso y complejo, el cual reta a la continua formación y debate entre quienes trabajan en la promoción del conocimiento y en la búsqueda de nuevas aproximaciones a la gestión social de la biodiversidad.

El material aquí presentado constituye una primera aproximación a cómo se puede abordar la evaluación de la salud ecosistémica a partir de los servicios ambientales, teniendo como objeto de estudio las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto.

En este capítulo se darán las bases conceptuales de las cuales partimos, para generar una primera aproximación en la evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables. Los resultados se presentan en los capítulos 5 (identificación de los servicios ecosistémicos provistos por las sabanas inundables), 6 (valoración económica ambiental) y 7 (propuesta de indicadores y evaluación de la salud ecosistémica). Esperamos que los indicadores aquí propuestos se conviertan en herramientas para la toma de decisiones que conlleven al mantenimiento

de la oferta de los bienes y servicios ambientales de las sabanas inundables a lo largo del tiempo.

## SALUD ECOSISTÉMICA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

El concepto de salud ecosistémica incorpora la idea del “desarrollo sostenible”, la cual implica la capacidad del sistema para mantener su estructura (organización) y función (vigor) a través del tiempo soportando el estrés externo (resiliencia). De manera que para comprender cuando un ecosistema es saludable este debe definirse teniendo en cuenta tanto su contexto (el sistema más grande del cual hace forma parte) y sus componentes (los sistemas más pequeños que lo componen) (Costanza R., y Mageau M. 1999).

Nuestro abordaje definió la salud ecosistémica como: un ecosistema que es estable, sostenible (*homeóstasis*), activo, con la capacidad de mantener su organización y autonomía a través del tiempo (*complejidad y diversidad*), y *resiliente* al estrés producido por las necesidades humanas, manteniendo el balance entre los componentes del sistema (Jørgensen et al. 2010, Costanza et al. 1992).

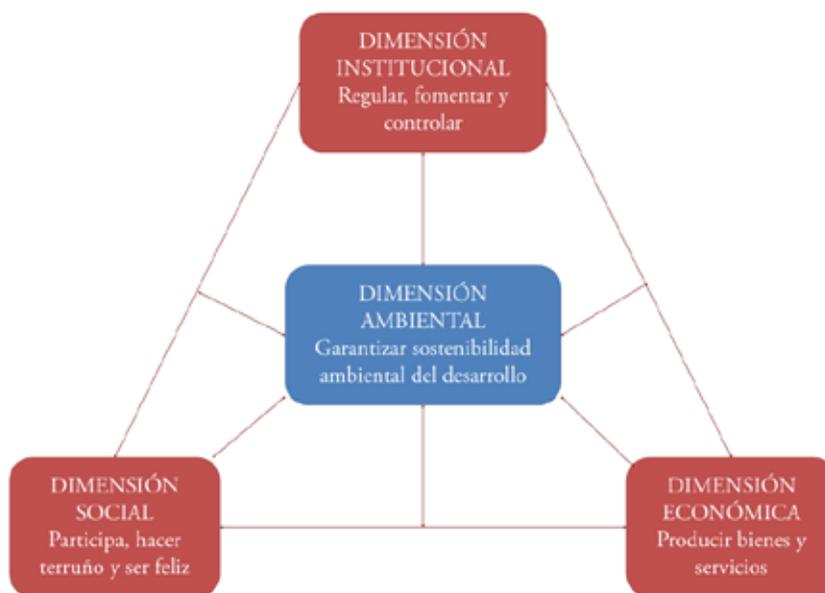
### *Sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible*

Las limitaciones del conocimiento actual sobre sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible reside en que las aproximaciones científicas más habituales construyen y desarrollan sus hipótesis de forma inadecuada porque no tienen en cuenta la complejidad y la no linealidad de la relación naturaleza-sociedad

(Martín-López B., et al. 2012). Esto ha generado que desde hace más de dos décadas se demande una nueva ciencia con una estructura, método y cuerpo de conocimiento diferente a los que conocemos hoy día, que indique el rumbo de la transición a la sostenibilidad, *Las Ciencias de las Sostenibilidad* (Kates et al. 2001; Martín-López et al. 2012).

Esta nueva ciencia que tiene por objeto evaluar la salud de un ecosistémica, propone herramientas de manejo que buscan la sostenibilidad, al reconocer las limitaciones del conocimiento científico tradicional en abordar las relaciones complejas que se establecen entre las instituciones sociales y los sistemas ecológicos. Por ello *Las Ciencias de las Sostenibilidad* tienen por fin último de pasar de investigar “que hacer” a determinar “como hacerlo” (Martín-López B., et al. 2012). Por tanto, cuando se busca la sostenibilidad, los investigadores deben trabajar cooperativamente con la sociedad, las empresas y los gobiernos.

Ahora bien, el término de sostenibilidad ambiental tiene que ver, ante todo, **con la preservación de las funciones ecosistémicas**, las cuales deben analizarse en el contexto de las interrelaciones sociedad-naturaleza. La sociedad no está solamente funcionando como agente de cambio, sino que está respondiendo a las condiciones ambientales cambiantes (Alzate B. 2011). Estos enlaces hacen que tenga que mirarse la sostenibilidad ambiental en el espacio de esa interfaz (sociedad- naturaleza), la cual se llama habitualmente la dimensión ambiental (Figura 2.1).



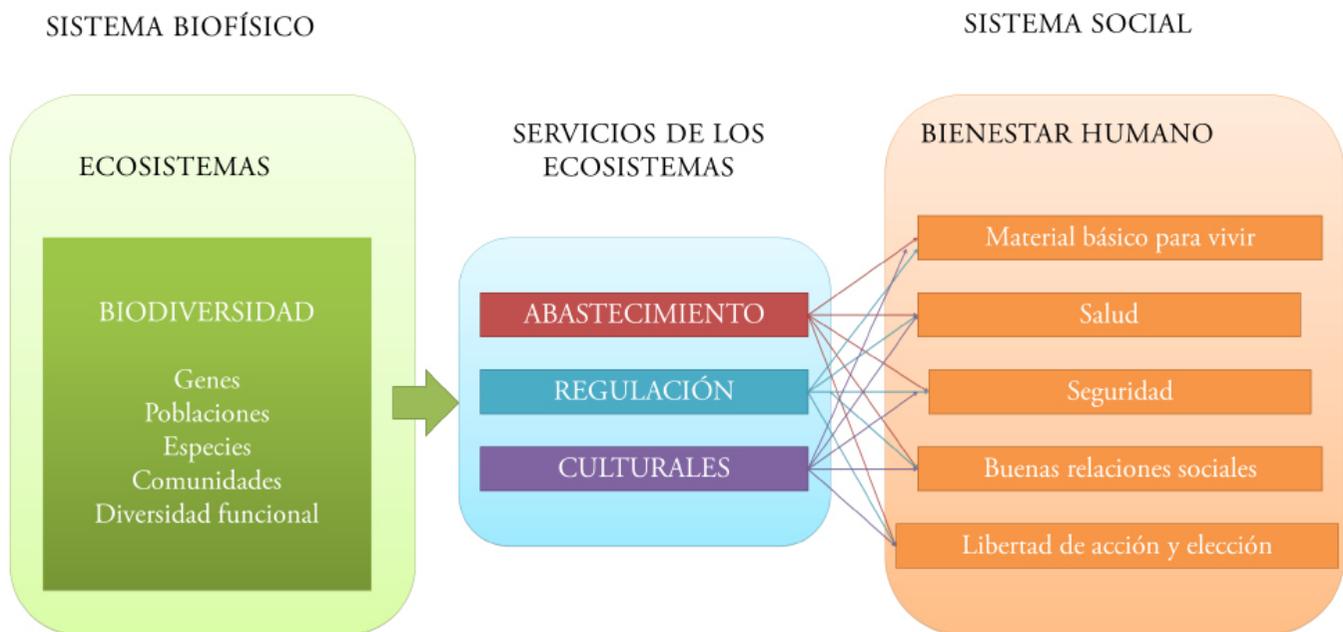
**Figura 2.1.** Dimensión ambiental y su relación con otras dimensiones del desarrollo.  
Fuente: Tomado de Alzate 2011, adaptado de Vega, 2005.

El desarrollo consta entonces de varias dimensiones, dentro de las cuales la ambiental, cumple la función de garantizar la sostenibilidad ambiental del desarrollo. “Esta representa la base natural sobre la que se sustenta el desarrollo, es decir, de un lado las posibilidades ecosistémicas para generar bienes y servicios ambientales y del otro, las posibilidades culturales para entender aprovechar y proteger responsable y sosteniblemente al medio ambiente”. Esta dimensión es entonces transversal a las demás dimensiones del desarrollo (Vega, 2005; Alzate, 2011).

En la Figura 2.1 se puede observar la disposición de las demás dimensiones del desarrollo en relación con la ambiental.

En este contexto, el concepto de socioecosistema, o sistema socio-ecológico nos ayuda a ser operativa

esta necesidad de trabajar en la interfaz naturaleza y sociedad desde una aproximación sistémica y desde el pensamiento complejo (Figura 2.2) (Martín-López B., et al. 2012). Entendiéndose a los sistemas socio-ecológicos o socio-ecosistemas como unidades biofísicas a las que se asocian uno o más sistemas sociales delimitados por actores sociales e instituciones (Glaser M.G. et al. 2008). Las unidades biofísicas están conformadas por ecosistemas, que son comunidades auto-reguladoras de organismos que interactúan entre ellos y su ambiente, constituyendo unidades funcionales que intercambian materia y energía y se desarrollan en el tiempo. Por otro lado, los sistemas sociales están compuestos por los usuarios de los servicios brindados por los ecosistemas y las instituciones, que regulan las relaciones dentro del sistema social y del sistema social con el sistema natural. (Martín-López et al. 2009; Ostrom, 2009; Martín-López B., et al. 2012).



**Figura 2.2.** Sistema socio-ecológico. Adaptado de (Martín-López B., et al. 2012).

Entonces, la búsqueda de la sostenibilidad se centra en trabajar las relaciones dinámicas entre naturaleza y sociedad, a través del concepto de servicios ecosistémicos asociados a las contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas y su biodiversidad a los diferentes componentes del bienestar humano (Figura 2.2). Igualmente, poniendo la misma atención en observar como el cambio sociocultural determina la integridad y la resiliencia de los ecosistémicas y de la biodiversidad, así como los cambios en los ecosistemas y la biodiversidad determinan el bienestar humano a través del flujo de los servicios ecosistémicos (Martín-López B., et al. 2012).

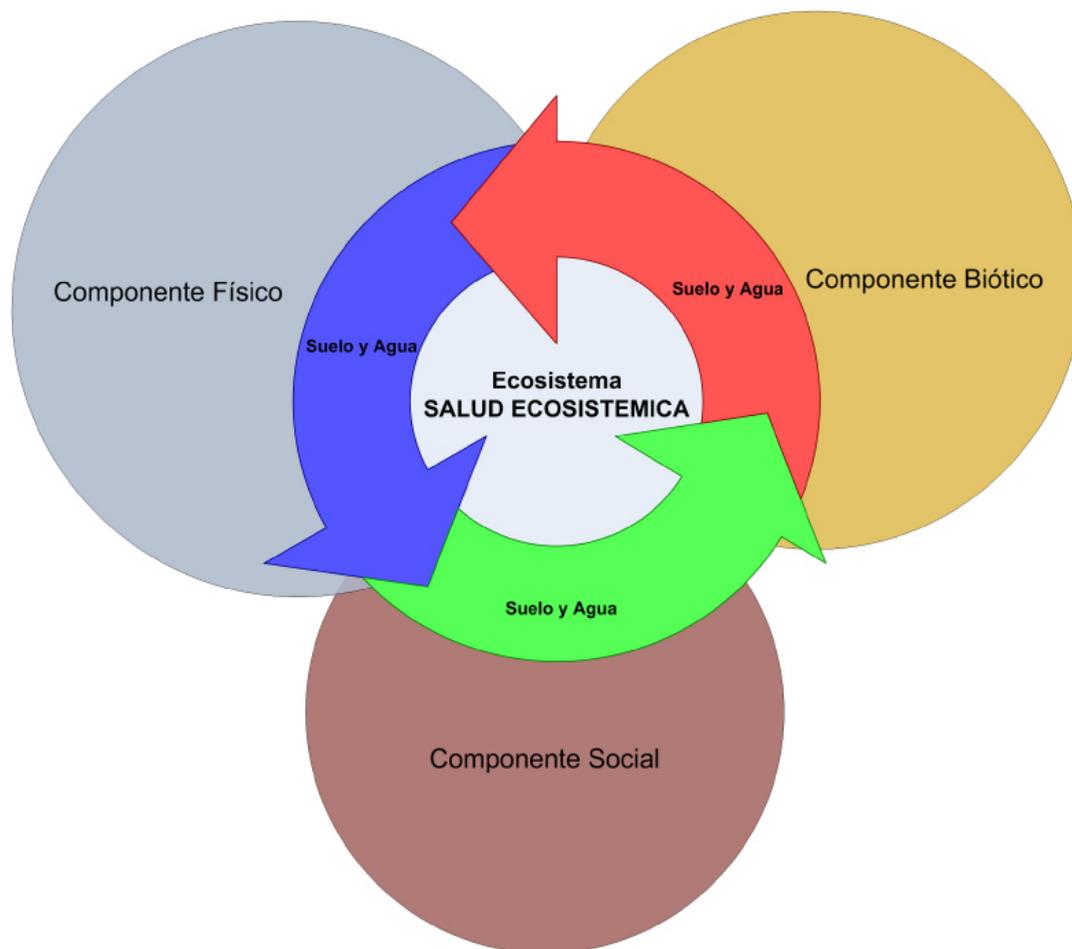
Una vez definido el concepto de salud ecosistémica, sostenibilidad y socioecosistema la pregunta es ¿Cómo se debe abordar la evaluación de la salud ecosistémica? ¿Cuáles son los indicadores que se deben usar? y ¿Para qué evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables?

### **ALCANCE DEL PROYECTO Y COMO LO ABORDAMOS**

Nuestro alcance fue evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de la oferta y demanda de los bienes y servicios ambientales, teniendo como

ejes de acción el agua, el suelo y sus interacciones con las dimensiones bióticas, físicas y socioculturales (Figura 2.3). Esto con el fin de generar una propuesta de indicadores biológicos, económicos y sociales que permitan el monitoreo y seguimiento de los servicios

ambientales, así como la generación de un plan de restauración del capital natural que identifique y priorice de forma participativa las acciones que contribuyan al desarrollo integral y sostenible de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto.



**Figura 2.3.** Visualización del proyecto “Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia”



Para evaluar la salud ecosistémica se resolvieron las siguientes preguntas:

¿A partir de que se va a evaluar?

- Servicios ecosistémicos

¿Qué vamos a medir?

- La salud en términos de síntomas, síndromes, efectos negativos (Enfermedades, homologías)

¿Quién es el paciente?

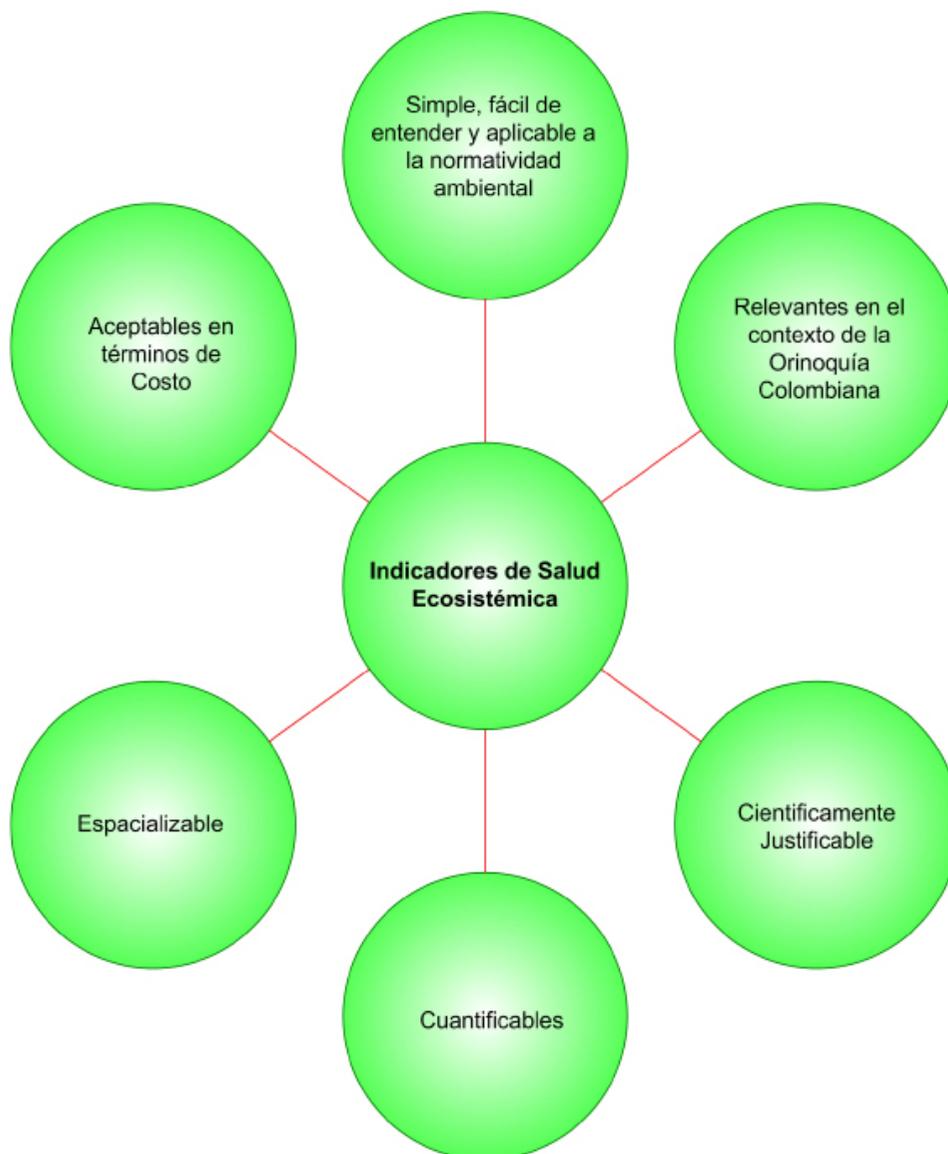
- Sabanas inundables

¿Cuáles son los signos, síntomas, síndromes?

- Pérdida de diversidad
- Deforestación
- Pérdida de la capacidad de proveer servicios ambientales

¿Qué características deben tener los indicadores?

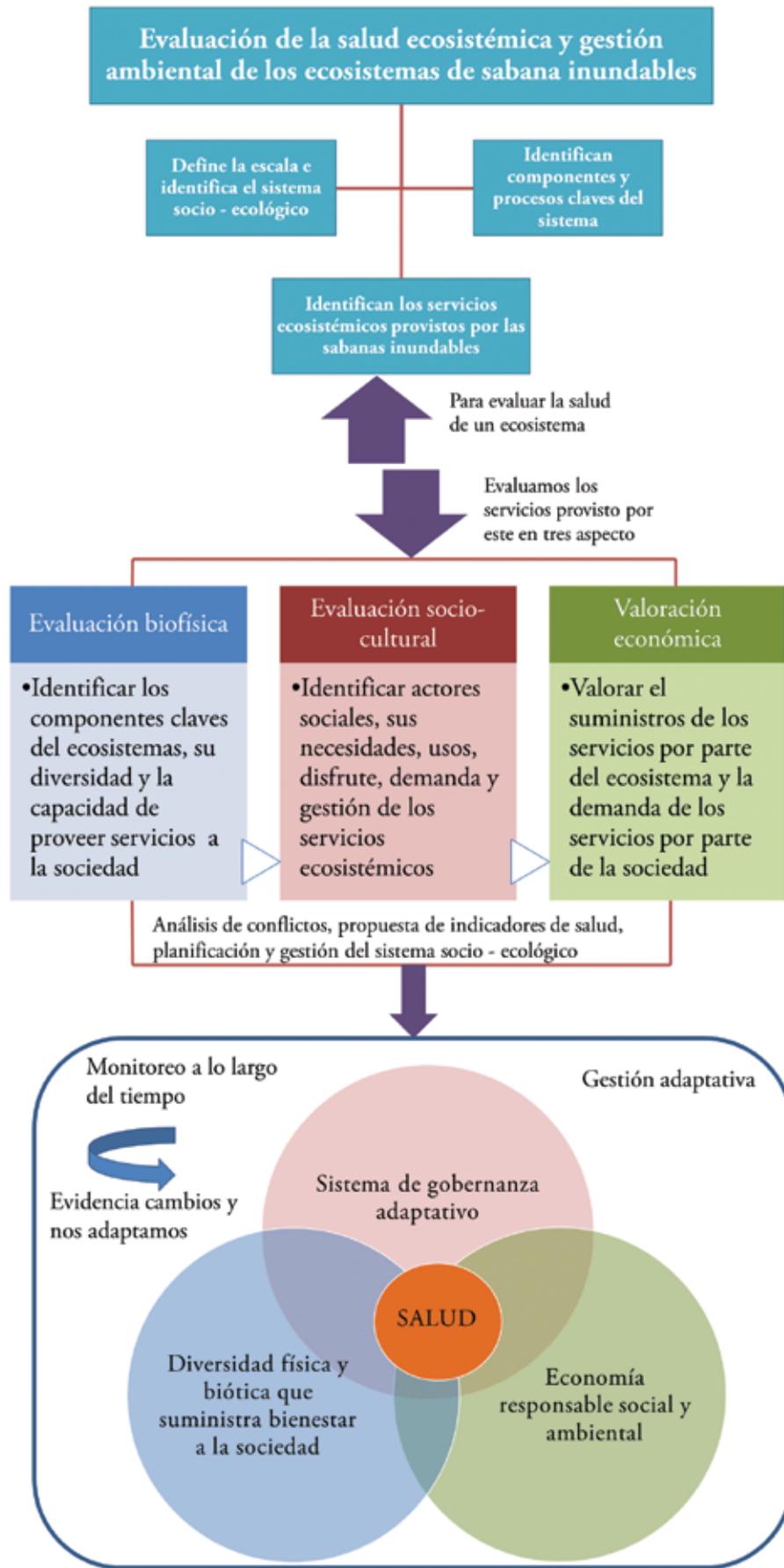
- Está presentado en la figura 2.4.



**Figura 2.4.** Características que deben tener los indicadores para evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables

La propuesta para evaluar la salud ecosistémica y llegar a una gestión ambiental adaptativa de las sabanas

inundables se muestra a manera de diagrama de flujo en la figura 2.5.



**Figura 2.5.** Diagrama de flujo para la evaluación ecosistémica y gestión ambiental de las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana



## TIPOS DE INDICADORES Y APROXIMACIONES A LA EVALUACION DE LA SALUD ECOSISTEMICA DE LAS SABANAS INUNDABLE

Existen diversos tipos de indicadores relacionados con la salud ecosistémica y por supuesto, la sostenibilidad. De allí la importancia de dejar plasmadas algunas diferencias entre ellos.

- Los *indicadores ambientales* son parte de los indicadores de desarrollo sostenible, pero su particularidad es que caracterizan el medio natural y sus transformaciones (Alzate, 2011).
- Los *indicadores de sostenibilidad ambiental* son aquellos que describen el cambio temporal en la capacidad de mantenimiento de los ecosistemas (Alzate 2011).
- Los *indicadores de desarrollo sostenible* son aquellos que requieren representar un progreso en el desempeño (ejemplo, disminución de la pobreza) y en la sostenibilidad de ese desarrollo (Gallopín, 2003).
- Los *índices* también constituyen aproximaciones conmensuralistas en la construcción de indicadores y se construyen agregando diversas variables que se asumen como componentes de un fenómeno y a las cuales se les asigna un peso

relativo con respecto al resto a la hora de sumar todos los efectos (Quiroga, 2001).

Los indicadores deben proporcionar la información relevante, sustancial y suficiente de del proceso de transformación ambiental y de su estado de sostenibilidad (WCED, 1987, en Cassel-Gintz, 2003).

“La complejidad de los componentes y las interacciones de esos procesos de transformación ambiental tienen que ser reducidas a un nivel donde ellos todavía estén lo suficientemente caracterizados y al mismo tiempo sean cualitativamente o cuantitativamente mensurables. Es decir, hay que realizar una simplificación adecuada de los procesos de transformación ambiental” (Alzate, 2011). Dicha simplificación en forma de cantidades, usadas para la representación y la evaluación de la sostenibilidad se conoce como *indicadores* (Alzate, 2011). Si los indicadores se eligen correctamente, incluso una fracción de los datos disponible es suficiente para caracterizar o clarificar una situación compleja” (Schirnding, 2002).

Los indicadores para los problemas complejos, como valorar la salud ecosistémica y por tanto la sostenibilidad ambiental, necesitan abordar las interdependencias entre los elementos de la dimensión ambiental y aquellos que la circundan.

### *Aplicación de indicadores para evaluar la salud ecosistémica*

Observamos que un ecosistema no es sano y queremos un diagnóstico: ¿Qué está mal? ¿Qué hizo que esta condición no fuera saludable? ¿Y qué podemos hacer para traer a los ecosistemas a la normalidad? Para responder a estas preguntas, y también para seguir los resultados de la “cura”, se aplican los indicadores ecológicos.

Dado que esta línea de pensamiento es joven no hay suficientes herramientas que permitan determinar cuáles son los indicadores idóneos para poder evaluar la salud de un ecosistema. Hoy es claro que no es posible que un indicador o incluso unos pocos indicadores se puedan utilizar, generalmente, para diagnosticar la salud ecosistémica. Por supuesto, hay indicadores ecológicos generales que se utilizan de forma amplia para evaluar la salud del ecosistema, pero nunca son suficientes ni presentan un diagnóstico completo, ya que la mayoría de la veces deben complementarse con otros indicadores sociales y económicos (Jørgensen et al. 2010).

Jørgensen et al. (2010) da una visión general de cómo abordar los indicadores para evaluar la salud ecosistémica, pero no da un procedimiento general

aplicable. Debido a que la selección de los indicadores es difícil y varía de un caso a otro. Asegura que se debe ampliar experiencia de aprendizaje sobre tantos casos como sea posible.

En la actualidad existen indicadores ecológicos, sociales y económicos generales que por sus consideraciones teóricas sólidas se usan (Waltner-Toews 2004, Jørgensen et al. 2010). Sin embargo, no existen indicadores para problemas y ecosistemas específicos, ya que todos los ecosistemas son diferentes, incluso los ecosistemas del mismo tipo y por lo tanto los problemas que afrontan y que les causan daño también. Por lo que se deben seleccionar detalladamente o proponer indicadores para cada ecosistema.

Por lo anterior proponemos un grupo de indicadores biológicos, sociales y económicos para valorar la salud ecosistémica de las sabanas inundables (Capítulo 7), los cuales los invitamos a que los prueben, y sometan a un riguroso examen, para que de esta forma puedan ser depurados, validados o refutados, continuando con el aprendizaje y formulación de las mejores herramientas de diagnóstico para la salud de los ecosistemas de las sabanas inundables de la Orinoquia Colombiana.



# CAPÍTULO

# 3



## DINÁMICA HIDROLÓGICA DE LAS SABANAS INUNDABLES ASOCIADAS A LA CUENCA DEL RÍO PAUTO

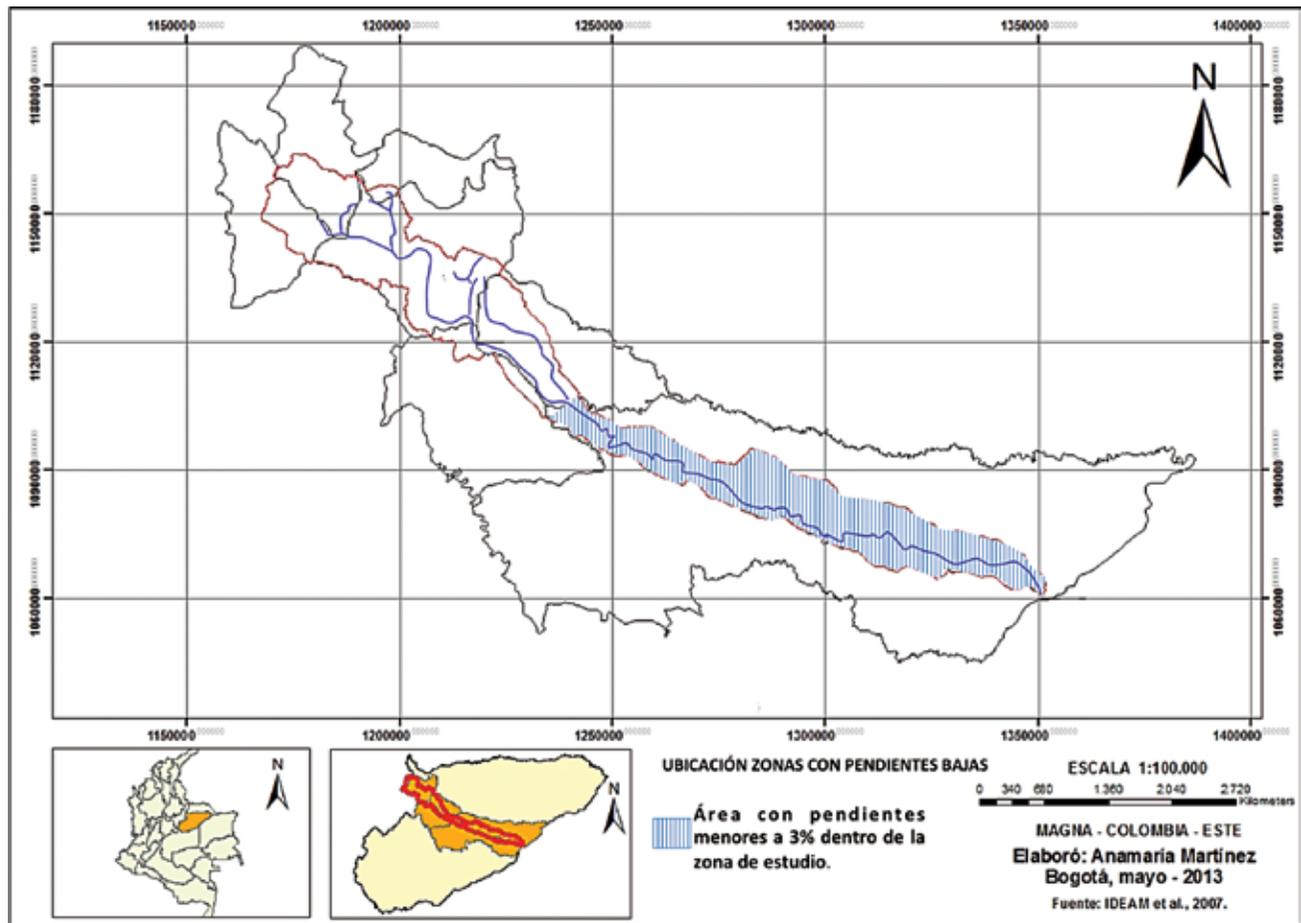
*Anamaria Martínez Martínez*

El agua es de vital importancia en el desarrollo social, económico y ambiental de una región; por lo tanto, representa un recurso de interés general. A nivel ambiental, el desarrollo sostenible es una meta de prioridad mundial y se encuentra incorporado dentro de los objetivos de desarrollo del milenio propuestos por las Naciones Unidas (United Nations 2010). En las “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014” (DNP 2011), se estableció la gestión ambiental del recurso hídrico como prioritaria debido a que se ha estimado que el 40% de las principales cuencas del país son vulnerables al deterioro. A pesar de esta cifra,

en Colombia se tiene rendimiento hídrico promedio de 63 litros/s-km<sup>2</sup>, el cual corresponde a seis veces el promedio mundial (IDEAM 2010).

El Río Pauto representa la principal fuente de abastecimiento para acueductos, es eje para el sector agrícola y ganadero de los municipios que conforman la cuenca, y es navegable en temporada de invierno. Por estar razones, el estudio de la variabilidad espacial y temporal de la dinámica del Río Pauto es necesario para la planeación de las actividades desarrolladas por la comunidad que habita su cuenca (CORPORINOQUIA 2008).





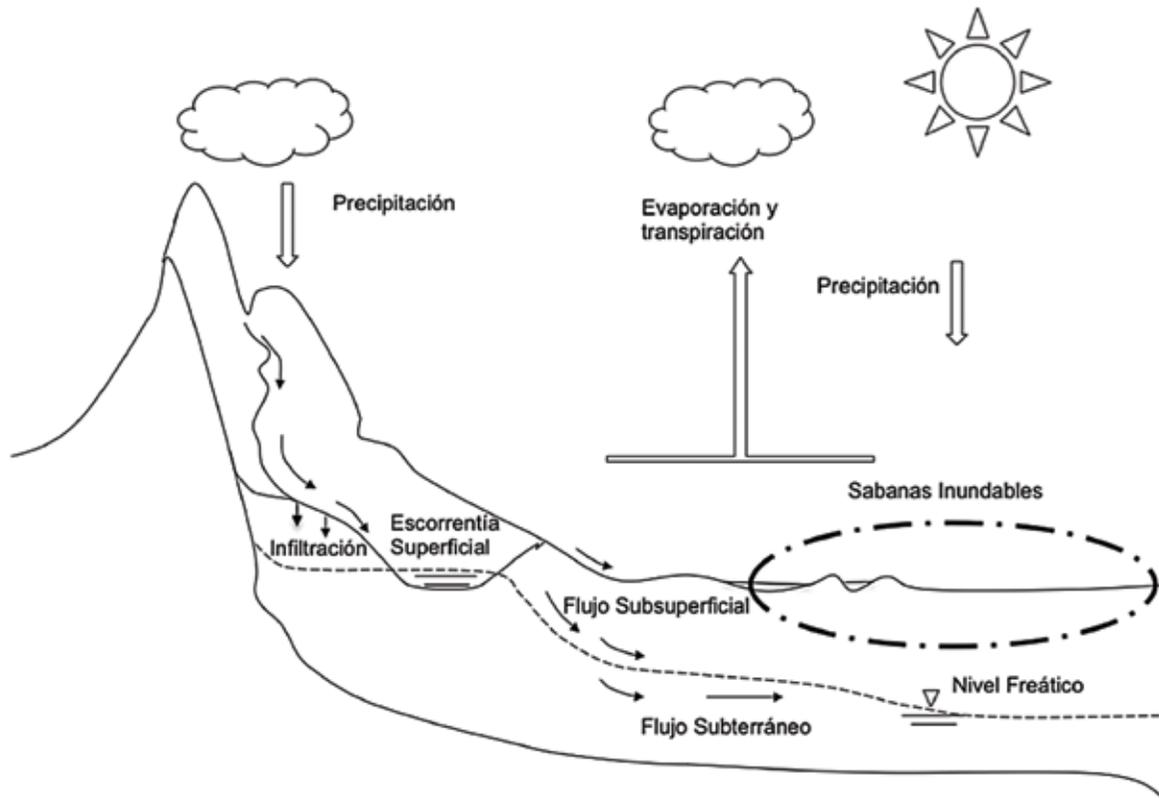
**Figura 3.1.** Ubicación de las zonas con pendientes menores a 3% en la cuenca del Río Pauto.

El Río Pauto se caracteriza por la amplia área de sabanas inundables asociadas a su cauce, ubicadas en la zona baja de la cuenca. En la Figura 3.1, se presentan las zonas con pendientes menores a 3%. Las bajas pendientes, las llanuras aluviales y el régimen hidrológico propician la ocurrencia frecuente de inundaciones (CORPORINOQUIA 2008). Para la cuenca del Río Pauto se dispone de información secundaria sobre el componente hidrogeológico, donde se establece una clasificación cualitativa de acuerdo a las condiciones litológicas. Las zonas de recarga se localizan en la zona alta de la cuenca y, en la zona baja, se localizan acuíferos continuos de extensión variable, libres y constituidos por sedimentos clásticos no consolidados (CORPORINOQUIA 2008). Estos últimos corresponden a depósitos muy permeables ya que poseen espacios intercomunicados a través de los cuales el agua se mueve con relativa facilidad bajo condiciones naturales de campo.

En la Figura 3.2 se presentan las tres entradas principales a un sistema de sabanas inundables. En primer lugar, se encuentra el caudal de escorrentía directa, generado por la precipitación en las subcuencas alta y media; en segundo lugar, la precipitación local y finalmente el flujo

subsuperficial. El aporte generado por la precipitación local ocurre durante eventos de tormenta sobre la sabana. El aporte de escorrentía directa se produce superficialmente y su tiempo de viaje dependerá del lugar donde se produzca la precipitación aguas arriba y de las características geomorfológicas del cauce. La escorrentía directa se presenta en un área de 1,650 km<sup>2</sup> aguas arriba de las sabanas. El flujo subsuperficial es función de la conductividad hidráulica del suelo, definida como la facilidad con la que una partícula de agua fluye a través de la matriz de suelo (Jaramillo, 2002).

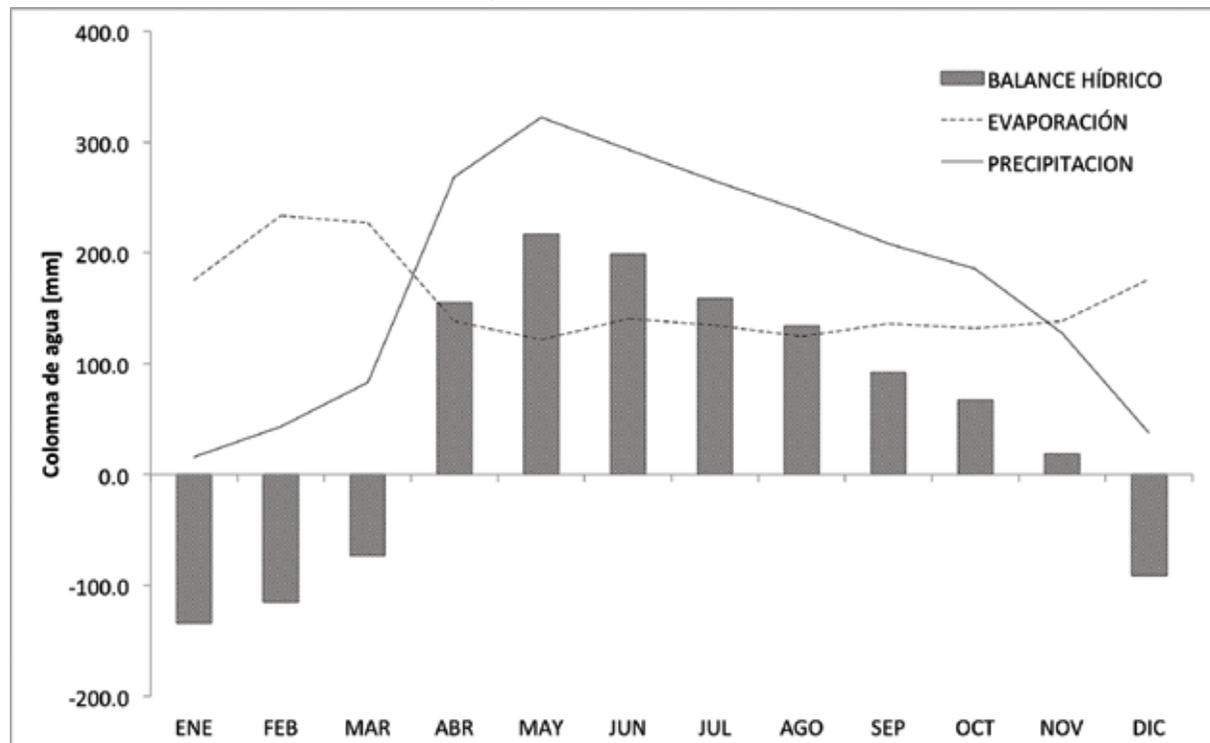
Considerando las limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información, se estableció un balance hidrológico simple a partir de la precipitación y evaporación total mensual multianual (Chow et al. 1994). El régimen hidrológico de la cuenca consiste en un periodo húmedo en los meses de abril a octubre, y un periodo seco el resto del año como se muestra en la Figura 3.3, generando en la cuenca baja periodos muy secos, seguidos de una temporada de lluvias. Así, las sabanas inundables se exponen a prolongados periodos de inundación durante un periodo importante del año.



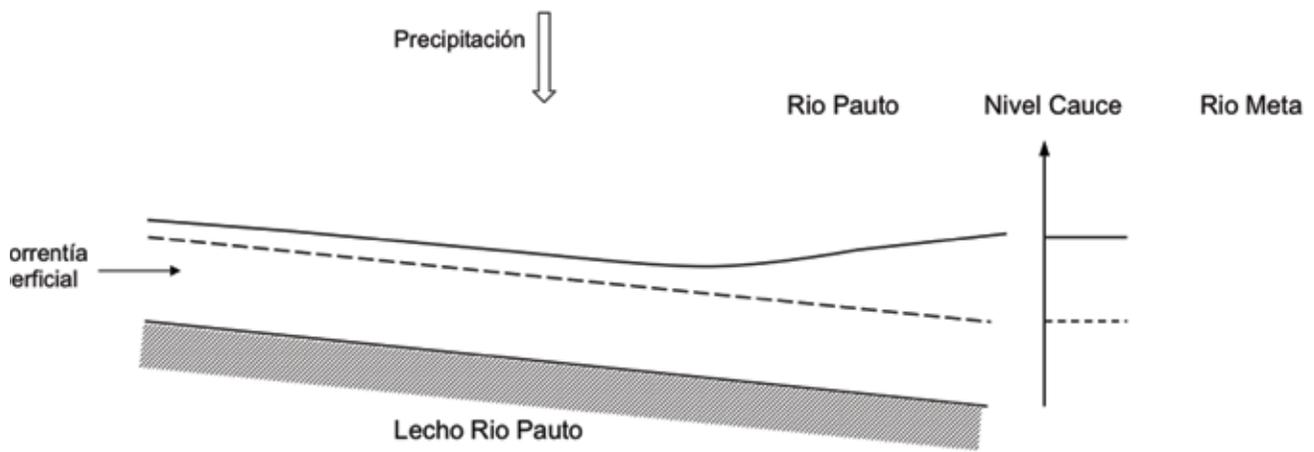
**Figura 3.2.** Esquema general de flujo hídrico en las sabanas inundables del Río Pauto. Adaptado de Chow et al. (1994).

En la temporada de verano, el aporte de escorrentía directa es mínimo. Este periodo se extiende durante tres a cuatro meses, cuando vuelven las lluvias a las sabanas. El proceso de humedecimiento e inundación se produce gradualmente de acuerdo a la intensidad de la precipitación (Chow et al. 1994). En la Figura 3.4,

se presentan tres fenómenos que se conjugan durante el proceso de inundación de las sabanas de la cuenca baja: precipitación local, caudal de entrada aguas arriba y el efecto de remanso que ocurre en la intersección con el Río Meta.



**Figura 3.3.** Distribución de la precipitación, evaporación, y balance hídrico a nivel mensual en la cuenca del Río Pauto.



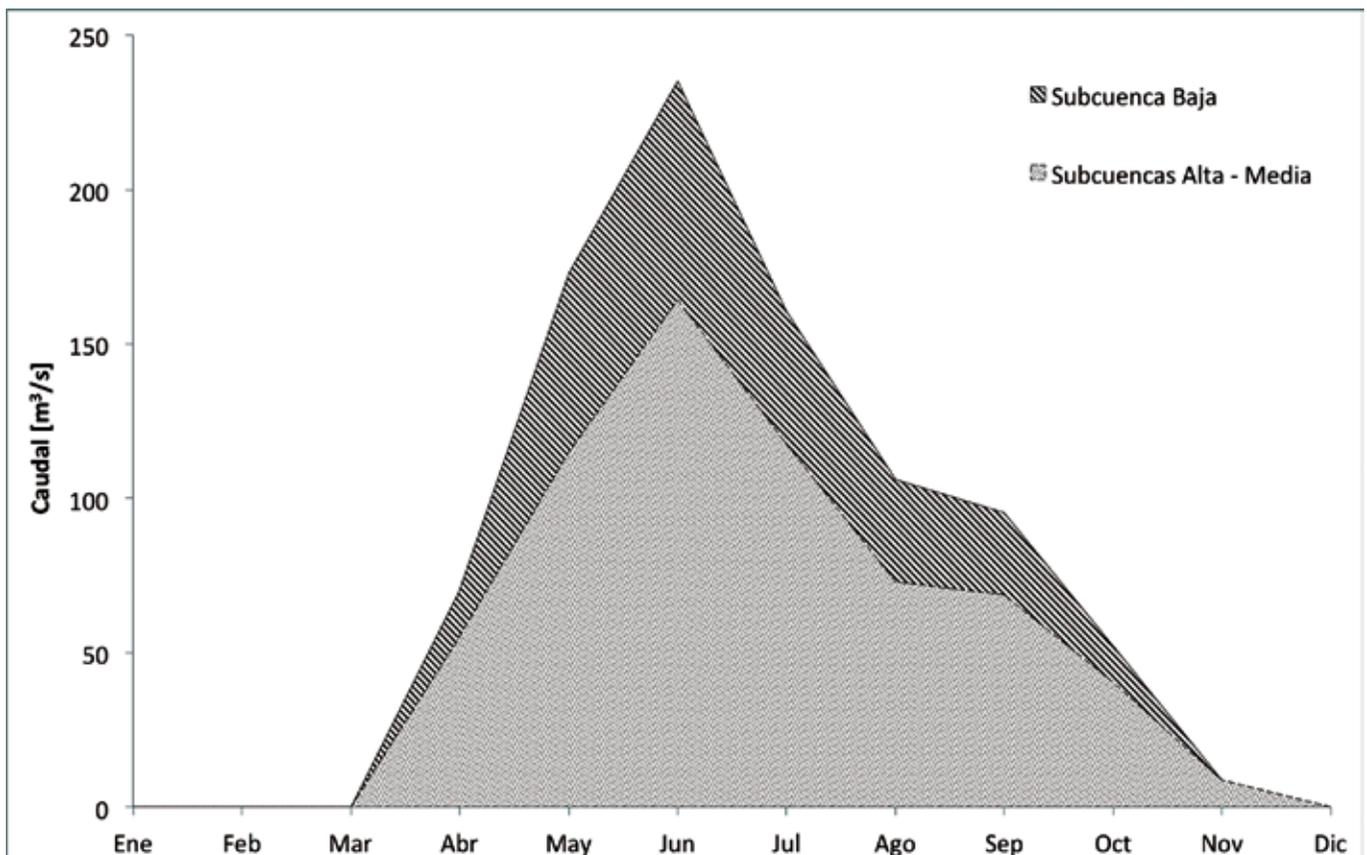
**Figura 3.4.** Fenómenos asociados a los procesos de inundación de las sabanas inundables del Río Pauto. Adaptado de Chow et al. (1994)

En la Figura 3.5 se presentan los caudales estimados para la subcuenca de la zona baja. Los caudales estimados a escala mensual se obtuvieron a partir de la aplicación del modelo de Número de Curva (CN) propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos en el año 1972 (Feldman, 2000). Este modelo se basa en la estimación de las pérdidas de precipitación que se producen antes de que se genere escorrentía superficial.

En la cuenca del Río Pauto no se encuentran disponibles registros de caudal en la zona baja; sin embargo, existen

registros de evaporación y precipitación, así como información acerca del tipo de suelo y cobertura vegetal, que permiten estimar la escorrentía. La estimación del caudal de escorrentía, a nivel mensual, debe incorporar el almacenamiento superficial y subterráneo; sin embargo, estas variables no han sido cuantificadas en la cuenca del Río Pauto.

El cauce principal descarga a las sabanas la escorrentía producida en las subcuencas alta y media. Este caudal representa aproximadamente un 84% (promedio anual) del caudal a la salida de la cuenca baja.



**Figura 3.5.** Caudales mensuales estimados para la subcuenca baja del Río Pauto .

El patrón de precipitación que se presenta en la cuenca del Río Pauto es común a otros sistemas hidrográficos en el trópico y en zonas templadas (Junk and Wantzen 2004). Este patrón de precipitación y la presencia de planicies asociadas al cauce principal; componen un fenómeno conocido como pulso de inundación (Junk et al. 1989).

El pulso de inundación, de acuerdo con los autores citados, es el principal regulador de la biota en el sistema hídrico de río y planicies asociadas. Los efectos que ejerce el pulso de inundación sobre la biota de la cuenca son diversos y controlan la composición del ecosistema de acuerdo a la estacionalidad de las lluvias y la inundación (Junk et al. 1989)

Los efectos antes mencionados, tienen su principal aporte en el proceso de reciclaje de nutrientes inorgánicos en las zonas de planicie. El reciclaje se produce básicamente por el intercambio lateral entre el cauce principal y sus planicies asociadas, manteniendo el ecosistema y a su vez los diversos servicios que presta la cuenca para los pobladores de sus riveras (Junk y Wantzen 2004).

Las marcadas diferencias estacionales permiten la renovación de hábitats, la variabilidad en los procesos de producción, el establecimiento de ciclos reproductivos y una dinámica continua entre los cuerpos de agua presentes en el ecosistema (Montoya et al. 2011)

Los cambios inducidos antrópicamente en el régimen hidrológico, pueden afectar la velocidad del agua, profundidad y ancho del cauce; alterando así el hábitat

acuático, llegando incluso en algunos casos a favorecer la proliferación de especies invasoras (Montoya et al. 20011; Bunn y Arthington, 2002). La posibilidad de conexión espacial de los cuerpos de agua es generalmente afectada por la alteración del régimen hidrológico. Este efecto puede afectar especies vegetales y animales que requieren del proceso de inundación para completar sus ciclos de vida.

A partir de la información disponible sobre la dinámica hidrológica de Río Pauto, se evidencia un exceso de escorrentía directa que puede generar eventos periódicos de inundación en las planicies asociadas a la cuenca del río. Estas inundaciones mantienen una oferta hídrica en el ecosistema compuesto por el cauce principal y las planicies asociadas, los cuales se encuentran directamente relacionados con la regeneración y diversidad de hábitats.

Considerando las sabanas inundables como una unidad integral, que presta servicios de vital importancia para las comunidades asociadas, es de notar la importancia que las inundaciones periódicas representan para el ecosistema asociado a las sabanas inundables: generan una alta complejidad geomorfológica, elevada productividad biológica y biodiversidad en la cuenca.

La intervención sobre este ecosistema debe estar contenida dentro de planes integrales de manejo de los recursos naturales. Aquellos proyectos que afectan de manera directa el régimen hidrológico representan un riesgo para el ecosistema de las sabanas inundables. Las planicies representan el principal factor de atenuación de caudales máximos a la salida de la cuenca.



# CAPÍTULO

# 4



## BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES: ¿POTENCIALIZADORES O LIMITANTES DE UN DESARROLLO?

*Harold Arango Moreno*

### INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta a los lectores información que convoca a reflexionar sobre la función y la conservación de los servicios ambientales y su relación con el modelo económico predominante. Este texto entrega referentes, comentarios e inquietudes, que derivan en elementos que aportan a la discusión que sugiere la pregunta: ¿los bienes y servicios ambientales, son potencializadores o limitantes de un desarrollo?

Cada lector tendrá su propia opinión o respuesta a esta pregunta, en este sentido la autoría de este documento propone para motivar la discusión, realizar de manera general y breve la revisión de información que muestra como a través de las últimas 6 décadas han cambiado los paradigmas que han orientado la gestión ambiental a escala global, mostrando que el tema económico ha sido una constante y ha tenido gran influencia.

Siguiendo en la misma línea, desarrolla elementos sobre como la economía se aproxima a los servicios ambientales mediante procesos de valoración ambiental, posteriormente entrega una revisión de información básica sobre los diferentes enfoques económicos, como respuesta tal vez, a la necesidad de vincular de una mejor manera la economía en la conservación, plantea aspectos que relacionan los servicios ambientales y el desarrollo, para derivar finalmente en reflexiones y comentarios que buscan aportar a la discusión.



### Paradigmas predominantes y economía

Los paradigmas que a lo largo de los últimos 60 años han orientado la gestión ambiental a escala global, consideran dimensiones que evidencian vínculos directos con la economía. Al revisar algunos aspectos se encuentran situaciones que van desde el paradigma de la frontera económica, donde lo imperativo dominante correspondió al progreso infinito, pasando por los paradigmas de protección ambiental, manejo de recursos, eco-desarrollo, ecología profunda, hasta el paradigma actual de cambio climático donde lo imperativo está basado en la disminución de los niveles de dióxido de carbono y las energías alternativas.

Desde las grandes temáticas que consideraron la explotación infinita de los recursos naturales, hasta lo que resulta relevante hoy, la preocupación por los servicios ambientales. Y desde la pregunta de ¿quién paga? iniciando en la década de los 60 con el estado, siguiendo con los impuestos fiscales, continuando con los que contaminan pagan, creando las tasas ambientales, considerando los costos ambientales integrados, hasta llegar en el actual paradigma a considerar que quienes pagan deben ser los usuarios de los servicios ambientales.

Estos aspectos muestran de manera general que efectivamente en el tiempo transcurrido, tanto los paradigmas como los enfoques han cambiado. Hay una excepción a estos cambios, y corresponde a la pobreza y a las catástrofes naturales, puesto que ese era un conflicto dominante en la década de los 60 y podemos evidenciarlo hoy. El paradigma actual de cambio climático muestra que las dimensiones mencionadas: desarrollo basado en energías alternativas, deforestación, pobreza y catástrofes naturales; servicios ambientales y usuarios, tienen una relación evidente con la economía (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Paradigmas predominantes y dimensiones para la gestión de lo ambiental. Tomado de Arango H. 2010. Adaptado de FLACAM 2006

PARADIGMA	1960	1970	1980	1990	2000	210	E C O N O M Í A
DIMENSIÓN	Frontera económica	Protección ambiental	Manejo de recursos	Eco-desarrollo	Ecología profunda	Cambio climático	
Imperativo dominante	Progreso infinito	Contradicción entre ecología y crecimiento	Sustentabilidad	Co-desarrollo humano y natural	Eco-topía anticrecimiento	Desarrollo basado en energías alternativas	
Conflictos dominantes	Hombre pobreza catástrofes, naturales	Especies en peligro, contaminación	Recursos degradados, pobreza, crecimiento poblacional	Cambio global incertidumbre ecológica	Colapso de los ecosistemas	Deforestación pobreza? Catástrofes naturales	
Grandes temáticas	Explotación infinita de los recursos naturales	Ecología y externalidades económicas	Interdependencia económico-ecológica	Simbiosis economía ecológizada y sistema sociales	Vuelta a la naturaleza	Servicios ambientales	
¿Quién paga?	El estado	Impuestos fiscales	Contaminadores pagan	Tasas ambientales	Costos ambientales integrados	Usuarios	

### Economía y bienes y servicios ambientales

Es bien sabido que en la medida en que haya sobre oferta de un bien los precios son bajos y cuando esta es escasa los precios se incrementan, una analogía a esta situación es considerar que cuando hay abundancia de algo, poco es importante para alguien (o poco es valorado), pero cuando escasea y es necesario, resulta muy importante para quienes lo requieren. La historia ha mostrado que en la medida que hay escasas la economía es preponderante.

Si esta situación se complementa con la dinámica propia de la economía, que tiene su sustento en los mercados, entonces la crisis ambiental y climática resulta como una oportunidad para generar opciones que tengan una mirada económica. En el contexto nacional, la economía cobra importancia por razones que están asociadas a las actividades productivas, los ecosistemas y los servicios ambientales que estos prestan. Cualquier

gestión y visión sobre el desarrollo del territorio deberá entonces contar con información que considere los temas descritos y encuentre al menos aproximaciones que permitan propuestas funcionales que permitan la coexistencia de la conservación y la sociedad.

Lo que ha venido predominando como uno de los enfoques para la conservación corresponde a propuestas que buscan la valoración económica de los ecosistemas, o más bien, la valoración de los beneficios que prestan los ecosistemas, encontrando en alguna medida los mercados que permiten que la economía opere.

Uno de los temas estructurales y punto de partida de este trabajo corresponde a los servicios ambientales, dado que ellos son los referentes de la calidad de los ecosistemas y por ende de la salud de los mismos. Para intervenir en ellos es necesario, adicional a toda la información biofísica y ecológica del territorio, considerar la valoración de los beneficios de estos ecosistemas, puesto

que corresponde en la práctica a un tema que confronta el desarrollo con la calidad y salud de los mismos. Si no hay una valoración que trascienda la cultural, la política y la ambiental los argumentos para su conservación pueden ser incompletos en la lógica económica de intervención convencional en el territorio.

En este sentido la economía ambiental se convierte en la opción que puede aportar al tipo de desarrollo a realizar (ésta será descrita de manera más amplia posteriormente). Ella se basa en técnicas de valoración económica que tienen sus bases conceptuales en la teoría neoclásica, la economía del bienestar Hufschmidt et al. (1983). Mueller (1996) afirma que la economía ambiental neoclásica<sup>1</sup> ha evolucionado en dos ramas casi independientes: a) la teoría de la contaminación y b) las teorías de los recursos naturales, él reconoce que los métodos de valoración económica del medio ambiente en la práctica presentan debilidades relacionadas con la complejidad de las interrelaciones entre la economía y el medio ambiente en el mundo real, complicadas por la insistencia de la teoría neoclásica para medir todo en términos monetarios.

Los métodos de valoración económica del medio ambiente son las técnicas específicas para cuantificar (en términos monetarios) los impactos económicos y sociales de los proyectos. “Los beneficios de un proyecto son los valores de la producción incremental de bienes y servicios, incluidos los servicios ambientales, hecho posible por el proyecto, y los costos son los valores reales de los recursos adicionales utilizados en el proyecto. Tanto los beneficios y costos del proyecto son descontados adecuadamente en el tiempo para hacerlos comparables”, Hufschmidt et al. (1983). Con estos resultados comparables, expresados en la misma unidad (unidades monetarias) se puede hacer una evaluación de la preponderancia de uno u otro de los factores (beneficio o costo) y con el apoyo técnico es posible elegir la mejor opción a desarrollar.

En general, los métodos de valoración económica del medio ambiente se utilizan para estimar los valores que las personas conceden a los recursos ambientales, con

<sup>1</sup>Mueller (1996) hace una evaluación crítica de la economía ambiental neoclásica. Según él, esta corriente de pensamiento “... problemas ambientales prioritarios del primer mundo, “preocupante privada y secretamente con el mantenimiento o la expansión del bienestar de la generación actual, que habita en las economías de mercado de los países desarrollados. Independientemente de la renta media per cápita, los economistas neoclásicos creen que las teorías desarrolladas se aplican a cualquier empresa cuya asignación de recursos se realiza a través de los mercados Mueller (1996).

base en sus preferencias. La comprensión de este punto es fundamental para entender lo que los economistas entienden por “valorar el medio ambiente”, como ilustración, se presenta una traducción de David Pearce (1993).

Los economistas ambientales buscan ‘medir las preferencias’ para mejorar la calidad del medio ambiente y los bienes naturales o detener su deterioro. Los economistas no miden el “valor del medio ambiente”. Se observa que los individuos tienen preferencias por las mejoras en el medio ambiente y que esas preferencias se llevan a cabo con mayor o menor intensidad”.

La literatura económica convencional plantea que el valor de un bien o servicio ambiental puede ser cuantificado basándose en las preferencias individuales para la preservación, el almacenamiento o el uso del bien o servicio (Bateman & Turner, 1992). Teniendo en cuenta sus gustos y preferencias, cada individuo tendrá un conjunto de preferencias que serán utilizados en la valoración de cualquier bien o servicio, incluido el medio ambiente. En el caso específico de este último, los economistas comienzan el proceso de medición para distinguir entre valor de uso y valor de no uso del medio ambiente bien o servicio (Pearce y Turner, 1990).

El valor de uso se refiere al uso potencial o real de recursos que puede proporcionar. El valor de valor de no uso o intrínseco o valor de existencia refleja un valor que reside en los recursos ambientales, independientemente de la relación con los seres humanos, el uso eficaz de este o de posibilidades para su uso futuro (Comuna y Marques, 1995).

El valor de uso se divide en valor de uso real, el valor de la opción y el valor de casi-opción. El valor de opción se refiere al valor de la disponibilidad de recursos del medio ambiente para uso futuro. El valor de casi-opción, por otra parte, representa el valor de mantener la opción del uso futuro de los recursos, teniendo en cuenta una hipótesis de aumento de científicos, técnicos, económicos y sociales sobre las posibilidades futuras de los recursos del medio ambiente bajo investigación (este valor es particularmente relevante en las discusiones sobre la conservación de la biodiversidad). Hay muchas variantes de esta clasificación, sin embargo, se pueden distinguir los siguientes componentes del valor económico total (VET) de un bien o servicio ambiental en la siguiente sumatoria:

$$\text{VET} = \text{valor de uso} + \text{valor de opción} + \text{valor de casi-opción} + \text{valor de existencia}$$

Es evidente que la valoración económica del medio ambiente pasa por el cálculo de VET para el bien o el servicio ambiental a analizar. Sin embargo, como lo mencionan Comune y Marques (1995), el valor económico total del medio ambiente no puede ser plenamente revelado por las relaciones de mercado. Muchos de sus componentes no se negocian en los mercados y los precios de las materias primas no reflejan el verdadero valor económico de todos los recursos utilizados en su producción. En este contexto, el problema práctico con la valoración económica es obtener estimaciones plausibles de situaciones reales donde no hay “mercado aparente” o son “mercados muy imperfectos.”



### **¿Será uno solo el enfoque económico a considerar?**

Revisar los conceptos económicos y entender la economía presenta grandes retos cuando de intervenir en el territorio se trata, la complejidad es tal que no es posible abordarla pensando en que gran parte de los problemas ambientales (si es que los hay) se resuelven con el enfoque económico predominante<sup>2</sup>, enfoque que no ha sido muy abierto y adaptativo para responder a los desafíos de las dinámicas específicas y cambiantes en el territorio.

Una revisión de los diferentes enfoques o teorías económicas muestra al menos siete (7) formas de concebir la economía, como información general se presentará cada una de ellas mencionando aspectos relevantes que involucran su aplicación y su forma de interacción en

los contextos, no se desarrollan en detalle, el alcance de la información busca solo generar interés por conocerlas.

### ***Economía neoclásica***

La economía neoclásica aparece a partir de 1870 a 1910. El término “economía” fue popularizado por los economistas neoclásicos como Alfred Marshall como sinónimo para la “ciencia económica”.

La economía neoclásica interpretó la oferta y la demanda como determinantes de la participación de precio y cantidad en el equilibrio del mercado, que afectan tanto a la asignación de la producción y la distribución de ingresos.

En microeconomía, la economía neoclásica plantea que los incentivos y los costos juegan un papel dominante en la toma de decisiones. Un ejemplo de esto es la teoría de la demanda de los consumidores, que aísla cómo los precios y los ingresos afectan la cantidad que es demandada.

En síntesis esta economía considera un ciclo cerrado en donde las familias (compradores) operan en una relación de mercado de bienes y servicios con las empresas (vendedores) en una relación de mercado de factores.

La economía convencional se basa en la economía neoclásica, pero con varios elementos que son complementarios, tales como la econometría, la teoría de juegos, análisis de fallas de mercado y la competencia imperfecta, así como el modelo neoclásico de crecimiento económico para el análisis de las variables que afectan el ingreso de un país o una región.

### ***Economía ecológica***

Este enfoque aparece en el escenario de discusión en los últimos 20 años, básicamente como una visión ampliada de la economía neoclásica argumentando que la visión que tienen los economistas es que el sistema económico funciona como un circuito cerrado y perfecto: en él se presenta un proceso de transformación de los recursos en productos, donde esos productos se comercializan; hay distintos actores, los dueños, los que los comercializan, ahí se produce el intercambio de bienes y productos por dinero, y esto cerraría un circuito perfecto (adaptado de Pengue W.)

El argumento en la discusión es que los economistas se olvidaron y no pensaron en lo que pasa con los residuos, de dónde vienen los productos y cómo se generan

<sup>2</sup>Enfoque económico neoclásico

los impactos, que es cómo realmente funciona.

Se argumenta que la economía neoclásica es un sub-sistema de la economía ecológica y que considera los aspectos que tienen que ver con la energía útil y las materias primas (en las empresas - vendedores), y los residuos y materiales, y la energía residual (en los consumidores – compradores), en este enfoque el reciclaje es un tema estructural.

### ***Economía Alternativa***

Este enfoque propuesto por Max-Neef M., plantea que hay 4 convergencias simultáneas que se presentan en el planeta, a) el crecimiento exponencial del cambio del clima inducido por la intervención antrópica, b) el fin de la energía barata, c) la extinción y reducción de recursos como el agua, bosques, pesquería, suelos, otros y e) la burbuja especulativa, considerada 50 veces más grande que el mercado real de bienes y servicios.

Define como las causas de la crisis mundial; el paradigma económico dominante -crecimiento a cualquier costo, el uso incontrolado de combustibles fósiles - para facilitar el excesivo crecimiento económico, la promoción del consumo – como ruta de la felicidad, y la imposición de modelos inducidos - que destruyen culturas, desaparecen lenguas y valores.

Promueve la tesis, de que nos enfrentamos a problemas complejos en el siglo XXI considerando las teorías económicas del siglo XIX, cuando lo que ha pasado en la práctica es que las otras ciencias han cambiado, la medicina, la física, la química, la antropología, la biología lo han hecho y la economía no.

Sus postulados marcan diferencias con el enfoque convencional, puesto que plantea que la economía debe estar al servicio de las personas y no las personas al servicio de la economía, que el desarrollo se relaciona con personas y no con objetos, que el crecimiento es diferente a desarrollo y el desarrollo no necesariamente precisa de crecimiento, que ninguna economía es posible al margen de los bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas, que la economía es un sub-sistema de un sistema mayor (biosfera) que es finito, por lo tanto el crecimiento permanente es insustentable, y que ningún interés económico puede estar por encima de la vida<sup>3</sup>.

### ***Economía Azul***

Es un nuevo enfoque económico, desarrollado por el economista Gunter Pauli, su premisa es lograr una economía que no acabe con las materias primas ni devore los recursos naturales, una economía en la que los residuos de una actividad productiva se conviertan en la entrada para crear un nuevo flujo de caja que va más allá de las innovaciones, y que permita disminuir muchos aspectos de la producción y consumo insustentable, todo mientras se generan múltiples ingresos y beneficios para obtener un mayor bienestar social.

Este enfoque propone dar la vuelta a la forma como se concibe la utilización de materias primas de tal manera que los residuos de un proceso productivo se conviertan en materia prima para otro proceso productivo y así sucesivamente. Ya hay casos documentados en diferentes partes del mundo, en Brasil por ejemplo, del cultivo de naranjas se produce el jugo, un residuo, su cáscara, es utilizada para la fabricación de jabones biodegradables, de este nuevo proceso los residuos son utilizados para la alimentación de ganado.

### ***Economía ambiental***

Sobre este enfoque ya se ha comentado, en él, lo que se busca es valorar los beneficios de los ecosistemas y para esto son aplicadas técnicas de valoración.

Al observar la metodología de uso corriente en la economía ambiental, Pearce (1993) afirma que hay cuatro grupos principales de técnicas de valoración económica. El primer grupo consiste en las técnicas que él llama “los enfoques de mercado convencionales” que corresponden a las que utilizan los precios de mercado o precios sombra como un proxy, El segundo grupo se denomina “funciones de producción nacional (o la familia)”. El tercero, los “métodos de fijación de precios hedónicos.” El cuarto y último grupo son los “métodos experimentales”.

Hanley y Spash (1993) hacen una distinción única de métodos de valoración económica ambiental en dos grupos: i) de manera directa, método de valoración contingente (CVM), ii) de manera indirecta, método de precios hedónicos (MPH), método de los gastos de viaje (MCV) y los enfoques de la función de producción, tales como el método de costos evitados (MCE) y el método de dosis-respuesta (MDR). Con el uso de estas técnicas lo que se busca es encontrar la valoración económica total (ya comentada) para la toma de decisiones de intervención en un territorio.

<sup>3</sup>El mundo en rumbo de colisión – Max-Neef M., 2010

Este enfoque económico es utilizado en la toma de decisiones al considerar los bienes y servicios ambientales en esquemas de pago por servicios ambientales.

### ***Economía verde***

Este enfoque está fuertemente ligado al cambio climático, tiene fundamentos en el calentamiento global y considera los patrones predominantes correspondientes a los incrementos en la concentración de dióxido de carbono, nitrógeno atmosférico, metano, flujos de nitrógeno en zonas costeras, pérdida de bosques, ecosistemas oceánicos, pérdida de especies entre otros. Considera el mercado en lo que corresponde a tecnologías que aporten a la problemática asociada al cambio climático y energías alternativas con una visión de escala global. Se caracteriza por la relación que ese establece entre empresas que producen tecnologías asociadas al cambio climático y las proveen a unos compradores que pagan o subsidian la producción de estas tecnologías.

### ***Economía del bien común***

Este enfoque de la economía aparece con fuerza en Europa a finales del año 2010, liderado por el economista Christian Felber, corresponde a una propuesta de nuevo modelo económico el cual tiene como premisa; superar la dicotomía entre el comunismo y el capitalismo para maximizar el bienestar de nuestra sociedad.

Argumenta que el bien común está en la legislación de los países y eso la hace aplicable y coherente. Plantea que en ninguna de ellas está el afán de lucro y la competencia, que es lo que predomina en la lógica económica predominante. Busca rescatar los valores de honestidad, confianza, y el compartir, entre otros.

Algunos de sus postulados que relacionan lo ambiental proponen los precios éticos, el respecto por el ambiente, plantea que entre más irrespetuosa sea la producción con el ambiente, está debería tener mayor costo en el mercado y viceversa. De esta forma se estaría incentivando a ser responsable con el ambiente. Busca maximizar el bien común y no el bien privado.

En año y medio se ha venido incorporando a este nuevo enfoque, empresas y municipios. Los datos reportados corresponden a 15 países, 12 municipios y 700 empresas en donde se están haciendo los primeros pasos.

Todo lo anterior corresponde solo a referencias mínimas de cada uno de estos enfoques de la economía, como se mencionó, se abordan a manera de información como soporte para mostrar la necesidad de incorporar otros

elementos que la economía neoclásica (enfoque predominante) no contempla.

### **Bienes y servicios ambientales y desarrollo, ¿por qué valorar?**

*La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) define los “servicios ambientales” como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Se consideran beneficios directos la producción de provisiones —agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación). Los beneficios indirectos se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos y espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales). Existe, entonces, una amplia gama de servicios ambientales, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta*

En la actualidad afrontamos otra crisis adicional a la económica, la crisis de la biodiversidad y la destrucción de la naturaleza, a pesar de saber que en la naturaleza están muchos beneficios como el que prestan los bosques almacenando carbono, suministrando madera y otros productos valiosos, que son refugio de especies, que los humedales cumplen la función de depurar el agua y proteger ante las inundaciones, que los manglares protegen las costas y las poblaciones que se encuentran en ellas, que los arrecifes de coral suponen una zona de cría para los peces y la posibilidad de ocio y aprendizaje para los turistas y los científicos. Esta lista de beneficios y servicios que la naturaleza brinda a la humanidad es enorme. Aun así, todavía siguen desapareciendo especies y en tan sólo cincuenta años se han degradado casi dos tercios de los servicios ambientales (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM), 2005). En la práctica lo que ha sucedido es que nos hemos familiarizado con el deterioro gradual de la naturaleza, esto tiene sus consecuencias, una de ellas es que está se agote sin conocer su valor real.

Dado lo anterior lo importante no solamente es si se valora o no, lo importante es como se realiza esta valoración y quien la hace. La valoración puede evidenciar la

importancia que tienen los bienes y servicios ambientales, especialmente los que no presentan valores de mercado. Los valores de uso directo (ya mencionados) son de gran importancia para las personas que viven en el ecosistema, en la práctica estos valores no se consideran por completo. La situación es más grave si se considera que es menos frecuente que se valoren los usos indirectos. En la medida que se pasa de usos directos a los usos de existencia (intangibles) en un proceso de valoración, esta es más compleja y en ocasiones poco factible.

Muchos valores de los servicios ambientales, sobre todo los relacionados con los beneficios locales, dependen de un contexto específico. Ello se debe a la enorme diversidad del entorno natural y al hecho de que los valores económicos no son una característica natural de los ecosistemas, sino que están íntimamente ligados al número de beneficiarios y al contexto socioeconómico<sup>4</sup>.

De acuerdo con Anton *et al.* (2010), la dinámica que existe entre la demanda de servicios de los ecosistemas por parte de los habitantes, y la producción de estos servicios por parte los ecosistemas resulta asincrónica en el tiempo y en el espacio. En este sentido resulta muy pertinente generar información que permita comprender las interacciones que se presentan en el territorio considerando los flujos entre la naturaleza, la sociedad y la economía.

En el marco general de la expectativa de un desarrollo del país, la valoración adecuada de los servicios ambientales y los mecanismos de incentivos por servicios ambientales buscan motivar la acción de las personas o empresas, a partir del cambio de visión sobre el uso de los recursos naturales que le brindan determinados bienes y servicios ambientales, de tal manera que los ocupantes del territorio se motiven a implementar prácticas de producción y uso acordes con los objetivos de conservación de la biodiversidad y las áreas protegidas y que los mercados y la economía en general valoren, reconozcan e incorporen de manera funcional al contexto el pago por los servicios ambientales. Eso resulta de combinar mecanismos de mercado, considerar otros enfoques de la economía, medidas de comando y control e instrumentos complementarios tipo incentivos (adaptado de PIC<sup>5</sup>, 2010).

La falta de conciencia pública sobre la importancia de

<sup>4</sup>TEEB – La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para los responsables de la elaboración de políticas nacionales e internacionales Resumen: Responder al valor de la naturaleza 2009

<sup>5</sup>Proyecto Incentivos a la Conservación – Fondo Patrimonio Natural – Embajada del Reino de los Países Bajos

la diversidad biológica –su relevancia para la vida diaria, los beneficios provenientes del uso de sus componentes y las consecuencias de su pérdida – es una preocupación que debe abordarse si se pretende que tengan éxito los esfuerzos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. Todas estas medidas de incentivos, compensaciones o pagos necesitan del apoyo y compromiso de las comunidades, instituciones y empresa privada para que sean pertinentes, sostenibles y permanentes en el tiempo. En consecuencia, es fundamental contar con procesos de sensibilización y comunicación que acompañen el desarrollo de los esquemas<sup>6</sup> de incentivos y faciliten el flujo de la información, de lo cual depende en buena medida el éxito y la sostenibilidad de los procesos (adaptado de PIC, 2010).



### Reflexiones y elementos para discusión<sup>7</sup>

Considerando la información presentada se plantean algunos elementos que pueden servir como motivación para la discusión sobre la temática de bienes y servicios ambientales.

No se podría afirmar que los bienes y servicios ambientales son limitantes para el desarrollo, dado que esta afirmación tiene su fundamento en el enfoque predominante de crecer infinitamente en un sistema cerrado (biosfera) donde los recursos son finitos, esto sería una contradicción.

¿Qué pasa si los bienes y servicios ambientales no se piensan como una limitación sino como lo que debería considerarse y no se hace dada la lógica depredadora y extractiva que predomina? Hay una gran dificultad en aceptarlo porque en realidad nunca lo hemos considerado.

<sup>6</sup>Los esquemas son los arreglos (acuerdos) entre los diferentes actores para el desarrollo e implementación de los incentivos y/o compensaciones propuestos. Deben incluir aspectos como: Los responsables de orientar las acciones en los diferentes niveles de gestión; los responsables de desarrollar las actividades directas; y las instancias responsables de manejar los recursos en el nivel local.

<sup>7</sup>Estos aspectos no corresponden a la visión de Fondo Patrimonio Natural, son responsabilidad del autor del texto.

No podría afirmarse que los bienes y servicios ambientales son potencializadores de un desarrollo si la lógica con la que se conciben considera el enfoque convencional económico que predomina, puesto que esta lógica posibilitaría en el tiempo su deterioro, que es lo que ha venido sucediendo.

Los bienes y servicios ambientales deben ser adecuadamente valorados por la sociedad y la economía, si esto ocurre cumplirán las funciones en los ecosistemas permitiendo ofertar los requerimientos de la sociedad, dado que las dinámicas económicas incorporarían su valor y por ende tendrían mayor peso del que tienen ahora (prácticamente es cero), así el balance entre la producción y la conservación consideraría la calidad de los bienes y servicios ambientales que son los que sustentan la base productiva y la vida.

Hablar de bienes y servicios ambientales y desarrollo tiene que ver con economía, y hablar de economía para conservar y mejorar los bienes y servicios ambientales tiene que ver con la forma como esta es concebida.

Estos diferentes enfoques de la economía son solo un indicio de que una sola visión no es suficiente dada la complejidad en el contexto, no es solo considerar y orientar el desarrollo y la conservación con el enfoque que ha predominado, el reto está en comprender cada contexto y determinar que tipo de enfoques pueden ser funcionales en el territorio para generar el desarrollo y garantizar la conservación.

No es pensar que son los bienes y servicios ambientales que potencializan o limitan un desarrollo, es saber que ellos hacen parte del contexto en el cual hay que interactuar, y como subsistemas de un gran sistema, que es la biosfera, están ahí para cumplir las funciones que deben cumplir.

Siempre será la mejor opción generar el desarrollo considerando las interfases críticas que conectan la producción y la conservación, en donde explícitamente están los servicios ambientales, de ahí que estos no sean ni potencializadores ni limitantes de un desarrollo, sino la interfase que hay que considerar para mantener el balance entre el desarrollo y la naturaleza.

Lo importante no es solo si se valoran o no los bienes y servicios ambientales, también es importante como se valoran y quien los valora.

Un factor de calidad de los bienes y servicios ambientales debería ser parte de la ecuación con la que se computa el ingreso positivo de una actividad productiva, si estos presentan degradación no sería factible que la actividad fuera económicamente positiva.

En la práctica ni la sociedad ni la economía valoran adecuadamente los beneficios que los bienes y servicios ambientales prestan a la sociedad, es importante valorarlos. Esta valoración debe darse de manera simultánea con la incorporación de otros enfoques de la economía, si estos dos aspectos no se presentan, seguiremos poco a poco (en el mejor de los casos) degradando la naturaleza.



# CAPÍTULO

# 5



## IDENTIFICACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS SABANAS INUNDABLES ASOCIADAS A LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PAUTO

*Carolina Mora-Fernández & Juan Camilo González*

### INTRODUCCIÓN

Las sabanas naturales constituyen uno de los biomas más característicos del cinturón intertropical del planeta, representan el 43% de la superficie terrestre, ocupando vastas regiones de Suramérica, África, Sureste Asiático, y Australia (Rippstein, Amésquita, et al. 2001; Mora-Fernández, et al. 2011). En Colombia se encuentran en los departamentos de Arauca y Casanare y hacen parte de la región de los llanos Orientales (Sarmiento 1994).

La diversidad de la cuenca del Orinoco es reconocida por el Fondo Mundial para la conservación como uno de los ocho ecosistemas estratégicos para la humanidad, posee también una de las áreas silvestres más ricas en humedales (Phillips 2007). Las sabanas inundables presentan humedales que son reconocidos por la convención RAMSAR tales como los esteros, los bajos y los valles aluviales de los ríos (RAMSAR 2002, 2008). Estos juegan un papel muy importante en la regulación hídrica, climática y ecológica que permite el funcionamiento de los ecosistemas de muchas maneras, incluyendo el modelamiento geomorfológico del paisaje fluvial y la provisión de señales ambientales que rigen los ciclos de vida de las seres vivos (Montoya, Castillo and Sánchez 2011).

Ahora bien, el bienestar humano depende de los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas, algunos de los cuales provienen de la existencia de humedales que se encuentren en buen estado. La formulación de políticas, planificación, toma de decisiones y las medidas de gestión en los diferentes sectores y a todos los niveles se pueden beneficiar de los aportes de la Convención Ramsar al consenso mundial. Esta incluye determinar la relevancia e importancia de su conservación y uso racional de los humedales presentes en las sabanas inundables, así como velar por la seguridad de los beneficios aportados por estos, tales como fuentes de agua, almacenamiento de carbono, alimento, energía, biodiversidad y medios de subsistencia (RAMSAR, 2002, 2008).

Los bienes y servicios ecosistémicos mencionados en este capítulo están clasificados según las categorías propuestas dentro de la evaluación de los ecosistemas del milenio (MEA) (2005) (Tabla 5.1).

Existe, entonces, una amplia gama de servicios ecosistémicos, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta.

Es así, que las necesidades sociales están basadas en la provisión de bienes y servicios ambientales. Este vínculo

lo entre naturaleza y economía es lo que permite llegar a unos niveles de bienestar de las sociedades. Por ende, las actuaciones sobre estas necesidades definen la gestión de las políticas sectoriales, así como la sostenibilidad e integridad de los ecosistemas. Por tanto, la forma en que se interactúe con el medio ambiente propende a que se definan esquemas de relaciones basadas en la gestión de los sistemas ecológicos inclinándose a mantener una gestión basada en el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas. Estas relaciones se vuelven circulares en la medida que sea reconocido y captado el valor de los servicios ecosistémicos y su contribución al bienestar de las sociedades y a la calidad de vida. Para alcanzar este tipo de enfoques de la gestión del territorio, es preciso evaluar los servicios ecosistémicos y su funcionalidad e incidencia en las políticas de desarrollo rural y gestión del territorio.

**Tabla 5.1.** Categoría servicios ecosistémicos. Fuente: Millenium Ecosystem Assesment (MEA, 2005).

Servicios de soporte	Servicios de Provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales
Biodiversidad	Alimento	Regulación de gas	Belleza escénica
Ciclo de nutrientes	Agua fresca	Regulación de clima	Recreación
Formación de suelo	Materias Primas	Prevención de disturbios	Valor cultural y artística
Producción primaria	Recursos genéticos	Regulación de agua	Valor espiritual o religioso
Polinización	Recurso medicinales	Tratamiento de desecho	Ciencia y educación
Control biológico	Recursos ornamentales		

En este capítulo les vamos a presentar los bienes y servicios ambientales reconocidos por los habitantes de las sabanas inundable asociadas a la cuenca del río Pauto, con el fin de posteriormente valorar los servicios ecosistémicos de las sabanas inundables.

## METODOLOGÍA

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas realizadas a los habitante de la cuenca baja del río Pauto, en los meses de Marzo y Julio de 2012, por ser consideradas actores estratégicos, con un conocimiento de primera mano de las dinámicas sociales y territoriales existentes en la zona de estudio. Para escogerlos se utilizó el método de muestreo encadenado, que consiste en pedirle a cada persona entrevistada que identifique otros actores cuya experiencia considere relevante para el proceso de investigación. La mayoría de los entrevistados fueron hombres de más de 30 años de edad que llevan por lo menos 15 años viviendo en la zona. Casi todos habitan en zonas periurbanas o rurales y practican o han practicado alguna vez la ganadería como principal actividad económica.

Las entrevistas se llevaron a cabo de forma individual, visitando a las personas en su casa o en su lugar de trabajo. Se utilizó el método de historia de vida, pidiéndole a cada individuo que hablara sobre sus experiencias personales viviendo en la cuenca del Pauto. Así, mientras el entrevistado desarrollaba el relato, se hacían preguntas conducentes a producir discusiones que permitieran caracterizar el ordenamiento territorial del paisaje de sabanas inundables desde su punto de vista. Este método resultó ser muy efectivo, pues permitió que las discusiones en torno al manejo y a la historia de los distintos ecosistemas de la zona se realizaran de forma natural, sin necesidad de imponer conceptos ajenos a la perspectiva de la persona entrevistada.

Se llevaron a cabo recorridos a través de algunos de los espacios de vida de los habitantes de la zona, haciendo énfasis en los ecosistemas de sabana, bosques y en los ríos en compañía de las personas entrevistadas. Esto facilito obtener información de primera mano sobre la forma en que los individuos conceptualizan el territorio y sobre los principales servicios ambientales que usan. Asimismo, se buscó que los recorridos sirvieran para evaluar la información proporcionada durante las entrevistas, buscando confirmar o refutar las aseveraciones hechas durante su realización.

Adicionalmente, a lo largo de todo el desarrollo de la investigación se llevó a cabo una revisión documental que incluyó información secundaria publicada en libros, revistas académicas y en la web, así como también documentos publicados en los centros de documentación de instituciones de la región. Se estructuró una línea base de bienes y servicios ambientales, basados en las salidas de campo realizadas durante el 2012 y en información secundaria revisada. El equipo técnico que trabajó en campo, en la cuenca baja en los municipios de Trinidad y San Luis de Palenque, estableció la caracterización de especies peces, anfibios, reptiles, mamíferos, aves y flora, con sus correspondientes relaciones para proveer servicios ambientales.

## RESULTADOS

### Identificación de los bienes y servicios ambientales en la cuenca del río Pauto

#### *Paisaje de Sabana*

El principal servicio que ofrece el paisaje de sabana es la *regulación de los nutrientes* a través del proceso de transferencia de fertilidad que se lleva a cabo entre las sabanas y los espacios cultivados y de habitación. Esta trans-

ferencia está asociada intrínsecamente a la práctica de la ganadería extensiva y es la base del aprovechamiento humano de las sabanas inundables. Esto ocurre porque para cultivar las distintas especies de yuca y plátano que forman la base de la alimentación de los habitantes de la zona es necesario acumular los excrementos del ganado en corrales para luego sembrar en ellos. Esta técnica se conoce localmente con el término “majadeo” y se basa en el hecho de que en el proceso de digestión de los bovinos las bacterias que están presentes en el rumen descomponen el pasto consumido por estos de manera muy rápida. De esta forma, cuando esta biomasa es procesada y excretada por el animal, sus componentes químicos han sido desagregados y pueden ser absorbidos por las plantas con mayor facilidad.

Lo anterior, garantiza su crecimiento en suelos pobres como los existentes en la cuenca del río Pauto, de forma que es posible mantener cultivos en ellos durante la mayor parte del año. Se trata entonces de un proceso de transferencia de fertilidad en el que ocurre un desplazamiento de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas desde las sabanas hacia los corrales, en donde la degradación que ocurre en el rumen juega un papel fundamental.

A partir del aprovechamiento de este recurso se hace posible la utilización de los servicios de provisión mencionados anteriormente. Así, tanto la producción de alimentos como la de plantas medicinales se sustentan en el majadeo, contribuyendo al bienestar económico y físico de los habitantes de la zona. La experimentación con las especies de plantas que se lleva a cabo en los jardines de cada hogar también se basa en la transferencia de fertilidad. Asimismo, el suministro de proteína animal también se ve beneficiado por la ganadería, pues su práctica implica por lo general un bajo nivel de intervención en la sabana, favoreciendo la conservación del hábitat de especies que sirven de alimento a los humanos como el chigüiro, el cachicamo o el venado.

De manera general, en la actualidad la oferta de servicios de soporte y provisión de la sabana es suficiente para que la transferencia de fertilidad se mantenga sin mayores contratiempos, garantizando la reproducción del sistema social y la continuidad del ordenamiento territorial existente. Esto, sin embargo, no ocurre con los servicios de regulación relacionados con el agua, pues actividades como el cultivo de arroz, el cultivo de café, cacao o la explotación de hidrocarburos ponen en pe-

ligro su aprovechamiento a lo largo del tiempo. Así, es posible observar una preocupación generalizada entre la población por el agotamiento del agua, manifestándose en la percepción de un aumento de la dificultad de obtener el recurso con la excavación de pozos profundos y de una menor disponibilidad en épocas de sequía en comparación con años anteriores.

Finalmente, los servicios culturales asociados a las características estéticas de la sabana también se encuentran estrechamente relacionados con la transferencia de fertilidad y la práctica de la ganadería. Esto porque la sabana sólo es considerada estéticamente agradable cuando está cubierta por pastos jóvenes y de baja altitud, es decir, cuando los habitantes de la zona la pueden describir como una “sabana limpia”. Para que la sabana se mantenga así es necesario realizar quemas periódicas, que destruyen los pastos secos y facilitan la aparición de retoños que las reses consumen con avidez y que a su vez activan elementos de la sabanas que solo germinan una vez han sido sometidas al calor del fuego. Este estado del paisaje de sabana es considerado ideal para la ocupación humana e inspira manifestaciones musicales y literarias que se producen en varias zonas de la cuenca.

En la tabla 5.2 se pueden observar los servicios ecosistémicos identificados en el paisaje de sabana.

**Tabla 5.2.** Servicios ecosistémicos identificados en el paisaje de sabana.

Servicios ecosistémicos identificables en el paisaje de sabana	
Servicios de soporte	- Regulación de los nutrientes
Servicios de Provisión	- Producción de alimentos
	- Producción de plantas medicinales
	- Recursos genéticos de especies de plantas y animales
	- Suministro de proteína animal
Servicios de regulación	- Suministro y regulación del agua
Servicios culturales	- Características estéticas de la sabana.

### *Paisaje de Bosque*

En lo que respecta al paisaje de bosque la regulación de nutrientes también es un servicio fundamental, pero se encuentra asociado a la práctica de la agricultura de roza y quema. Según la información recogida durante el trabajo de campo y en fuentes secundarias este método sería anterior a la práctica del majadeo y es considerado por muchos habitantes de la zona como más pro-

ductivo que éste. Sin embargo, en razón del aumento de la presión demográfica que es posible observar en la cuenca desde la segunda mitad del siglo XX, la oferta de áreas de bosques destinadas a este tipo de agricultura no es capaz de satisfacer la demanda ejercida por los pobladores.

Los bosques también proveen plantas medicinales, de alimentos y árboles maderables que son aprovechados sin necesidad de intervenir demasiado en ellos para cultivarlas o manejarlas. La oferta de estas plantas parece corresponder a la demanda en la zona del río Pauto, aunque algunos habitantes perciben una escasez de maderas de buena calidad que puedan utilizarse para construir cercas más durables. Asimismo, no sobra recordar que existen bosques plantados que proporcionan alimento para los seres humanos, el ganado y otros animales o que contribuyen a la conservación del agua. La existencia de estos bosques también es posible gracias a la transferencia de fertilidad que permite la ganadería y cumplen un rol muy importante a pesar de tener áreas muy reducidas y encontrarse separados entre sí.

En la cuenca del río Pauto es posible identificar poblaciones que dependen principalmente de los bosques para su supervivencia. En particular, se destacan los vegueros, quienes aprovechan la formación del suelo característica de los bosques de galería de vega que crecen a las orillas del río y de los caños que desembocan en él. Los servicios de provisión y regulación que utilizan estas comunidades dependen del mantenimiento de la calidad del agua del río, por lo que se sienten especialmente vulnerables frente a la explotación petrolera y al cultivo de arroz. Hasta el momento, no se identificaron servicios estrictamente culturales ofrecidos por el paisaje de bosque que sean aprovechados por estas comunidades. Sin embargo, es importante destacar que el uso de plantas medicinales extraídas del bosque está casi siempre asociado a prácticas mágico-religiosas, cuya existencia depende del acceso a este paisaje. Asimismo, los bosques se constituyen como puntos de referencia del territorio, definiendo los trayectos posibles de las personas por su presencia.

En la tabla 5.3 se puede observar los servicios ecosistémicos identificados para el paisaje de bosques

Ahora bien, dentro del trabajo realizado por los diferentes profesionales de la alianza Yoluka-FHV se reporta los servicios ecosistémicos por cada grupo faunístico y por la flora (Tabla 5.4.).

**Tabla 5.3.** Servicios ecosistémicos identificados para el paisaje de bosque.

Servicios ecosistémicos identificables en el paisaje de bosque	
Servicios de soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación de los nutrientes.</li> <li>• Formación del suelo.</li> </ul>
Servicios de Provisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de alimentos.</li> <li>• Producción de plantas medicinales.</li> <li>• Recursos genéticos de especies de plantas y animales.</li> <li>• Suministro de madera.</li> <li>• Suministro de proteína animal.</li> </ul>
Servicios de regulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y regulación del agua.</li> </ul>

## DISCUSIÓN

Los esquemas de ordenamiento territorial (EOT) de los municipios en donde se realizó el trabajo, buscan salvaguardar las condiciones ambientales, manteniendo a su vez el mayor desarrollo económico local reconociendo los servicios ecosistémicos que prestan las sabanas inundables (Alcaldía de Trinidad 2006; Alcaldía de San Luis de Palenque 2000; Alcaldía de Tamara 2000). Una condición necesaria para llegar a este tipo de modelos es mantener saludables a los ecosistemas del que depende el desarrollo económico de los sectores productivos. Los esquemas de ordenamiento territorial son herramientas para planificar el territorio y asegurar a la población la provisión de la oferta de bienes y servicios ambientales. Esta oferta se encuentra representada en la conformación de la estructura ecológica principal (CORPORINOQUIA 2008) que deben tener en cuenta los EOT's. Para la cuenca del Río Pauto, el POMCA posee su estructura basada en las rondas hídricas, áreas forestales protectoras, áreas de amortiguación de área protegidas, áreas de suelo con capacidad agrícola y otros cuya intervención generan alteración sobre el entorno (CORPORINOQUIA 2008) con el fin de mantener el aprovisionamiento de los servicios ambientales.

En nuestro trabajo se logró identificar los servicios ecosistémicos que fueron reconocidos por las poblaciones locales, y lo registrado en la literatura, que son proveídos por las sabanas, bosques y por cada grupo de fauna presentes en el área de estudio (Tabla 5.4). Estos servicios ecosistémicos son aprovechados por las personas según su preferencia de uso y necesidad. En nuestro caso, las sabanas inundables y los servicios que prestan, tienen un valor para las comunidades, porque estas obtienen un beneficio a partir de su uso, ya sea directa o indirectamente (MEA, 2005). Así pues, los servicios de provisión o valores de uso directo, son aquellos consumidos directamente por la gente, y los de uso indirecto, son beneficios derivados de los bienes y

servicios que proporciona un ecosistema y que son usados indirectamente (Sukhdev, et al. 2008). De manera que, los servicios de provisión para alimentación, uso de materias primas y recursos medicinales, entre otros, los encontramos en la primera categoría, mientras que

el ciclaje de nutriente, polinización, dispersión de semillas y control de plagas y enfermedades en la segunda.

Tabla 5.4. Servicios ecosistémicos provistos por algunas especies de flora, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces en las sabanas inundables de Colombia.

**Tabla 5.4.** Servicios ecosistémicos provistos por algunas especies de flora, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces en las sabanas inundables de Colombia.

Servicios	Tipo de Servicio	Grupo que brinda el servicio	Importancia para el bienestar humano	Fuente
	Biodiversidad	Flora, mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces	Sustento básico para alimento	Dixon J. 1976; Acero-Duarte 2005; Rivera, 2005; Chacón y Orozco, 2006; Chacón et al., 2006; Balzán y Chacón 2007
SOPORTE	Ciclo de nutrientes	Flora, mamíferos, aves, reptiles, peces	Mantenimiento de la salud de los ecosistemas	Hoedeman 1975; San José y Montes, 2001; Lasso 2004; Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Mojica et al., 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Formación de suelo	Flora, reptiles	Mantenimiento de la salud de los ecosistemas	Dixon J. 1976; Kanninen, 2000; Trujillo-González et al., 2011
	Producción primaria	Flora	Mantenimiento de la salud de los ecosistemas	Fisher y Trujillo, 2000; Acero-Duarte 2005
	Polinización y dispersión de semillas	aves, mamíferos, anfibios y reptiles	Dispersión de plantas de interés comercial y ecológico entre ecosistemas	Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012;
	Control biológico	aves, mamíferos, anfibios, reptiles	Control biológico de organismos nocivos para la salud y cultivos	Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012;
PROVISIÓN	Alimento	Flora, mamíferos, aves, reptiles, peces	Sustento básico para alimento	Hoedeman 1975; Lasso 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Rivera 2005; Fernández 2009; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Mojica et al., 2012
	Agua fresca	Flora, peces, anfibios	Sustento básico para alimento	Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Naranjo and Cuarón, 2010; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Materias primas	Flora, reptiles	Recursos económicos	Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Chacón y Orozco 2006; Naranjo and Cuarón, 2010; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Recursos genéticos	Flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles	Recursos económicos, académicos	Naranjo et al., 2004; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Recursos medicinales	Flora, Aves, mamíferos, anfibios y reptiles	Fuente de biocompuestos medicinales	Naranjo et al., 2004; Plata-Rangel 2005; Chacón et al., 2006; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; Peñuela y Fernández, 2010; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Recursos ornamentales	Flora, mamíferos, peces	Recursos económicos	Hoedeman 1975; Lasso 2004; Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; Peñuela et al., 2011; González-Vargas, 2012; Mojica et al., 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	REGULACIÓN	Prevención de disturbios	Flora	Prevención de desastres naturales
Regulación de agua		Flora, peces	Mantenimiento de los cuerpos de agua	Hoedeman 1975; Lasso 2004; Acero-Duarte 2005; Mojica et al., 2012
CULTURAL	Belleza escénica	Flora, aves, mamíferos, reptiles	Deleite estético o espiritual	Roenero-Ibarra, 1988; Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Valor cultural y artística	Flora, aves, mamíferos, Reptiles	Bienestar social	Vargas-Barón, 1996; Misión rural, 1998; Valencia-Aguilar et al., 2012; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012;
	Valor espiritual o religioso	Flora, aves, mamíferos, Reptiles	Bienestar social	Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Rivera 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; González-Vargas, 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012
	Ciencia y educación	Flora, aves, mamíferos, anfibios, reptiles	Bienestar social	Naranjo et al., 2004; Acero-Duarte 2005; Plata-Rangel 2005; Fernández 2009; Naranjo and Cuarón, 2010; León-Sicard et al 2011; Peñuela et al., 2011; González-Vargas, 2012; Valencia-Aguilar et al., 2012

Ahora bien, desde la perspectiva económica de un ecosistema, el flujo de los servicios ecosistémicos está considerado como la utilidad que la sociedad recibe del capital natural (Sukhdev, et al. 2008). La conservación de

ese capital es lo que permite el suministro sostenido de los servicios ecosistémicos, habilitando que se garantice el bienestar local. En el caso de la cuenca del río Pauto, el mantenimiento de estos flujos permite comprender

como funcionan y proporcionan los servicios las sabanas inundables, y como estos vínculos entre sabanas inundables y suministro de los servicios permite la resistencia del mismo para continuar ofreciendo servicios bajo diferentes circunstancias.

De acuerdo al TEEB (2008), existen cada vez más indicios que demuestran que muchos ecosistemas se han visto degradados hasta el punto de acercarse a sus umbrales críticos. Su capacidad para proveer servicios puede verse afectada de acuerdo a la sensibilidad del ecosistema. El nivel de uso de un ecosistema siempre tiene un grado de incertidumbre, acerca de cuanto usar, cuanto transformar antes de sufrir alteraciones irreversibles. Razón por la cual es necesario moderar el uso para mantener la salud del ecosistema y garantizar flujos a largo plazo.

## CONCLUSIONES

Las sabanas inundables proporcionan a las poblaciones locales una inmensa variedad de bienes y servicios, los cuales son utilizados en el mejoramiento de su bienestar. Las comunidades presentes en el área de estudio consideran importante cada uno de los elementos que

se encuentran en el ecosistema de sabanas inundables, como lo son los mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, bosques y propiamente las sabanas puesto que reconocen que los usan de una u otra forma.

Ahora bien, se debe tener en cuenta que la demanda de servicios de los ecosistemas por parte de los beneficiarios y la producción de servicios por los ecosistemas operan a diferentes escalas espaciales y temporales (Anton et al. 2010), por lo que se hace necesario realizar estudios a diferentes escalas, para poder comprender las interacciones existentes que resultan del uso de la naturaleza, la sociedad y la economía.

Se debe hacer uso de las diferentes herramientas de planificación como el Plan de Acción en Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, 2005 – 2015 (Correa, Rios & Arévalo 2006), el POMCA de la cuenca del río Pauto y la forma de administración de los municipios presentes en la cuenca, los cuales buscan que estos sean la brújula que posicione la conservación de la biodiversidad y los beneficios de esta, a la economía local, disminuyendo los impactos por el uso del territorio y buscando una distribución de los beneficios derivados de conservar ecosistemas tan singulares como las sabanas inundables.



# CAPÍTULO

# 6



## VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTO

*Virginia Salazar Bermúdez*

### INTRODUCCION

La cuenca del Río Pauto, se encuentra entre los municipios de Nunchía, Támara, Pore, San Luis de Palenque, y Trinidad. Estos cinco municipios tienen un esquema de ordenamiento territorial, a través del cual se busca salvaguardar las condiciones ambientales, y mantiene a su vez el mayor desarrollo económico local (EOT San Luis de Palenque, 2008). Una condición necesaria para llegar a este tipo de modelos es mantener saludables a los ecosistemas del que depende el desarrollo económico de los sectores productivos.

Los esquemas de ordenamiento territorial son herramientas para planificar el territorio y asegurar a la población la provisión de la oferta de bienes y servicios ambientales. El Plan de Ordenamiento de la Cuenca (POMCA) del río Pauto, posee su estructura basada en las rondas hídricas, áreas forestales protectoras, áreas de amortiguación de área protegidas, áreas de suelo con capacidad agrícola y otros cuya intervención generan alteración sobre el entorno (CORPORINOQUIA 2008) con el fin de mantener el aprovisionamiento de los servicios ambientales.

Desde la perspectiva económica de un ecosistema, el flujo de los servicios está considerado como la utilidad que la sociedad recibe del capital natural (Sukhdev P.

et al. 2008). La conservación de ese capital es lo que permite el suministro sostenido de los servicios ecosistémicos, habilitando que se garantice el bienestar local. En el caso de la cuenca del río Pauto, el mantenimiento de estos flujos permite comprender como funcionan y proporcionan los servicios las sabanas inundables, y como estos vínculos entre sabanas inundables y suministro de los servicios permite la resistencia del mismo para continuar ofreciendo servicios bajo diferentes circunstancias.

De acuerdo a Sukhdev, P. y colaboradores (2008), existen cada vez más indicios que demuestran que muchos ecosistemas se han visto degradados hasta el punto que se acercan a sus umbrales críticos. Su capacidad para proveer servicios puede verse afectada de acuerdo a la sensibilidad del ecosistema. El nivel de uso de un ecosistema siempre tiene un grado de incertidumbre, acerca de cuanto usar, cuanto transformar antes de sufrir alteraciones irreversibles. Razón por la cual es necesario moderar el uso para mantener la salud del ecosistema y garantizar flujos a largo plazo.

La pérdida de diversidad de un ecosistema, asigna una serie de costos individuales y colectivos, siempre relacionados con el bienestar (Sukhdev P. et al. 2008). Por el contrario, la conservación genera oportunidades que se transforman en una mayor calidad de vida, pero

estas oportunidades deben estar cuantificadas a través de los beneficios y la utilidad sostenible del ecosistema. Para el caso de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, se tiene como objetivo de este ejercicio valorar el aporte de los bienes y servicios ambientales a la economía local generados por la conservación.

En el marco de la planificación hacia el desarrollo del departamento, las herramientas existentes establecen sinergias entre la economía y los ecosistemas. Los costos y beneficios de asignar valor a ciertas áreas, como el de las sabanas inundables, permite captar el valor de la conservación de estos ecosistemas que están experimentando cambios por las nuevas formas de producción y manejo de los ya existentes. Los beneficios de proteger los ecosistemas suelen ser mayores que los costos. La pregunta relevante es, ¿la conservación es un buen negocio para la sociedad?, pero ¿es buen negocio para las personas y los sectores presentes en esos ecosistemas? Para contestar a este cuestionamiento la metodología a usar en este estudio será a través de la revisión y análisis de la dependencia de la conservación sobre la dinámica de la producción. La segunda parte del documento establece un análisis costo beneficio sobre el aporte de bienes y servicios de las sabanas inundables seleccionadas a los sectores productivos seleccionados.

## MARCO CONCEPTUAL

El enfoque ecosistémico, promueve el estatus de los diferentes factores económicos, el manejo ambiental y los intereses de la sociedad con el objetivo de fomentar la salud del medio ambiente. De acuerdo con Hancock (1990), el conjunto de estos factores afecta la salud del ecosistema, provocando el detrimento de uno, sobre los otros. Este tipo de enfoque hace parte del desarrollo sostenible. Al mejorar las acciones de forma positiva en el ambiente mejora el bienestar de una sociedad.

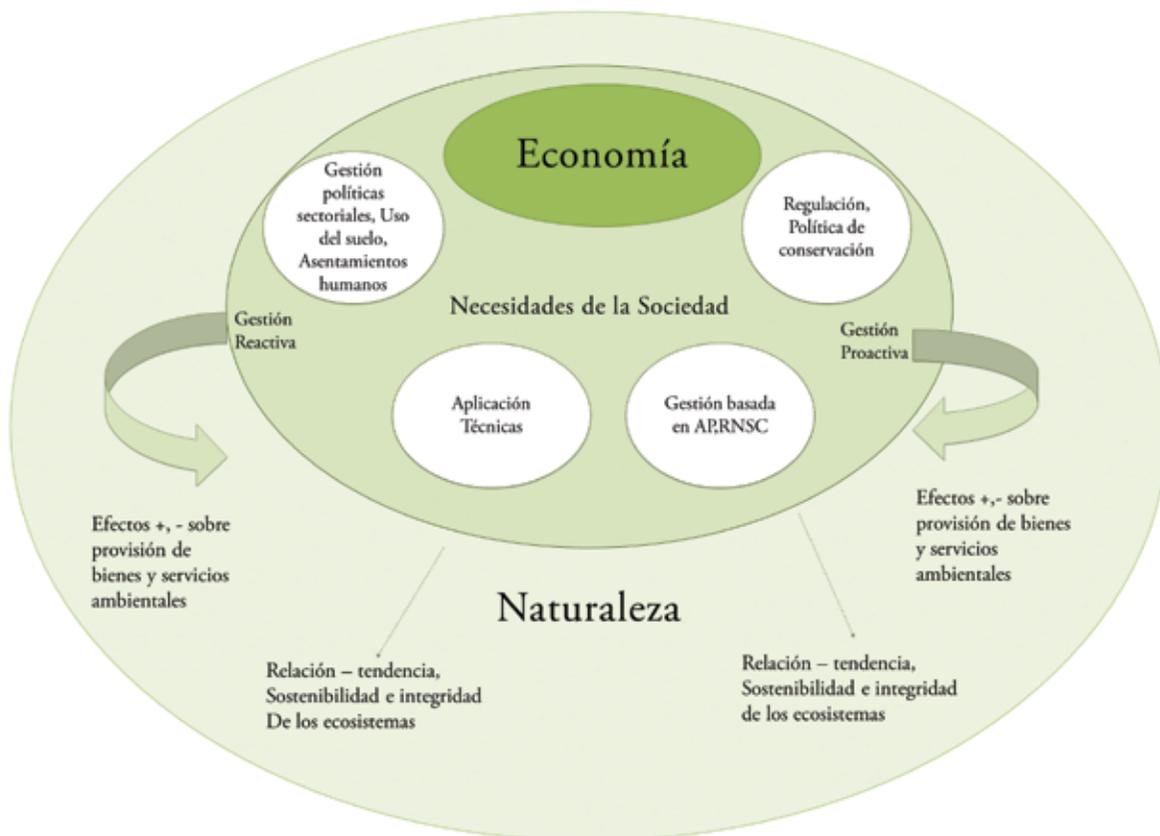
Para afrontar los efectos de forma apropiada de la degradación de un ecosistema, es preciso trabajar en la salud de estos. Un ecosistema es un sistema natural en el que organismos (plantas, animales, personas y otros) se relacionan dentro de un espacio geográfico. Estos organismos tienen la capacidad de sobrevivir y desarrollarse sólo por las relaciones que sostienen en el mismo, así como las funciones que dependen de ellos. (Economía y Biodiversidad, 2007). Cuando se habla de la salud de un ecosistema, se determina una medida de referencia de la capacidad que un ecosistema tiene para mantener su organización y autonomía a través del tiempo, ya

que los factores naturales y antropológicos pueden distorsionar las relaciones existentes y alterar el equilibrio del sistema (Centro para la sostenibilidad ambiental, 2011). Cuando esta capacidad se ve afectada, se presenta pérdida de biodiversidad, se afecta la integridad ecológica y los ecosistemas son incapaces de ofrecer servicios ecosistémicos de los cuales depende el bienestar humano (Economía y Biodiversidad, 2007).

El resultado de la evaluación permitirá llegar a la valoración de los costos y beneficios de estas tendencias sobre los procesos productivos y las afectaciones de estos sobre el bienestar de la comunidad de la cuenca del Pauto. Como lo muestra la figura 6.1, el propósito es la búsqueda de las interacciones de los tres principales factores que influyen sobre la salud de los ecosistemas de sabana inundable. Definir y captar el valor de estas, será el principio básico de estimación de los costos y beneficios para generar el menor impacto posible sobre los ecosistemas.

A pesar de que en los últimos años se está mirando los ecosistemas del Orinoco, hay ejercicios de evaluaciones locales sin tener en cuenta un enfoque ecosistémico, estando limitado a la aplicación de políticas y estrategia de gestión. Uno de los aspectos limitantes para poder basar la gestión del paisaje de sabanas inundables están enfocados a la dificultad de encontrar unos indicadores de los servicios de este ecosistema, conocer las relaciones entre los diferentes servicios, ajustar las escalas entre ecología y política. Se hace necesario representar el enfoque ecosistémico para la cuenca del río Pauto, de tal manera que se generará un análisis de los servicios que pueden ser aplicados a diferentes estrategias de gestión en la conservación del paisaje de sabana inundable y sus servicios. El desarrollo de este ejercicio busca la integración de los servicios de los ecosistemas, para complementar y agregar valor a las diferentes estrategias de conservación que existen en torno al paisaje de sabana inundable.

Las necesidades sociales están basadas en la provisión de bienes y servicios ambientales. Este vínculo entre naturaleza y economía es lo que permite llegar a unos niveles de bienestar de las sociedades. Por ende, las actuaciones sobre estas necesidades definen la gestión de las políticas sectoriales, así como la sostenibilidad e integridad de los ecosistemas. Por tanto, la forma en que se interactúe con el medio ambiente propende a que se definan esquemas de relaciones basadas en la gestión



**Figura 6.1.** Esquema de relaciones para el mantenimiento de la oferta y demanda de los servicios ecosistémicos.

de los sistemas ecológicos inclinándose a mantener una gestión basada en el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas. Estas relaciones se vuelven circulares en la medida que sea reconocido y captado el valor de los servicios ecosistémicos y su contribución al bienestar de las sociedades y a la calidad de vida. Para alcanzar este tipo de enfoques de la gestión del territorio, es preciso evaluar los servicios ecosistémicos y su funcionalidad e incidencia en las políticas de desarrollo rural y gestión del territorio.

Para la valoración económica, partimos que la cuenca del río Pauto presenta la misma dinámica económica del departamento del Casanare (CORPORINOQUIA 2008). Los sectores productivos presentes son, por un lado el agropecuario, a través de la siembra de arroz y la ganadería extensiva, y por el otro el de hidrocarburos. Por lo anterior, el análisis realizado sólo se refiere a estos sectores debido a la importancia de los mismos en la ponderación sobre el producto interno bruto regional. Le siguen en importancia la palma de aceite pero este todavía no ha llegado a la edad de producción, razón por la cual no se tiene en cuenta en este análisis.

Los servicios ambientales pueden ser valorados de for-

ma económica tal que permitan fácilmente comprender y estimar los beneficios que ofrecen estos. La valoración, se ha planteado como una estrategia viable para promover la conservación, ya que al tener un valor económico los servicios pueden ser apreciados fácilmente. Por ejemplo, el mantener las sabanas inundables saludables permite la provisión de agua de ciertos meses del año para la salud del ganado presente en el territorio, alimento como pescado, regulación de caudales, hábitat de algunas especies, que hacen parte de la canasta familias, de forma tal que las personas que viven cerca de la cuenca obtienen beneficios directos de estas sabanas de forma natural. Si estos servicios o recursos no fueran provistos de forma natural, y se necesitaran mecanismos artificiales tendrían costos económicos diferentes y elevados.

Los servicios ambientales que generan las sabanas inundables pueden tener asociado un valor económico. Para este caso se deben hacer cuestionamientos sobre los beneficios que brindan las sabanas inundables a los procesos productivos del departamento. Se hace importante estimar el valor económico de los beneficios de mantener los procesos naturales de un ecosistema, para la futura toma de decisiones.

## ¿Cómo se valoran los servicios ambientales?

Desde la perspectiva económica existen diversos métodos para asignar valor a los servicios ambientales, Farber et al. (2002) y de Groot et al. (2002) proponen seis diferentes metodologías. Estas metodologías lo que permiten es encontrar unidades de medida que demuestren ese vínculo entre los ecosistemas y la economía. A través de esas medidas se llegan a los diferentes flujos de valor que tiene la sociedad sobre los diferentes servicios ecosistémicos.

Por lo anterior se puede deducir que no existe un proceso único de valoración que sea recomendable para cada una de las situaciones que se presenten. El enfoque que se sugiere aquí es de adaptación a las circunstancias individuales del territorio. Es por esto que se sugieren tres pasos para llegar a la valoración aproximada de la salud de los ecosistemas de sabanas inundables.

**Paso 1.** Identificar y evaluar, el conjunto completo de los servicios ecosistémicos de la sabana inundable seleccionada y priorizadas, ya sea por su afectación o por los beneficios que genera al proceso productivo seleccionado.

**Paso 2.** Calcular y demostrar el valor de los servicios ecosistémicos a través de los métodos apropiados, en este caso un análisis costo beneficio de los usos concretos de la biodiversidad. Analizar las conexiones sobre escala y tiempo que afectan al momento y el territorio analizado.

**Paso 3.** Captar el valor de los servicios ecosistémicos de las sabanas inundables y buscar soluciones para evitar que se subestimen o no se valoren, usando como instrumento unas políticas con firmes bases económicas.

Estos tres pasos permiten mantener un esquema de sobre qué y cómo, se debe valorar un ecosistema. No es una tarea fácil, por el contrario exige una cuidadosa selección y aplicación de la metodología a usar de acuerdo a la situación específica que se esté analizando. Las buenas prácticas en valoración y la aplicación del método de manera rigurosa permitirán obtener resultados precisos y de alta confiabilidad. El ejercicio que se abordará con la cuenca del río Pauto, es eficiente en el sentido de obtener resultados en un tiempo corto pero estos deben interpretarse con precaución ya que las aproximaciones a las que se puedan llegar obedecen a resultados de otros estudios y no información generada de primera mano.

## METODOLOGÍA

Los procesos de valoración permiten apoyar las políticas que se estén gestionando para administrar el territorio del río Pauto. Los diferentes cálculos aproximados que se establecerán a través de este ejercicio van a apoyar que se asuma o no ciertas posiciones sobre la forma en la que se vienen planificando la cuenca. La tabla 6.1 presenta algunas de las metodologías y técnicas de valoración económica. Escoger cual es la más adecuada al momento de establecer relaciones entre el uso de los recursos y el valor que la sociedad otorgan por ellos de-

**Tabla 6.1.** Métodos principales para valorar servicios ambientales. Tomado de Mendoza 2009

Método	Descripción
Costo de reemplazo	Evalúan el reemplazo de los servicios ambientales por sistemas que pueden brindar el mismo servicio. Ej. Planta de tratamiento de agua por humedal
Costo evitado	Se usa para estimar el valor con base en los costos que implica la pérdida de un servicio ambiental.
Costos de viaje	Estima los costos de viaje generados por el servicio ambiental recreativo
Factor de ingreso	Medida del incremento del ingreso económico generado por los servicios ambientales. Ej. Mejor hábitat para peces, mayor ingreso para los pescadores.
Transferencia de valor	Adapta información derivada de un estudio previo hacia una nueva zona con el fin de hacer inferencias acerca del valor económico de los bienes y servicios.
Valoración contingente	Se estima por medio de cuestionarios, con base en lo que la gente está dispuesta a pagar para mantener un buen servicio ambiental
Análisis hedónico	Supone que el valor de un servicio ambiental está implicado en la disponibilidad a pagar un servicio a través de la adquisición de un bien.

pende de la necesidad directa que se percibe por estos. La cuenca del río Pauto presenta una economía basada en la dependencia de sus bienes y servicios ambientales, teniendo en cuenta esta dependencia y la escasez de información sobre los diferentes atributos de los servicios ambientales se decide por hacer uso del análisis costos - beneficio.

Se escoge esta técnica porque el análisis costo beneficio es una herramienta para la toma de decisiones en las políticas públicas, ya que permite medir de manera sistemática los posibles impactos de una medida o una acción y compararla a escala económica. El análisis costo – beneficio implica de forma simple traducir servicios ambientales a valores monetarios.

Establecer una valoración económica permite ver las diferentes relaciones en cuanto al uso y los beneficios generados por los ecosistemas. Para esto es necesario evaluar los cambios en los ecosistemas en términos biofísicos. Los diferentes beneficios aportados por los ecosistemas son indirectos, así mismo la presión sobre estos se percibe cuando se provoca un disturbio sobre las funciones que estos deben ejercer. Es por esto que la valoración debe basarse sobre las características biofísicas y el objetivo, es medir las preferencias de las personas en cuanto a los servicios aportados por dichos ecosistemas Sukhdev P. et al. (2008).

En el momento de escoger el método costo beneficio, se establecieron los siguientes criterios de selección: 1. Que expresara una medida monetaria, 2. Que relacione la demanda de un bien o servicio ambiental no observado, en este caso la regulación por el agua. Adicionalmente no se tenían los recursos suficientes para establecer trabajo de campo para obtener la información precisa de los distintos sectores productivos en terreno, unido al hecho de encontrar un territorio amplio para explorar en tan poco tiempo. Estas razones primaron para escoger un método que puede desarrollarse con información secundaria para establecer una aproximación a una medida monetaria.

Se escoge entonces este método porque a través de él, se pueden aproximar valores de mercado existentes, con información secundaria valiosa como la que se genera a través de la encuesta anual agropecuaria, las estadísticas de Fedearroz y Fedegan.

### *Materiales*

La información para poder establecer este análisis se

basó en información secundaria. Información reportada de las bases de datos de FEDEARROZ y FEDEGAN y algunos datos de la Encuesta Anual Agropecuaria para poder comparar precios y estadísticas. En cuanto a información para aproximar la disponibilidad a pagar por el abastecimiento del recurso agua está se concentró en la información reportada a través del POMCA del año 2008 (CORPORINOQUIA 2008).

Para establecer todas las relaciones de bienes y servicios ambientales es preciso encontrar todos los atributos relacionados con el bien que se está investigando. Para el recurso hídrico se tienen relacionados sólo los de regulación. El servicio ambiental de regulación de agua, está contenido por los atributos de regulación de caudal; calidad y control de erosión y por último con el abastecimiento de agua para consumo de la población o uso de los diferentes sectores productivos. Así mismo se tienen servicios no asociados como la recreación por el uso de fuentes superficiales y cultura por el agua. Todos estos servicios deben poder medirse para definir un solo servicio ambiental agregado. No se tiene información suficiente de las diferentes medidas, razón por la cual, luego de establecer toda una investigación de fuentes secundarias sólo se contaba con las concesiones de agua para los distritos de riego que son usados para el abastecimiento de agua de los sectores productivos. Esta concesión es la única aproximación que se tiene para establecer la relación del servicio con una unidad de medida de aproximada.

### *Métodos*

La identificación de los costos y los beneficios, es el paso para determinar de manera cualitativa, los impactos positivos y negativos que se generan por los usos de los bienes y servicios ambientales de la cuenca. La forma de medirlos está enfocada a la cuantificación en unidades físicas y la valoración de estos beneficios y costos, consiste en realizar una transformación de esas unidades físicas del uso de los bienes y servicios, en indicadores económicos, mediante el uso de precios de los recursos usados.

Para el caso de las sabanas inundables los atributos a valorar se definieron a través de las características de estos. De acuerdo a la información secundaria indagada se sugiere establecer relaciones a través de los servicios de regulación del agua, pero lo encontrado se circunscribió a las diferentes concesiones de agua que tienen los sectores de arroz y ganado. Para la minería los atri-

butos a valorar se refieren a las características y servicios del suelo como insumo para desarrollar la actividad petrolera y la información. Sin embargo la información disponible recopilada no fue suficiente para establecer esta relación.

El esquema general para el análisis de costo-beneficio se presenta de la siguiente manera:

1. **Identificar los beneficios para los usuarios de los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Pauto:** El desarrollo de este primer paso se basó en la identificación de los posibles usos y usuarios del recurso agua. En este caso los usuarios son todos aquellos que se benefician del recurso y pagan o no por este.

2. **Cuantificar estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos:** La estimación de los ingresos radica en la cuantificación de los precios y las cantidades vendidas de los diferentes productores de arroz y ganado. Estos ingresos para el caso del arroz, son los percibidos por los tipos de arroz que se tienen sembrados en la cuenca, arroz seco y arroz para riego. Para el caso del ganado, las cabezas de ganado son la estadística necesaria para multiplicar los precios por las cantidades. El resultado de esta operación es lo que se aproxima como beneficio.

3. **Identificar los costos:** La identificación se realiza con base en la información reportada por la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) y la de Fedegan. Esta radica en la verificación de los diferentes insumos necesarios para la producción de arroz y los requerimientos para el mantenimiento y levante del ganado hasta su comercialización.

4. **Cuantificar los costos en términos monetarios para permitir comparaciones:** Los costos estimados fueron el resultado de definir las necesidades de producción de cada sector. En el caso del arroz, se incluyen los insumos como asistencia técnica, arriendo, preparación del terreno, riego, fertilizantes, protección y recolección. Todos estos tienen un precio y una cantidad. Estas variables se multiplican entre sí y el agregado de ellas es el valor del costo estimado para este sector.

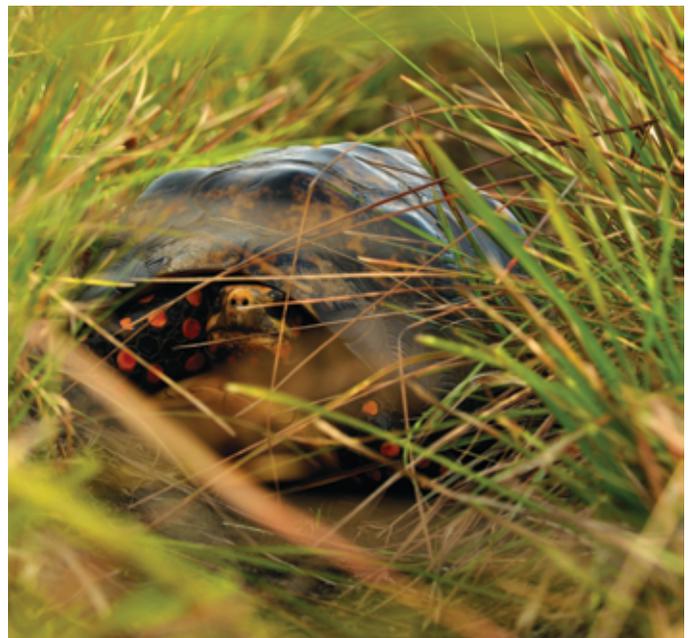
Lo mismo ocurre con el sector de ganado, las variables son mano de obra, compra de animales, alimentación de los mismos, transporte, maquinaria y otros que hacen parte de la producción.

5. **Establecer una razón costos beneficios equivalentes:** El análisis costo-beneficio, puede tomar valores mayores, menores o iguales a 1, esto implica lo siguiente;

$B/C > 1$  implica que los beneficios son mayores que los costos, entonces la situación presente en la cuenca no implica un conflicto por el uso del recurso.

$B/C = 1$  implica que los beneficios son iguales que los costos, en este caso la situación de la cuenca es indiferente a los usos y los beneficios presentes.

$B/C < 1$  implica que los beneficios son menores que los costos, entonces la situación es crítica, se están presentando mayores costos por el uso del suelo que dejarlo en conservación.



## RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. **Identificar los beneficios para los usuarios de los servicios ecosistémicos de la cuenca del Río Pauto.**

En este caso los usuarios son todos aquellos que se benefician del recurso y pagan o no por este. En la parte media y baja de la cuenca se tienen usuarios domésticos pero no hay acueductos veredales para establecer una relación visible de pago por el servicio del recurso.

Todas las actividades sociales y económicas de la cuenca del río Pauto están supeditadas al uso del agua. De acuerdo con lo encontrado los usos son los siguientes: uso doméstico, uso agroindustrial y uso agrícola.

El primer uso del agua es con fines de consumo huma-

no y domésticos en la cuenca del río Pauto, estos están destinados actualmente a satisfacer prioritariamente las demandas de las concentraciones humanas localizadas en las cabeceras municipales de Támara, Pore, San Luis de Palenque, Trinidad y Nunchía. Así mismo, el segundo uso predominante en la cuenca del río Pauto es el uso agrícola que está relacionado directamente con la presencia de distritos de riego formales, o captaciones superficiales o subterráneas informales destinados a satisfacer los requerimientos de agua de los cultivos que se siembran particularmente en la parte media y baja de la cuenca (pedemonte y llanura).

Los distritos de riego son Tascosa, Chicamocha, Cazadero, Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras (ASOPROCANAL) y Asociación de Usuarios del Río Pauto (ASUPAUTO) tienen como fuente de suministro una fuente superficial, el río Pauto. Las bajas eficiencias del uso y manejo del agua en la conducción, distribución y riego a nivel de finca, los frecuentes problemas de inundación y el acarreo de materiales sólidos presentes en las aguas del río Pauto en los predios ubicados a continuación de las áreas bajo riego permanente, son costos que no son calculados por los pobladores pero sí percibidos por estos. (CORPORINOQUIA 2008).

Los usos pecuarios en la cuenca del río Pauto se refieren a aquellos usos destinados a satisfacer los requerimientos vitales de las especies animales en sus diferentes sistemas de producción (natural, extensivo, intensivo y mixto). En comparación con el uso agrícola, la naturaleza del uso pecuario difiere en su concepción, es decir, mientras que en el uso agrícola se construyen infraestructuras rústicas o mejoradas localizadas en puntos previamente definidos, lo cual permite realizar estimaciones de volúmenes de consumo aproximados con unos dispositivos diseñados para este fin, en el uso pecuario no es posible lograr este cometido, por la naturaleza semoviente de los animales, particularmente en los sistemas extensivos que es lo común en la cuenca, en los que el consumo de agua se realiza de fuentes diversas (ríos, quebradas, caños, aguas lluvias, aguas estancadas, aguas residuales, etc.) y de manera aleatoria, transitoria e impredecible (CORPORINOQUIA 2008: capítulo 8: Diagnostico ambiental).

A partir de lo anterior y con base en diversas fuentes, se realiza el análisis costo beneficio para la producción de arroz y del ganado en la Cuenca del río Pauto.



### *Sector arrocero (usos agrícolas)*

#### **2. *Cuantificar estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos:***

Los beneficios generados por el uso del agua a través de los distritos de riego se dan de la siguiente forma. De acuerdo con la información del POMCA registrada en la tabla de valoración, estado actual y gestión del agua con fines de uso agrícola, hay 5 distritos de riego, de los cuales hay información completa para 3 de ellos (La Tascosa de Pore, Agrícola Chicamocha o La Toma, Cazadero y San Nicolás de Nunchía). Los restantes dos distritos de riego ASOPROCANAL y ASUPAUTO de Nunchía no cuentan con información de número de usuarios ni de área regada en número de hectáreas. Es importante mencionar que de acuerdo con el Acuerdo No. 1100.02-2.11.004 del 21 de junio de 2011 de CORPORINOQUIA, la tasa por utilización de aguas Superficiales es de \$0,81/m<sup>3</sup> (este valor es la aproximación a la disponibilidad a pagar por el agua) para usos diferentes a los domésticos. (CORPORINOQUIA 2008).

Se encuentra que hay para el distrito de la Tascosa un caudal captado de 1.300 litros por segundo para el verano y 2.600 para invierno. El área regada es de 10.541 hectáreas, de las cuales el 70% corresponde a cultivos de arroz.

En el distrito Agrícola de Chicamocha o la Toma presenta un caudal promedio de 1.124 litros por segundo en verano y 2.248 en invierno, para un área regada de 1.760 hectáreas, de las cuales el 90% de dirige a riego de arroz.

Frente al distrito de riego Cazadero y San Nicolás, el caudal captado en verano es de 250 litros por segundo y de invierno es de 500, lo cual llega a un área de 477 hectáreas, de las cuales el 80% corresponden a arroz.

Dado lo anterior, se encuentra que el valor total del agua tomada por los tres distritos de riego dedicada al arroz es de \$80.178.149,38 por año, y se encuentra además que hay un total de 12.778 hectáreas regadas, pero las que corresponden a las dedicadas al cultivo de arroz son 9.344. De lo anterior se deduce que por cada hectárea regada se pagan \$6.274 por año. Es importante mencionar que en promedio un cultivo de arroz tarda 4 meses en desarrollarse. Por lo tanto, \$2.091 pesos es el aporte del agua de la cuenca en el cultivo del arroz.

Finalmente, se encuentra que el valor total del agua de los distritos de riego dedicados al arroz es de \$19.544.234,39. En el anexo 3, se presentan los cálculos estimados del análisis costo beneficio.

**3. Identificar los costos:** Las estimaciones se realizan con base en la información reportada por la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz)<sup>1</sup>. En primer lugar se tomaron los costos de producción por hectárea promediando los valores para arroz, tanto de riego como secano, para obtener el costo de producción.

**4. Cuantificar los costos en términos monetarios para permitir comparaciones:** Los costos de producción son de \$35.255.464.553,40 para el arroz en la cuenca irrigada (9.344 hectáreas) por los distritos de riego, y esto se compara con los \$19.544.234,39 de beneficios que se derivan del uso del agua proveniente del río Pauto a través de las concesiones.

**5. Establecer una razón costos beneficios equivalentes:** El análisis costo-beneficio, puede tomar valores mayores, menores o iguales a 1, esto implica lo siguiente: los costos de producir superan en una muy alta proporción a los beneficios derivados de la cuenca del Río Pauto, medido a través de la utilización del agua de los distritos de riego. Esto ya que hay una relación beneficio costo de **0,00055**. Lo anterior, muestra que los beneficios son menores a los costos, y por lo tanto se presentan mayores costos por el uso de la cuenca que por su conservación.



## Sector ganadero (uso pecuario)

**2. Cuantificar estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos:** Frente a los beneficios, según el POMCA, la producción de ganado en el área de influencia del río Pauto tiene una demanda de 28,05 litros de agua por segundo. Esto se traduce en que para la producción de una cabeza de ganado, el aporte del agua de los distritos de riego es de \$35.043 durante los 18 meses que tarda en promedio la cría de una cabeza de ganado. Ahora, se tiene que el área de influencia de los distritos de riego tiene 37.864 cabezas de ganado en su área, lo cual equivale a un aporte total de \$1.326.877.200 en términos de agua por parte de los distritos de riego.

**3. Identificar los costos:** Frente al análisis del ganado, se realiza la estimación del costo de producción del ganado con base en la información de Fedegan<sup>2</sup>.

**4. Cuantificar los costos en términos monetarios para permitir comparaciones:** En términos de costos de producción, se encuentra que de acuerdo con la distribución encontrada en la Cuenca del río Pauto, se tiene que aproximadamente el 60% de las cabezas de ganado son hembras y el 40% son machos. Con base en esta información se halla el promedio de costos de producción de una cabeza de ganado, que es de \$1.128.693. Por su parte, el costo de producción de las 37.864 cabezas de ganado que, según el POMCA hay en la zona de influencia de los distritos de riego, es de \$42.736.828.472.

<sup>1</sup>Tomado de la Página Web: <http://www.fedearroz.com.co/new/precios.php>.

<sup>2</sup>Tomado de la Página Web: [http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL/ESTADISTICAS1/COSTOS%20DE%20PRODUCCION/2010\\_08\\_11\\_SISTEMA\\_DE\\_PRODUCCION.PDF](http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL/ESTADISTICAS1/COSTOS%20DE%20PRODUCCION/2010_08_11_SISTEMA_DE_PRODUCCION.PDF)

**5. Establecer una razón costos beneficios equivalentes:** Por los puntos anteriores, la relación beneficio den sector ganadero costo es de **0,031**. Esto quiere decir que los beneficios son menores que los costos, lo que muestra una situación crítica, ya que se presentan mayores costos por el uso de la cuenca que por su conservación.

### Aporte de la minería a cuenca media y baja del Río Pauto

El sector minero dentro del Departamento de Casanare, aporta la mayor participación a la economía y al bienestar de la población. Esto es cierto pero sólo en términos de participación al Producto Interno Bruto (PIB) y en algunos indicadores de crecimiento como PIB per cápita. Es explícito el aporte a través de las regalías que son generadas para los municipios productores, pero por el proceso de distribución estos municipios no perciben unas rentas significativas por la explotación comparadas con los costos que se supone se generan en términos de servicios ambientales.

La ampliación de los posibles beneficios se extiende a otros sectores, tales como el sector secundario y de servicios al igual que el sector financiero, estos muestran el comportamiento típico de una economía extractiva y por lo tanto un tamaño muy pequeño pero que sirve de apoyo a las actividades económicas existentes. El tamaño de economías más fuerte establecidas a corta distancia como en los municipios de El Yopal y Paz de Ariporo ofrecen los servicios que requiere el sector productivo de Pore. (Cámara de Comercio de Casanare 2008).

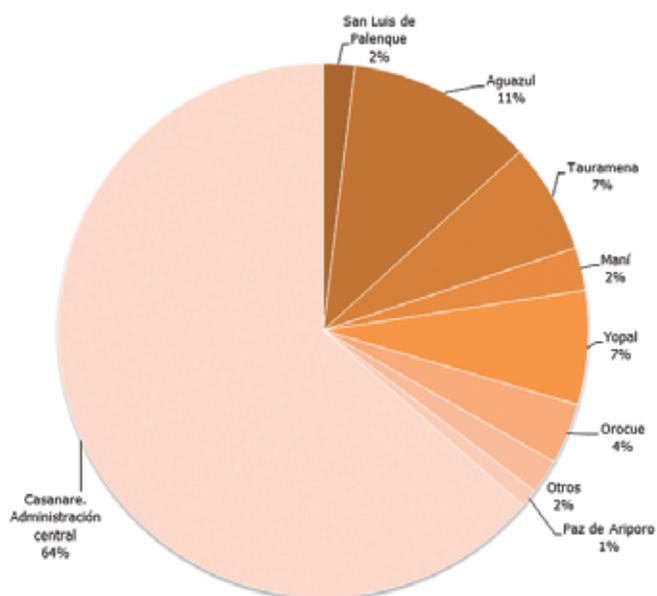
A partir del 1 de enero de 2012, las regalías tomaron otra forma de distribución. Los recursos se distribuirán en todos los departamentos del país a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI), Fondo de Desarrollo Regional (FDR) y Fondo de Compensación Regional (FCR). Adicionalmente se ahorrará a través del Fondo de Ahorro y Estabilización (FAE) y del Fondo de Ahorro Pensional Territorial (Fonpet) (Sistema Nacional de Regalías, 2013)<sup>3</sup>. Ninguna de estas instancias tiene incluidas las actividades de gestión o protección de los territorios donde se tiene actividades de explotación de minería. Los incentivos, el desarrollo y la restauración está encaminada al “desarrollo social y territorial” desconociendo los costos ambientales que pueda traer la explotación de un recurso no renovable.

### Regalías por producción de hidrocarburos en Casanare

<sup>3</sup><http://sgr.dnp.gov.co/QuiénesSomos/SobreelSGR.aspx>

Con base en la información elaborada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en su página web, las regalías liquidadas y giradas a los diferentes municipios, y departamentos en Colombia en el año 2011 por producción de hidrocarburos fue un total de 2 billones de pesos, representados en un aumento del 23% en comparación con el 2010. Casanare fue uno de los departamentos que apuntala la lista de mayores productores, junto con el Meta. Juntos percibieron un total de 621 miles de millones de pesos.

La figura 6.2 presenta la participación del departamento y de algunos municipios que recibieron estos giros por concepto de regalías. Dentro de la Cuenca del río Pauto, los municipios que mayor aporte recogieron por la regalías directas fueron San Luis de Palenque y Trinidad. Pore y Nunchía recibieron pero se encuentran en la categoría “otros”.



**Figura 6.2.** Participación de la administración central departamental y los municipios en los giros de regalías por producción de hidrocarburos. Enero a abril 2011.

De acuerdo al informe de la ANH, los valores por concepto de regalías deben ser invertidos a temas de educación, salud y saneamiento básico. Programas que deben ejecutarse teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada municipio beneficiado. Así mismo, el Departamento Nacional de Planeación (DNP), los proyectos de inversión están definidos en los planes territoriales de desarrollo. Para los departamentos el 90% de los recursos deben destinarse a proyectos priorizados en nutrición y seguridad alimentaria y un 10% a la interventoría técnica. Si no se cumplen los porcentajes de coberturas, las regalías deben invertirse así:

- Cobertura salud, educación, agua potable, alcantarillado, mortalidad infantil: 60%
- Proyectos priorizados: 30%
- Interventoría: 10%

Esta asignación es igual para los municipios, pero con la diferencia que la cobertura en salud aumenta un 75%. En los proyectos presentados por el Departamento del Casanare desde el 2008 con los recursos de las regalías el denominador común son proyectos que buscan cumplir con los lineamientos normativos, debido a su destinación específica. Se hace necesario establecer un análisis de efectividad del gasto de estos proyectos y mostrar si en efecto cumplen sus funciones dentro del territorio, ya que ninguno está relacionado con la solución de los posibles impactos que genera la exploración y explotación de hidrocarburos.

Los objetivos de desarrollo integral y sostenido del Casanare, se basan no sólo en los recursos generados por el departamento, sino que también se da prioridad a aquellos generados por las regalías. Ahora bien, para mejorar la situación actual del territorio se hace necesario mejorar la investigación y provisión de los servicios de la producción, no sólo de los hidrocarburos, así como el impacto de esta explotación al territorio, ya que toda la documentación encontrada presenta sólo lo positivo de la explotación y son las regalías generadas por este sector.

### *Requerimientos*

Aunque ya existen líneas específicas para el gasto de las regalías bajo una reglamentación y orientación del gasto, es preciso que para mostrar el impacto positivo de estas, los beneficiarios directos presenten estrategias de gasto que puedan ser incluidas en esas especificidades, tales como:

- El establecimiento de nuevos sistemas productivos, como está ocurriendo en parte de la cuenca debe ir acompañado de investigación y desarrollo de esas alternativas productivas para conocer los diferentes factores que pueden impactar el territorio.
- Los objetivos de seguridad alimentaria en una zona que supone uno de los PIB per cápita más alto del país es contradictorio con la realidad. Es decir si los proyectos de inversión en regalías deben ir destinado en un 90% a seguridad alimentaria demuestra que el de-

partamento mantiene un índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) alto. La disposición de esas regalías sí deben contribuir con programa de seguridad alimentaria, pero mejorando el nivel de vida de la población, especialmente con la provisión de servicios sociales básicos.

- Aunque parte de la Orinoquía, está priorizada para conservación, es preciso que la institucionalidad trabaje conjuntamente con el sector de hidrocarburos para la puesta en marcha de estrategias de conservación de estas sabanas inundables, logrando zonificar de acuerdo a las potencialidades del territorio, planificar acciones de desarrollo de acuerdo a la zonificación planteada y establecer mecanismos efectivos de cumplimiento y control sobre el uso del territorio.

El ejercicio realizado en este documento como se dijo anteriormente no incluyó un análisis costo beneficio, pero con base en el diagnóstico se pueden establecer algunas consideraciones generales, que pueden convertirse en recomendaciones para ser usadas por la institucionalidad presente en el territorio e incorporarlas en los mecanismos de planificación:

- La explotación de hidrocarburos, hace parte de las locomotoras de desarrollo del país, pero esto no debe reñir con la asignación de una mayor proporción al financiamiento del crecimiento de las regiones donde se explota, evitando al mismo tiempo deteriorar el medio ambiente y otros recursos de la zona. Es imprescindible presentar información de impacto ambiental e incorporar los costos ambientales para determinar realmente el valor positivo de las regalías que son giradas a los departamentos y municipios productores.
- La colonización que se presenta por la apertura y exploración de carreteras para hacer posible la exploración y explotación de hidrocarburos, debe estar acompañada de la adopción de modelos de producción agropecuarios sostenibles y la protección de áreas críticas (sabanas inundables).
- Orientar la explotación agrícola hacia la producción de alimentos, de especies nativas útiles no solo comerciales.
- Construir y mejorar carreteras para mejorar la movilización entre veredas, corregimientos no solo las necesarias para la explotación de los hidrocarburos.

La década del 90, fue el inicio del auge petrolero en

el Casanare, trayendo consecuencias y cambios estructurales tanto en lo económico como en la demografía del territorio. Siendo un espacio geográfico netamente agrícola se convirtió en una economía pequeña y dependiente del petróleo. Los ingresos generados por este recurso mejoraron las ganancias de los municipios que integran el departamento, y esto continuará así hasta que el recurso no renovable se agote. Lo importante en este tipo de situaciones es no dejar de lado los otros recursos que hacen parte del sustento de la población, así como la conservación de los bienes y servicios ambientales que permiten que estos mantengan un territorio saludable para el mantenimiento del resto de los ecosistemas.

Otro de los factores que deben ser analizados son los flujos migratorios de la población, el crecimiento del sector público, las extensas hectáreas vendidas para la producción de palma, azúcar, piñón o *jatropha* y otras que se perciben a causa de un incremento en los recursos, explicados por el auge del sector del petróleo. El desafío para el Casanare es mantener esa prosperidad en los recursos financieros generados por el petróleo y aprovecharlos no solo para aumentar el gasto de inversión y funcionamiento del sector público, sino que se deben buscar condiciones que generen sostenibilidad ambiental y financiera para el territorio, aprovechando la coyuntura económica.

### Situación actual de las regalías de Casanare

Mediante el Decreto 1243 de 2012, se ajustó el presupuesto del Sistema General de Regalías (SGR) para la vigencia fiscal de 2012. Dentro de los recursos que se asignarán bajo esta distribución, el departamento de Casanare recibirá \$573.006.244.401 en 2012, lo que equivale a \$195.820.000.000 menos que en el año 2011, en el cual recibió cerca de \$768.827.000.000. En términos per cápita esto quiere decir que mientras en 2011 por cada habitante el departamento recibió \$2.317.600, en 2012 esta cifra llegará a \$1.695.857.

Frente a los municipios de la cuenca del río Pauto, se encuentra que en total recibirán cerca de \$15.278.236.182,95 para la vigencia de 2012. Dentro de los valores destinados a los municipios de la cuenca, se puede encontrar recurso de asignaciones directas, recursos para proyectos de desarrollo local, fondo de compensación y fondos de pensiones territoriales. En la tabla 6.2 se presenta la distribución de las regalías en los 5 municipios de la cuenca.

En la tabla 6.2 se puede observar que los recursos que pueden tener un impacto más directo en términos locales, y más específicamente asociados con la cuenca y su eventual sostenibilidad ambiental son los del fondo de compensación regional, específicamente los proyectos de impacto local que en total para los 5 municipios suman \$1.379.043.857,87 para la vigencia 2012.

**Tabla 6.2.** Distribución de regalías de acuerdo con el Decreto 2043 de 2012 para los municipios de la cuenca del Río Pauto. Tomado de DNP Sistema General de Regalías

Municipio beneficiario	ASIGNACIONES DIRECTAS	FONDO DE COMPENSACIÓN REGIONAL			OTROS FONDOS	TOTAL SGR
	Total directas (Incluye 1/5 Fondo Ahorro y Compensaciones FDR, Dto 1073 de 2012) 1/.	Específicas	Total Específicas	Total Fondo de Compensación	FONDO DE PENSIONES TERRITORIALES	
Nunchía	83.363.939,17	266.477.171,11	266.477.171,11	266.477.171,11	349.395.434,41	699.236.544,69
Pore	2.892.833.465,41	242.872.633,09	242.872.633,09	242.872.633,09	308.973.900,24	3.444.679.998,74
San Luis de Palenque	4.953.453.971,35	234.085.989,23	234.085.989,23	234.085.989,23	297.699.054,47	5.485.239.015,06
Támara		215.961.622,82	215.961.622,82	215.961.622,82	345.879.264,46	561.840.887,28
Trinidad	4.285.427.856,57	419.646.436,62	419.646.436,62	419.646.436,62	382.165.443,99	5.087.239.737,18

\$ 15.278.236.182,95

Sin embargo, estos recursos no se pueden incluir dentro de una estimación de costo - beneficio debido a que no se conoce la destinación final de los mismos. Para poder utilizar los recursos, se debe seguir un estricto procedimiento, el cual incluye la formulación de los proyectos y su presentación al representante legal de la entidad territorial por parte de personas naturales o jurídicas,

públicas o privadas, o las comunidades étnicas minoritarias. Después de esto, se sigue un proceso de presentación al respectivo OCAD<sup>4</sup> para su viabilización,

<sup>4</sup>Los Órganos Colegiados de Administración y Decisión tienen como responsabilidad principal la de definir los proyectos de inversión sometidos a su consideración que se financiarán con recursos del SGR, así como evaluar, viabilizar, aprobar y priorizar la conveniencia y oportunidad de financiarlos y designará su ejecutor.

priorización y aprobación. Una vez los proyectos sean viabilizados, se remitirán para la verificación del cumplimiento de los requisitos al DNP o COLCIENCIAS o las entidades territoriales según el caso, y finalmente se comunicará al Ministerio de Hacienda y Crédito Público para iniciar la ejecución del proyecto (Sistema Nacional de Regalías, 2013).

Los recursos financieros que provienen de las regalías siguen bajo un manejo descentralizado. Así estos sean aprobados por una instancia como el OCAD, los responsables del manejo eficiente de estos recursos provienen de territorio y la gestión y administración del mismo es *in situ*. Siendo las regalías del petróleo un recurso financiero transitorio por generarse de un recurso no renovable, el manejo y gestión de los bienes y servicios que sean afectados por este, deberán iniciar procesos de análisis para conocer las diferentes afectaciones que puedan provocarse por la explotación de este recurso. Es la administración territorial la responsable del aprovechamiento eficiente de estos recursos.

### **Análisis costo – beneficio**

Las razones costo – beneficios estimadas están por debajo de 1, lo que significa que los costos sociales son mayores a los beneficios. Una de las limitaciones de esta técnica es que crea un sesgo debido a que se limita a un análisis financiero permitiendo que no se favorezca la conservación a otros usos. Este análisis indica sólo un conjunto de cifras de dos sectores específicos el ganadero y el de arrocero. Los posibles impactos que estos generan no se están teniendo en cuenta, razón por la cual estaríamos llegando a estimar sólo el costo de oportunidad del uso del suelo cuando este uso es arroz y ganado. Adicionalmente se está traduciendo este valor financiero arrojado por los costos y beneficios como un todo y no sólo para los productores.

Es preciso calcular el valor neto económico de las sabanas inundables. A través de este análisis de costo - beneficio, se oculta el resultado de los diferentes impactos negativos de los diferentes sectores que usan el suelo y los diferentes recursos existentes en este tipo de ecosistema. El hecho de que los resultados estén por debajo de 1, permite que se exponga este tipo de ecosistemas al uso de otras prácticas que no son conservación.

Las posibles pérdidas de bienes y servicios no se estiman a través de esta técnica. Por falta de datos confiables, no se estimó las posibles pérdidas en biodiversidad,

ni se calculó los costos adicionales por la gestión del territorio con sabanas inundables. Para el cálculo de pérdidas se recomienda el método “costos de mitigación”. Este método busca valorar los daños causados en las sabanas, valora los costos de mitigación efectuados por los sectores productivos para subsanar daños, pero no existe evidencia documentada de daños ambientales causados por los sectores productivos de arroz, ganado u otro presente en este territorio, para tratar de medir daños no evidenciados en este territorio.

A través de esta técnica usada de costos beneficio, se limita a un estimado de costos y beneficios brutos “de oportunidad” para los productores que hacen parte del sector analizado. Estos valores no deben ser considerados adecuados para resolver impactos que no han sido medidos.

Aparte de los impactos ambientales que puedan producirse por el uso del suelo y de los recursos, estarían los socio – culturales. Como lo arroja el ejercicio social realizado por la alianza YOLUKA-FHV (2013) en campo, se tienen culturas complejas y no es objetivo de este ejercicio de valoración analizarlas, las comunidades campesinas presentes se basan en el autoabastecimiento. Con los sectores analizados es probable que la capacidad de estas comunidades para el autoabastecimiento disminuya por la eliminación de recursos naturales disponibles, ya que estos dependen de la salud del ecosistema. Para completar el ejercicio de valoración, es casi imposible reducir a una cifra monetaria las tradiciones e historia de un territorio, tradiciones que se están viendo afectadas con la entrada de otros sectores productivos. Es preciso que se incluya en los futuros análisis de valoración los usos que las comunidades campesinas hacen de los recursos naturales y el incremento del costo de vida que tendrían que pagar si se trasladaran a otro territorio si este fuera ocupado por los sectores productivos presentes y no fuera saludable.

Para cumplir con un análisis riguroso de aproximación al valor se debería incluir todos los atributos y definir sus diferentes medida de valor. Así mismo, una condición indispensable es que la disponibilidad a pagar por uso de los recursos sea mayor al costo de oportunidad. En este caso la DAP que se tiene es el valor del caudal concesionado de agua para ser usado en los diferentes distritos de riego y este valor no supera en ningún momento el costo de oportunidad estimado para los sectores productivos escogidos.

## CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES AL ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por este análisis se pueden acotar varias observaciones. La primera obedece a que los beneficios desarrollados tienen una cifra muy conservadora y por debajo a lo esperado debido a que sólo se toma el recurso agua a través del atributo regulación, que es utilizado sólo a través de dos sectores productivos. No se tienen en cuenta todos los servicios por la falta de información específica para calcular el aporte de la cuenca en tema de servicios ambientales culturales, de provisión y de soporte. Sin embargo, el trabajo de campo realizado por la alianza YOLUKA-FHV expuso la biodiversidad de las sabanas inundable (Mora-Fernández & Peñuela Recio 2013) y siendo que estas proporciona servicios ambientales de soporte, la gran mayoría de estos no tienen mercado, razón por la cual para poderlos valorar se debería crear un mercado hipotético para cada uno.

Para lograr un análisis más aproximado de costos y beneficios se requiere la utilización de todos los atributos de los bienes y sus funciones así como la información más detallada de los sectores productivos que hacen uso del ecosistema como parte de sus procesos productivos y servicios que provee un ecosistema.

Cuando se hace valoración económica, se busca visualizar con mayor claridad las relaciones de las diferentes contribuciones que tenemos con los ecosistemas. Pues podemos comparar los costos y beneficios y tener en cuenta los riesgos que implica el uso desmedido de los recursos presentes. Para hacer una “buena” valoración es necesario evaluar los cambios de los ecosistemas en términos biofísicos. Los beneficios aportados por los ecosistemas son indirectos y son generados de procesos ecológicos y de cambios no lineales. Este estudio queda casi en una fase inicial, ya que no se tomó una línea base de estos procesos, se toman sólo los costos de oportunidad y sólo un atributo para valorar el aporte del recurso agua, sin tener una proyección completa de los beneficios que aportan las sabanas inundables a la sociedad en términos económicos y ecológicos.

Buena parte de la información estimada en campo no es utilizada como atributo por que no se encontraron aproximaciones para definir el valor de varias especies o el aporte de estas a los diferentes costos y beneficios sobre el territorio. La contribución o medida monetarias que las diferentes especies pueden hacer a este tipo de

estimaciones radica en las disponibilidades a pagar de los diferentes usuarios por estos servicios ambientales. En el caso del inventario realizado para las diferentes especies de la cuenca, sirve para definir de manera cualitativa y cuantitativa la riqueza de un territorio, pero una medida monetaria no necesariamente debe definirse para estas.

Como se había mencionado antes, para llegar a esto se debería tomar cada uno de los atributos de estos servicios ambientales dentro de la cuenca del Pauto, razón por la cual se llegan a valores críticos sobre los beneficios, mostrando en todo caso un uso intensivo del recurso ambiental.

Estos resultados arrojados, permiten inferir que si la cuenca del río Pauto continúa con ese ritmo de uso de los recursos, la proyección de los costos que está percibiendo la población serán cada vez mayores debido a que no se están analizando los beneficios que estos reportan sobre la población. Actualmente se podría decir que los beneficios que genera una cuenca tan poco poblada deberían ser altos, teniendo en cuenta que la presión sobre los recursos se percibe por la forma de producción del arroz y del ganado, más no por la cantidad de estos y el uso del territorio.

Es preciso que las autoridades competentes enfoquen sus esfuerzos en conservación en áreas como la cuenca del Pauto, cuyas características ambientales son tan especiales para la generación de servicios ambientales, pero que no se tiene una línea base de los atributos biológicos y físicos de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto para establecer una valoración cualitativa, cuantitativa y monetaria de los beneficios que aporta este tipo de ecosistema a una parte de la sociedad del departamento del Casanare.

El análisis realizado se ha basado en bibliografía existente sobre valoraciones, estadísticas de producción de arroz y ganado creando una base insuficiente de información. Es preciso que se tenga una segunda fase, donde se establezcan estudios económicos in situ, que cubra ciertos vacíos de información que den respuesta sobre los verdaderos beneficios cuantitativos, cualitativos y monetarios de los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Pauto.

El Departamento de Casanare, se caracteriza por presentar abundancia de recursos renovables y no renovables. Los avances en inventarios para conocer su

biodiversidad, las características de los suelos, el recurso hídrico y otros elementos que componen el medio natural hacen parte de la estrategia de desarrollo sostenible que ha emprendido el departamento (Gobernación de Casanare 2012). La cuenca del río Pauto, participa de esta necesidad de desarrollo y planeación. La creciente actividad económica está trayendo al territorio más costos que beneficios debido a la falta de planeación sobre el uso del suelo de los sectores productivos. Es preciso que las orientaciones y los esfuerzos de conservación de zonas especiales como las de sabanas inundables sean parte integral de estas iniciativas y no esfuerzos aislados que no lleguen a adquirir una dinámica que empoderen a las diferentes instituciones encargados del manejo del territorio.

La sinergia entre los diferentes actores que participan en la planeación de la cuenca del río Pauto, deben definir los distintos roles y responsabilidades en torno al desempeño económico y ambiental del territorio. El departamento juega un papel muy importante para la economía del país, en lo que tiene que ver con la producción y explotación petrolera. Otros cultivos, de potenciales desarrollos como la palma y jatropha son considerados como estratégicos como parte de la agenda de competitividad del departamento y por consiguiente de los municipios que participan. Pero esta apuesta al crecimiento debe considerar el manejo de las cuencas como la del Pauto, definiendo una mayor gobernanza e institucionalidad sobre el territorio, donde se incluyan no solo los supuestos beneficios económicos de los sectores presente sino también los costos ambientales que se están generando por apostarle al crecimiento sin tener un panorama definido sobre la situación futura de los recursos naturales presentes.



## **PROPUESTA PARA ABORDAR LA VALORACIÓN A TRAVÉS DE MÉTODO ESTADO-DOSIS-RESPUESTA EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTO**

Como se mencionó anteriormente, el análisis costo beneficio queda corto para valorar la salud ecosistémica de una cuenca, en este caso la del río Pauto. Es por esta razón que se sugiere a futuro usar el método Estado-Dosis-Respuesta para establecer una posible valoración de la cuenca.

El método Estado-Dosis-Respuesta se usa para estimar el valor económico de los servicios ecológicos que contribuyen a la producción de bienes que son sujetos a transacciones en el mercado. Busca estimar una relación estadística entre la calidad ambiental y la productividad en unidades físicas de una actividad comercial. Por ejemplo, entre la calidad de un cuerpo de agua y la producción de camarón por acuicultura. Con base en los resultados de la función Estado-Dosis-Respuesta, se aplica alguna técnica de valoración para estimar las consecuencias económicas de cambios en la calidad ambiental. El beneficio del incremento en la calidad del agua se puede medir por el resultante aumento en los ingresos.

El método de Estado-Dosis-Respuesta se deba aplicar cuando exista una estimación o pueda estimarse una relación cuantitativa directa entre la calidad ambiental y la producción de un bien o servicio que se compra y vende en un mercado bien establecido.

Su funcionamiento está ligado a la función de producción del recurso que se está evaluando y la producción que se está analizando, que en este caso sería arroz y ganado. Con esta información se estima el aumento en la producción de arroz o ganado como respuesta a la producción o productividad del suelo.

El siguiente paso es estimar los beneficios asociados con el aumento de la calidad ambiental, mediante el método de precios en el mercado. Ejemplo kilogramos de arroz producidos debido al incremento en la calidad de los cuerpos de agua multiplicados por el precio en el mercado.

En la tabla 6.3 se presentan las ventajas y desventajas del método Estado-Dosis-Respuesta.

Uno de los limitantes encontrados al realizar la valoración, a través del método análisis costo - beneficio, fue poder establecer los diferentes costos de producción de los sectores productivos presentes en el territorio. Se es-

cogieron sólo ganado y arroz por encontrar una mayor fuente de información secundaria dejando de lado productos como yuca, plátano y otros que hacen parte de la producción del territorio y que se benefician del mismo. Es preciso que para contar con un análisis com-

pleto se deben establecer los costos de los sectores así como los costos sociales, y los beneficios de los sectores así como los beneficios sociales por el uso del territorio para las diferentes actividades productivas que en él se estén desarrollando.

**Tabla 6.3.** Ventajas y desventajas del metodo Estado-Dosis-Respuesta. Tomado de enrigue Roberto, Valoración de areas protegidas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El método es sencillo de entender y teóricamente sólido	El contexto de su aplicación es limitado a valores de uso directo con valor comercial
Si se cuenta con información previa confiable que permita cuantificar la relación estado-dosis-respuesta el proceso de valoración puede realizarse rápidamente y a un bajo costo	Se requiere de información científica para estimar la relación estado-dosis-respuesta. En muchos casos esta relación es desconocida y puede ser difícil y costosa estimarla
	Cuando se valora un ecosistema, no todos los servicios que este presta se relacionan con la producción comercial, por lo que el método subestima el valor económico

La propuesta es determinar la variación que ha sufrido la población por los cambios en la economía y bienestar de la región. Pasó de ser una economía agrícola a una dependiente del petróleo. De acuerdo a los indicadores económicos Casanare se presenta como una de las más prosperas de Colombia, pero con unos indicadores como el NBI que demuestran que son situaciones de coyuntura por los hidrocarburos encontrados y explotados. Este ejercicio sólo asume los costos relacionados con el uso del agua de los sectores más importante como lo son arroz y ganado, quedando limitado en su análisis. Para definir esta variación no sólo en lo económico sino también en los bienes y servicios ambientales es preciso caracterizar todos los atributos presentes en cada uno de los servicios ambientales que es capaz de proveer el territorio e incluirle los costos ambientales y de allí concluir sobre el verdaderos beneficios y costos que asume el territorio y la población por los cambios que continúa experimentando.

La revisión de literatura expone los cambios porcentuales de un período a otro, pero nunca los impactos

ambientales, sociales y económicos que experimenta el territorio por los diferentes usos del suelo y la explotación de un recurso no renovable que cambia todo el panorama económico y ambiental de la región y por consecuencia las medidas de bienestar.

Es preciso que se inicien ejercicios de valoración que incorporen los costos ambientales en las cuentas municipales y nacionales donde se exponen solo los ingresos por las regalías y los incrementos en los ingresos por la producción de arroz, ganado y palma. Cuando se incorporen estos se podrán establecer cambios reales en el uso del suelo, así como el trabajo conjunto de los sectores productivos y la población para conservar aquellos que podrían entrar a un estado crítico como son las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, pero esto se determina con información estadística, establecimiento y desarrollo de indicadores, análisis de efectividad del gasto público y evaluaciones de la salud ecosistémica que demuestren los cambios que se experimentan en el tiempo este territorio.



# CAPÍTULO

# 7



## PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SALUD ECOSISTÉMICA DE LAS SABANAS INUNDABLES DE LA ORINOQUIA Y RESULTADOS DE LA SALUD DE LAS SABANAS ASOCIADAS A LA CUENCA DEL RÍO PAUTO

*Carolina Mora-Fernández, Lourdes Peñuela-Recio, Teddy Angarita-Sierra, Diego Cabrera-Amaya, Felipe Suárez-Castro, Juan Pablo López-Ordoñez, Virginia Salazar Bermúdez, Juan Camilo González, Alexander Bonilla-Urbano, Javier Maldonado-Ocampo & Francisco Castro Lima.*

La Alianza Yoluka ONG y la fundación Horizonte Verde se propuso evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto en el departamento de Casanare a partir de una propuesta de indicadores bióticos, físicos, sociales y económicos. Con el fin último de proveer herramientas para la toma de decisiones que conlleven al mantenimiento en el tiempo de los servicios ambientales provistos por las sabanas inundables.

Este capítulo presenta una propuesta de indicadores, que consideramos, puede orientar el proceso de evaluación y seguimiento de los cambios que se generan en las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana por las diversas actividades productivas de uso del suelo. Así mismo se exponen los resultados de la evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de la aplicación de los indicadores bióticos propuestos en el cuenca del río Pauto.

Los indicadores pueden verse como instrumentos esenciales en la gestión pública, porque permiten realizar las tareas de evaluación y seguimiento de proyectos y/o políticas. Por lo que un buen indicador debe ser claro, relevante con el objeto de medición y debe proporcio-

narse periódicamente (DNP, 2012). La definición de indicador a la cual nos acogemos es: **“un indicador es la representación cuantitativa que sirve para medir el cambio de una variable comparada con otra”**.

Debido a que se quiere evaluar una condición específica, “la salud ecosistémica de las sabanas inundables” se propone abordar la propuesta de indicadores, desarrollando tres pasos básicos:

### **Paso 1: ¿Qué se quiere medir?**

La salud ecosistémica de las sabanas inundables, por ende se deben definir las características que hacen a un ecosistema saludable: (1) estable ¿qué variables nos proporciona información sobre la estabilidad del ecosistema?; (2) activo ¿qué variables nos proporciona información sobre lo activo del ecosistema?; (3) resiliente ¿qué variables productivas o de la economía local afectan la resiliencia o capacidad de autorregularse del ecosistema?; (4) Balance ¿Cuáles son las relaciones entre los componentes?

En la Figura 7.1 podemos observar el esquema de los aspectos relevantes a considerar para proponer un indicador.



Figura 7.1. Aspectos relevantes a considerar para proponer un indicador. Adaptado de DNP 2012.

Una vez definido qué se quiere medir, se procede a elaborar el indicador, incluyendo las variables que lo integrarán y la relación entre las mismas para que generen la información que necesitamos.

En la Tabla 7.1 se presenta un ejemplo de cómo elaborar los indicadores, para responder a que característica de un ecosistema saludable se está evaluando, y que aspecto relevante se va a evaluar, para poder continuar con el ejercicio de diseño de indicadores.

### **Paso 2. ¿Cómo seleccionar el mejor indicador?**

Es posible generar números indicadores, pero es muy importante controlar la calidad de los indicadores que se van a proponer y por ello es necesario seleccionarlos con una guía de preguntas como:

- ¿El indicador expresa qué se quiere medir de forma clara y precisa?
- ¿El indicador es relevante con lo que se quiere medir?
- ¿La información que provee el indicador es suficiente para explicar el logro de dicho objetivo?
- ¿La información del indicador está disponible?
- ¿El indicador es monitoreable?

Una vez evaluadas las 5 preguntas, estas deben ser todas afirmativas para que el indicador seleccionado sea viable y de calidad. Las características que deben tener los indicadores se presenta en el capítulo 2 figura 2.4.

### **Paso 3. ¿Qué tipo de información se requiere para medir?**

Una vez se ha seleccionado el indicador, es necesario identificar y definir las fuentes de información y sus características, así como la forma en la que se procederá a recolectar la misma.

Se debe tener en cuenta: (1) La información debe estar disponible, en caso contrario debe recolectarse información primaria a través de mediciones directas; (2) debe definirse en qué tipo de formato se requiere la información, ejemplo artículos científicos, informes técnicos, reportes de fuentes oficiales (de forma impresa o a través de la web), recopilada a partir de trabajo de campo (entrevistas, inventarios) para la cual se deben definir los formatos de las entrevista y la toma de datos y mediciones; (3) en caso que se deba levantar la información de primera mano se debe definir los métodos a ser utilizados; (4) es importante definir el uso específico

del indicador ya sea para toma de decisiones, información a terceros o decisiones presupuestales asociados a la conservación del territorio; (5) es importante definir hasta cuándo se va a medir el indicador de la salud del ecosistema en sus aspectos relevantes, cual es el tiempo total a usarlo y cuál es el período de tiempo en que se estará midiendo; (6) se debe definir las personas responsables de recopilar la información asociada al indicador o producirla, analizarla, administrarla y presentar los reportes; (7) es necesario saber si se deben hacer capa-

citaciones o entrenamientos para la recolección de la información; (8) definir los mecanismos de verificación de la información que se encuentra disponible para que se garantice la confiabilidad del indicador; (9) se debe hacer el registro adecuado de la información de un indicador para su acceso y actualización.

Para lo anterior se elaboró un formato estandarizado para registrar cada uno de los indicadores que se van a proponer y el cual se diligencio para cada indicador propuesto.

**Tabla 7.1.** Categoría de los indicadores según el aspecto a evaluar y la característica que representa. Adaptado de DNP

Salud ecosistémica	¿Qué se quiere evaluar?	Indicador recomendado	Definición del indicador
Estable, Activo, Resiliente, Balanceado	Aspectos relacionados con gestión	Indicador de gestión	Miden los procesos, acciones y operaciones adelantados dentro de la etapa de evaluación, implementación de una política, programa, situación o proyecto sobre los elementos que aportan a la evaluación de la salud ecosistémica de la unidad de paisaje evaluada.
	Aspectos relacionados con resultados	Indicador de resultado	Miden los resultados a corto plazo generados por los productos de una política, programa, situación o proyecto en la unidad de paisaje escogida para evaluar.
	Aspectos relacionados con productos	Indicador de producto	Miden los bienes o servicios directamente provistos por una política, programa o proyecto, a partir de la transformación de sus insumos.
	Aspectos relacionados con insumos	Indicador de insumo	Miden los recursos necesarios (financieros, humanos y físicos) para mantener las condiciones necesarias de los ecosistemas aceptable en su aspecto biótico
	Aspectos relacionados con impactos	Indicador de impacto	Miden los efectos a mediano o largo plazo generados por los productos de una política, programa o proyecto productivo, sobre la población directamente afectada, ecosistema y/o la efectividad del desarrollo del proyecto, en términos de logro de objetivos económicos, sociales, políticos, culturales y ambientales definidos en las programas, políticas de los planes de desarrollo

## INDICADORES PROPUESTOS POR LA ALIANZA YOLUKA ONG Y LA FUNDACION HORIZONTE VERDE

Se propone un grupo de indicadores de tipo económico, social y biológico, que cumple con las condiciones expuestas en los párrafos anteriores. Se recomienda monitorear el grupo completo de indicadores, aunque para nuestro caso se evalúo la salud ecosistema a partir de los indicadores biológicos propuestos.

### A) INDICADORES ECONÓMICOS

Se proponen 6 indicadores económicos para evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto.

### *Elasticidad producción de las superficies inundables (EPSI)*

El indicador de elasticidad producción de las superficies inundables (Anexo 1) mide el cambio de la producción de los principales productos de la región de la cuenca del río Pauto (arroz, maíz, plátano, ganadería) excluyendo la producción de hidrocarburos. La exclusión de los hidrocarburos se hace para eliminar el elevado peso que tiene la explotación de estos recursos en el total de la producción y por lo tanto la posible sobrestimación de los otros productos. Por medio de este indicador es posible encontrar el cambio que se presenta en la producción ante cambios en la superficie de tierras inundadas. Basado en lo anterior el indicador

de la elasticidad de producción de la superficie inundable se define como:

$$EPSI = \frac{\% \Delta \text{ producción en valores}}{\% \Delta \text{ superficie inundable}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

Producción en valores: Es la producción del período  $t$  multiplicada por el precio

Superficie inundada: Corresponde al promedio anual de hectáreas inundadas durante el período. La unidad de media es el valor por hectárea.

Mide el cambio del valor de la producción entre el período  $t$  y el período  $t+1$  frente al cambio en el número de hectáreas inundada entre período  $t$  y el período  $t+1$ .

*Importancia estacional del producto en la producción total (IEPP)*

El indicador de importancia estacional del producto en la producción total (Anexo 2) mide la participación de cada uno de los principales productos frente a la producción total de la región de acuerdo con a la temporada del año. Es decir que compara la participación de cada producto en la temporada de lluvias frente a la participación en la temporada de sequía. Esto con el fin de evaluar cuál es el impacto de las diferentes temporadas en la participación de los productos y a partir de ellos buscar alternativas de solución a las diferencias sustanciales que se puedan llegar a presentar en las distintas épocas del año.

Se define como:

$$IEPP = \frac{\text{Participación producción época lluvias}}{\text{Participación producción época seca}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Mide la producción en el año  $t$  en el período de la época de lluvias sobre el cambio de la producción en el tiempo  $t$  en la época seca. Esto con el objeto de encontrar cómo afecta la temporalidad a la producción. La unidad de media son toneladas por producto.

*Reinversión ecosistémica (RE)*

En el indicador de reinversión ecosistémica (RE) (Anexo 3) mide el valor de las regalías que llegan a la región y aquella parte de esta que es invertida en el mejoramiento

ambiental. Este indicador se realiza con el objetivo de encontrar cuál es, en términos reales, la valoración que le da la entidad territorial al tema ambiental como porcentaje de las regalías que se reciben. El indicador RE se define:

$$RE = \frac{\text{Valor reinvestido mejoramiento del ecosistema}}{\text{Valor de regalías recibidas}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Se halla el valor de las regalías recibidas durante el año  $t$  y se compara con el valor de los recursos dirigidos hacia la protección ambiental en el mismo año. La unidad de medida son valores en pesos constantes.

*Elasticidad producción agrícola de la producción de hidrocarburos (EPAPH)*

La elasticidad producción agrícola de la producción de hidrocarburos (Anexo 4) mide el cambio que se presenta en el valor de la producción de la región (sin incluir hidrocarburos), en un año frente a un cambio en el valor de la producción de hidrocarburos en el mismo período. Esto se hace con el objetivo de encontrar si la producción de hidrocarburos desplaza la producción de otros productos. Es decir que se busca conocer si se presenta algo similar a la “enfermedad holandesa”, situación en la cual, cuando se aumentan los recursos recibidos por explotación de recursos (como los no renovables), se genera un impacto negativo en los otros sectores productivos. El indicador se define como:

$$EPAPH = \frac{\% \Delta \text{ valor de la producción sin H}}{\% \Delta \text{ Valor de la producción de H}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

H : Hidrocarburos

Mide cuanto desplaza la producción de hidrocarburos a la producción agrícola. La unidad de media es en valores en millones de pesos constantes.

*Crecimiento de hectáreas en zonas protegidas (CHZP)*

Este indicador (Anexo 5) mide el crecimiento de hectáreas en zonas protegidas y es importante porque en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010-2014 “Prosperidad para todos”, establece que se deben incorporar tres millones (3.000.000) de hectáreas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) que contemplan

prioritariamente ecosistemas típicos de la cuenca del Orinoco, bosques secos, marino costeros y oceánicos. Por lo tanto, debido a que la Orinoquia es la región biogeográfica con la menor extensión en áreas protegidas y ha sido declarada como prioritaria, es importante observar cual ha sido el desarrollo de las metas del gobierno en esta región. Para ello se compara el número de hectáreas protegidas en un año frente al año anterior. El indicador se define como:

$$HZP = \left( \frac{\text{Hectáreas protegidas } t + 1}{\text{Hectáreas protegidas } t} \right) - 1 \quad (\text{Ec. 5})$$

La idea es conocer las metas propuestas por el gobierno en materia de áreas protegidas que se han ido cumpliendo en la región que incluyan sabanas inundables. La unidad de medida es en porcentaje de cambio.

#### *Elasticidad producción de las áreas protegidas (EPAP)*

En este indicador (Anexo 6) se mide la elasticidad producción de las áreas protegidas, es decir cuál es el cambio que se presenta en la producción (sin incluir hidrocarburos), ante cambios presentados en las hectáreas protegidas. Este indicador se realiza con el objetivo de analizar cómo responde la producción ante los cambios que se presentan en el número de áreas protegidas como resultado de las metas del PND. Se define como:

$$EPAP = \frac{\% \Delta \text{cantidad de la producción sin H}}{\% \Delta \# \text{ hectáreas pprotegidas en } t} \quad (\text{Ec. 6})$$

Se halla la producción de la zona de los años  $t$  y  $t+1$ , se halla el cambio y se compara con el cambio entre  $t$  y  $t+1$  de las áreas protegidas.

### **B) INDICADORES SOCIALES**

A partir del trabajo de campo y la revisión de información secundaria sobre las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto fue posible identificar una serie de bienes y servicios ecosistémicos que se relacionan de forma diferenciada con los sistemas productivos desarrollados por los habitantes de la zona (Capítulo 5). Entre estos se destacan la producción de alimentos, plantas medicinales, el suministro de los recursos genéticos de especies de plantas y animales, el suministro de proteína animal, el suministro de madera y la importancia de las características estéticas de la sabana dentro de la cos-

movisión de sus habitantes. Asimismo, se identificaron tres sistemas productivos principales, entre los que se cuenta el cultivo de arroz, la ganadería extensiva y la extracción de hidrocarburos.

En la actualidad, la ganadería extensiva es el sistema productivo que mejor permite la conservación de los bienes y servicios ecosistémicos de la sabanas inundables de la cuenca del río Pauto. Durante el trabajo en campo, con los diferentes ganaderos de la zona de estudio, se evidencio que el funcionamiento de la ganadería extensiva se basa en un proceso de transferencia de fertilidad que se lleva a cabo entre las sabanas y los espacios cultivados y de habitación. Esta transferencia es la base del aprovechamiento humano de los ecosistemas de la zona y requiere de la existencia de sabanas poco intervenidas que satisfagan las necesidades de alimentación y hábitat del ganado. Esto contribuye a su vez a que los seres humanos tengan acceso al abono orgánico que les permite producir los alimentos que forman la base de su dieta, además de garantizar la existencia de espacios que los proveen de proteína animal, plantas medicinales y las condiciones básicas a partir de las cuales se fortalece y reproduce su identidad.

En este contexto, cualquier indicador social de salud ecosistémica para las sabanas inundables asociados a la cuenca del río Pauto debe enfocarse en las comunidades que practican la ganadería extensiva, y especialmente en la capacidad que tienen estas de adaptarse y superar las transformaciones socio-económicas y biológicas que ocurren en su territorio. Así, el objetivo principal de estos indicadores debe ser medir la *resiliencia* de estas comunidades. Esto, por supuesto, haciendo la salvedad de que esta medida de resiliencia debe relacionarse con los indicadores físicos y bióticos para definir la salud ecosistémica, pues el hecho de que la ganadería extensiva se mantenga a lo largo del tiempo no garantiza por sí solo que los ecosistemas de sabana puedan continuar proporcionando los bienes y servicios ambientales necesarios para los seres humanos.

En términos sociales, la resiliencia es la capacidad que tiene una comunidad de absorber las consecuencias negativas de un incidente y aun así mantener sus funciones esenciales. Una comunidad resiliente es entonces un grupo de personas que cuentan con los recursos y las habilidades para reorganizarse de forma que puedan seguir existiendo durante y después de una transformación de sus condiciones socio-económicas. De esta

manera, algunos autores proponen que la resiliencia de una comunidad está definida por la interacción entre la robustez de sus recursos y su capacidad de adaptación (Longstaff et al. 2010). Para los propósitos de este trabajo, la capacidad de adaptación resulta de interés particular, pues esta puede entenderse como una expresión del capital social de una comunidad, contribuyendo a una mejor coordinación, cooperación y acceso a los recursos al momento en que ocurren transformaciones drásticas en el ecosistema (Mayunga 2007).

Así, para estos autores, la capacidad de adaptación está definida por la existencia de la *memoria institucional* (entendida como la capacidad de almacenar y discutir las experiencias y proyectos realizados en la comunidad), la *capacidad de innovación* (entendida como la capacidad de crear soluciones nuevas a partir de conocimientos compartidos) y la *conectividad social* (entendida como la capacidad de difundir información y conocimiento) existentes entre los miembros de una comunidad. La estimación de la existencia y transformaciones de estas características a lo largo del tiempo puede darnos una idea general de la capacidad de adaptación de una comunidad y por ende de su nivel de resiliencia desde un punto de vista social. Para el caso de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, estos factores pueden funcionar como indicadores que, al ser combinados con indicadores físicos y bióticos, contribuyan a la evaluación de la salud ecosistémica de la zona.

Todo esto, haciendo la salvedad de que estos indicadores corresponden a la situación de la cuenca baja en la actualidad y que por esta razón no pueden aplicarse en otras zonas sin antes hacer un análisis de las relaciones existentes entre los bienes y servicios ambientales y los sistemas productivos. Asimismo, la adaptación de los indicadores al contexto de la cuenca del Pauto también implica que estos no deben ser comparados con los indicadores generados para otras zonas del país en donde las condiciones económicas, sociales, ecológicas y territoriales son diferentes. Los indicadores propuestos se basan entonces en las condiciones observadas directamente en la zona de estudio y en las carencias de la información generada a escala nacional sobre esta. Por esta razón asumen un grado de incertidumbre a cambio del cual ofrecen una visión más acorde con las realidades existentes sobre el terreno. Finalmente, es importante recordar que es necesario evaluar la pertinencia de estos indicadores a lo largo del tiempo, añadiendo elementos cuando las condiciones ecológicas y sociales

lo ameriten.

## Indicadores sociales propuestos

### *Memoria Institucional (M)*

Si la memoria institucional está determinada por la posibilidad de almacenar y discutir las experiencias y proyectos realizados en una comunidad, se entiende entonces que las organizaciones de base y los entes territoriales que gestionan estos proyectos son los principales interlocutores para la generación de este indicador. La memoria institucional requiere de la existencia de archivos de cualquier tipo que cumplan con las siguientes características mínimas:

Almacenamiento de información sobre los éxitos y los fracasos de los proyectos realizados en la cuenca.

Ser consultables públicamente.

Estar organizados según algún tipo de sistema clasificatorio de la información.

Estar en constante actualización.

Este indicador se define como (Anexo 7):

$$M = a \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde

$a$  : Número de archivos o centros documentales funcionales identificados en la organización de base y entes territoriales que operan en la cuenca.

$M$  : Capacidad de memoria institucional, mide la capacidad de almacenar y discutir la existencia o ausencia de archivos por los entes territoriales y las asociaciones de base existentes en la cuenca del río Pauto. El valor de  $M$  va de 0 a  $\infty$ .

Para la medición es necesario constatar la existencia o ausencia de archivos o centros de documentación de los entes territoriales y organizaciones de base. Una vez recopilada la información se suma un valor de 1 por cada archivo funcional haya sido identificado.

### *Capacidad de innovación (I)*

La capacidad de innovación requiere de la existencia de tiempos y espacios en los que sea posible crear ideas a través de la experimentación, usualmente aplicando métodos como el ensayo y error. Asimismo, requiere de intercambios de conocimiento y conexiones entre los

individuos o grupos que están experimentando. Para el caso de la cuenca del río Pauto, los jardines caseros cumplen con todas estas características y las mujeres que los mantienen tienen una tendencia a experimentar en razón de los roles de género que fueron identificados durante el trabajo de campo. Como el principal insumo de esta experimentación son las especies vegetales, este indicador se concentra en su cantidad a lo largo del tiempo.

Este indicador se define como (Anexo 8):

$$I = e \quad (\text{Ec. 8})$$

$e$  : Número de especies vegetales identificadas en los jardines caseros

$I$  : Capacidad de Innovación. Mide la capacidad de innovación de los grupos sociales que habitan la cuenca del río Pauto. El valor de  $I$  va de 0 a  $\infty$ .

Para realizar la medición es necesario escoger al azar 30 hogares rurales por cada municipio que atraviesa la cuenca y hacer un levantamiento de las especies vegetales que se cultivan en sus jardines caseros. Una vez sistematizada la información se cuenta el número de especies distintas existentes en la cuenca. Mientras más alto sea el número de especies mayor será la capacidad de innovación.

#### *Conectividad social (C)*

La conectividad social hace referencia a la capacidad de difundir información y conocimiento dentro de una comunidad. En el caso de la cuenca del río Pauto, hemos visto como esta transmisión de conocimiento se hace de manera práctica a través del aprendizaje del trabajo de llano. Cuando una persona comienza a participar en las actividades relacionadas con la ganadería extensiva desarrolla habilidades relacionadas con el manejo del territorio y crea una red social con los demás trabajadores y dueños de las fincas ganaderas. Este indicador pretende dar una idea de la fortaleza de esta red basándose en la cantidad de personas que se encuentran inmersas en ella a lo largo del tiempo. Basado en lo anterior el indicador de Conectividad social se define como (Anexo 9):

$$C = \frac{(n * 2,5)}{100} \quad (\text{Ec. 9})$$

$n$  : Número de cabezas de ganado en los municipios de la cuenca del río Pauto

$C$  : Conectividad Social. Mide la conectividad social de los grupos sociales que habitan y utilizan las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto.

El cálculo para determinar la cantidad de personas empleadas en el sector ganadero debe hacerse de manera indirecta debido a que el censo nacional resulta inexacto para esta información. De acuerdo a FEDEGAN (2011) la principal actividad ganadera e la cuenca del río Pauto es la cría y que esta actividad genera un promedio de 2,5 empleos por cada 100 cabezas de ganado.

### C) **INDICADORES FISICOS**

#### **PROPUESTA DEL INDICADOR “INDICE DE USO DEL AGUA”**

El Índice de Uso del Agua (IUA), dentro del marco del Estudio Nacional del Agua (ENA) (IDEAM 2010), representa la principal herramienta para evaluar la disponibilidad recurso hídrico, en un área hidrográfica, región, municipio o cabecera. Este determina si la disponibilidad del recurso hídrico es suficiente o deficitario, de forma que sirva como soporte de planificación, desarrollo y uso racional y eficiente del agua.

El IUA se define como la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales (IDEAM 2010).

En sentido estricto el indicador debería considerar la oferta hídrica superficial y subterránea en forma unitaria. Sin embargo, mientras se tienen avances en la conceptualización sobre la oferta de agua subterránea, se debe seguir considerando solamente la oferta hídrica superficial. La disponibilidad de agua en una cuenca es función de los factores principales la oferta hídrica en el área de estudio, el abastecimiento de agua para consumo humano, actividades productivas, así como los requerimientos básicos como el suministro de agua a los ecosistemas asociados, el albergue de la diversidad acuática y la recreación entre los más importantes, razón por la cual dentro de la oferta hídrica debe considerarse este caudal mínimo que debe mantener la fuente en épocas de estiaje, es así como establecer la dinámica de oferta y demanda del recurso hídrico será el eje de desarrollo del, IUA, el cual, basado en las consideraciones anteriores se define como (IDEAM 2010):

$$IUA = \left(\frac{D}{O_n}\right) \times 100\% \quad (Ec. 10)$$

Dónde:

IUA : Índice de uso del agua [-]

D : Demanda de agua [m<sup>3</sup>]

O<sub>n</sub> : Oferta hídrica superficial neta [m<sup>3</sup>]

$$O_n = O_T Q_{amb} \quad (Ec. 11)$$

Dónde:

O<sub>n</sub> : Oferta hídrica superficial neta [m<sup>3</sup>]

O<sub>T</sub> : Oferta hídrica superficial [m<sup>3</sup>]

Q<sub>amb</sub> : Caudal ambiental [m<sup>3</sup>]

La oferta hídrica superficial neta se obtiene sustrayendo de la oferta hídrica superficial el caudal ecológico y ambiental que se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que el cauce contiene en condiciones naturales, preservando los valores ecológicos, el hábitat natural y funciones ambientales tales como: purificación de aguas, amortiguación de extremos hidrológicos, recreación y pesca, entre otros (IDEAM 2010).

El cálculo del caudal ambiental reúne diferentes métodos que van de simples a muy complejos en Colombia se aplican ampliamente tres metodologías de estimación hidrológica que se muestran en la Tabla 7.2. Los cuales se basan en registros de caudales sobre el cauce principal (Redondo T. 2011).

**Tabla 7.2.** Resumen de características de las metodologías de estimación de caudales ambientales implementadas en Colombia. Fuente: (Redondo T 2011).

Método	Información (longitud de serie)	Procedimiento de estimación del caudal ambiental
1. Hoppe	Caudales medios diarios.	Construcción de la CDC. Determinar los caudales excedidos para el 40 y el 80% del tiempo para periodos húmedo y seco, respectivamente y el caudal excedido el 17% del tiempo como caudal generador.
2. Tennant	Caudales medios mensuales.	Determinación del caudal medio mensual multianual. El caudal ecológico como diversos porcentajes del caudal medio mensual, a partir del estado ecológico del ecosistema
3. Caudal base acuático	Caudales medios mensuales (25 años)	Caudal ambiental para todo el año es el caudal mediano del mes más seco. El caudal para periodos de procesos bióticos es el caudal mediano para el mes correspondiente, en función de la longitud de la serie y el tamaño de la cuenca
4. RVA	Caudales medios diarios (25 años)	Caracterizar el registro de caudal mediante 32 parámetros. Establecer objetivos de manejo de la cuenca a partir de los valores medios multianuales de los parámetros. Desarrollar normas de manejo ambiental de la corriente a partir de los objetivos de manejo.
5. Norma mexicana	Caudales medios diarios (10 años consecutivos)	Separación por condición húmeda del año (seco, promedio, y húmedo). Caudal para la época de estiaje como el 10% del caudal natural medio interanual, época de avenidas como el 15%. Caudal generador como el doble del caudal medio interanual, aplicado de manera graduada.
6. Smakhtin y Anputhas	Caudales medios diarios (20 años)	Construir la CDC para 17 percentiles preestablecidos. Definición de clases de manejo ambiental. Mover la CDC lateralmente hacia la izquierda tantos percentiles como distancia entre clases de manejo se pretenda.
7. 7Q10	Caudales mínimos diarios (20 años)	El caudal ambiental es el caudal mínimo de 7 días asociado a un tiempo de retorno de 10 años.
8. UN-MAVDT	Caudales medios diarios en 2 estaciones (10 años)	Separación por condición húmeda del año (seco, promedio, y húmedo), asociado al ENSO. Calcular los índices 7Q10 y Q95% y estimar el caudal ambiental como el máximo entre ambos. Estimación iterativa de la propuesta inicial debida a la alteración de la CDC por diferentes factores.
9. IDEAM- MAVDT	Caudales medios mensuales	Aplicación de un porcentaje de descuento del 25% al caudal medio mensual multianual.
10. ENA	Caudales medios diarios (5 a 10 años)	Caudal promedio multianual que permanece el 75% del tiempo en la corriente.

El IUA puede ser evaluado para un marco de referencia multianual o también estudiarse en dinámicas anuales, estacionales, semestrales e incluso mensuales. La definición de la agregación a utilizar depende de los objetivos y horizontes temporales de la planificación que se desea adelantar, esta agregación también debe estar ligada a la dinámica de la demanda, que en muchos casos puede contener períodos críticos y períodos de baja demanda (IDEAM 2010).

La categorización de condición de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible se define a partir de cinco rangos: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Se tomó como referente el concepto de Naciones Unidas, utilizado en indicadores del ENA 1998, en el que se considera que cuando la relación de la demanda sobre la oferta, en condiciones hidrológicas de año medio, sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis (IDEAM 2010). En el Anexo 10 se presentan los rangos y categorías aplicados en el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010.

Para la cuenca del Río Pauto se presentaron dos limitantes que impidieron la evaluación del IUA por un parte no fue posible determinar la demanda hídrica de la zona para los módulos de mayor interés comercial en la región; así mismo la ausencia de registros de caudal sobre el cauce principal del río no permite la estimación del caudal ambiental a través de las metodologías ampliamente utilizadas en Colombia. Para la cuenca del Río Pauto el ENA 2010, reporta un IUA anual de 1,11 para un año seco.

#### **D) INDICADORES BIOLÓGICOS**

Si bien es cierto que la elección de un indicador debe cumplir con ciertos criterios, también es necesario considerar que las comunidades bióticas no son componentes de distribución normal, que permitan circunscribirse bajo un modelo convencional cerrado, que no tiene en cuenta las dinámicas naturales, presiones, y variaciones espaciales temporales dentro de los ecosistemas de Sabanas Inundables.

En ese orden de ideas para *evaluar la Salud Ecosistémica de las Sabanas Inundables* desde el componente biológico, se proponen indicadores de estado y de producto

que permitan conocer las condiciones iniciales a partir de cada uno de los grupos evaluados: flora y vegetación, mamíferos, aves y anfibios.

Seguramente, la marcada estacionalidad de la sabana inundable en los dos períodos pluviométricos, con características muy particulares, puede generar interferencias en las interpretaciones ecológicas y socio-ambientales de estos grupos que pueden presentar variaciones en su composición y estructura. Por tal razón, es necesario tener esto cuenta al momento de proponer los indicadores e interpretarlos.

Los indicadores propuestos permiten establecer hasta qué punto dichas variaciones temporales obedecen a perturbaciones antrópicas y/o naturales, en razón a los ciclos de sequía e inundación a los que se ve sometida la región objeto de interés. Adicionalmente poder establecer un estado de referencia del cual se pueda partir para los monitoreos futuros.

El levantamiento de la información requerida para proponer los indicadores y evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto se realizó en dos salidas de campo durante el año 2012, la primera en la época de sequía y la segunda en la época de lluvias en los municipios de San Luis de Palenque y Trinidad (Figura 1.15 Capítulo 1). Se establecieron tres campamentos a lo largo de la cuenca baja del río Pauto, en los cuales se identificaron las siguientes unidades paisajísticas y sus transformaciones: Sabanas (sabanas de valles aluviales de desborde, sabanas inundables típicas, sabanas con influencia eólica); Bosques (bosques de galería, bosques de vega, Matas de monte); Arroceras (Sabanas o bosques transformados en cultivos de arroz); Potreros (Sabanas o bosques transformados en potreros de pastos introducidos *Urochloa humidicola* y *Urochloa decumbens*). Se establecieron tres estaciones de muestreo, la Estación 1: en predios del colegio Emaus N 5° 8' 40.4", W 70° 58' 22.6"; Finca Altamira N 5° 11' 9.77", W 70° 58' 53.9"; La Bretaña N 5° 8' 41.2", W 70° 57' 27.9"; Matamoriche N 5° 9' 7.6", W 70° 58' 5.4"; Estación 2: Finca Candalayes N 5° 18' 47.2", W 71° 22' 5.4" y la Estación 3: Finca La Palmita N 5° 19' 11.4", W 71° 20' 51"; Finca El Mirador 5° 26' 9.1", W 71° 35' 46.8"; Finca San Miguel 5° 24' 49.8", W 71° 36' 38.4".



Como los indicadores buscan evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de los servicios ecosistémicos, todos siguieron los lineamientos de la evaluación de los ecosistemas del milenio (Hassan et al. 2005) y los principios económicos del capital natural (Gómez-Baggethun & de Groot 2007). Adicionalmente para la identificación de los servicios ecosistémicos se revisó para todos los grupos evaluados la literatura relacionada con la Orinoquia colombo-venezolana y la información recopilada en campo.

***Propuesta de indicador de oferta de servicios (os) para evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables del río pauto, a partir de la vegetación.***

### **Métodos**

#### *Tipos de vegetación evaluadas*

Los tipos de vegetación evaluados fueron bosques y sabanas naturales y transformados (Tabla 7.3).

#### *Propuesta conceptual de índices de salud ecosistémica*

Con el fin de evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables en la cuenca baja del río Pauto, se propone el indicador **Oferta de servicios ( $O_s$ )**, el cual tiene en

cuenta la estructura, la función y el capital natural de los ecosistemas (Bradshaw, 1997; Gómez-Baggethun & de Groot 2007), que a su vez son indicadores independientes de diferentes aspectos de la salud del ecosistema (Ecuación 12).

Dónde:

$$O_s = R_N + R_C + R_U + B_U \quad (\text{Ec. 12})$$

$R_N$ : proporción de riqueza del tipo de vegetación  $i$

$R_C$ : proporción de la composición del tipo de vegetación  $i$

$R_U$ : proporción de riqueza de especies útiles nativas del tipo de vegetación  $i$

$B_U$ : proporción de biomasa de las especies útiles nativas del tipo de vegetación  $i$

Hay que tener en cuenta para la interpretación de  $O_s$  que su valor puede variar entre 0 y 4, de manera que el ecosistema ofrece más servicios entre más cercano a 4 sea su valor. Para facilitar esta interpretación, la salud ecosistémica se presenta con una escala de valores, en donde cada valor se identifica con un color (Anexo 11).

**Tabla 7.3.** Descripción de los sitios de muestreo según el tipo de cobertura y el tipo de vegetación a la que pertenecen.

Tipo de cobertura	Tipo de vegetación	Código del sitio	Municipio	Localidad	
Vegetación natural	Bosque	Bosque de galería	B3	San Luis de Palenque	Finca La Bretaña
			B4	Trinidad	Finca Candalayes
			B8	Trinidad	Finca La Palmita
		Bosque de vega	B5	San Luis de Palenque	Finca El Sinaí
			B1	San Luis de Palenque	Finca Altamira
			B2	San Luis de Palenque	Finca La Bretaña
			B6	Trinidad	Finca San Miguel
			B7	San Luis de Palenque	Finca La Lucha
			Morichal	M1	San Luis de Palenque
	Sabana	Estero	E1	San Luis de Palenque	Finca La Bretaña
			E2	Trinidad	Finca La Veremos
			E3	Trinidad	Finca El Mirador
		Bajo	J1	San Luis de Palenque	Finca Matemoriche
			J2	Trinidad	Finca La Veremos
			J3	Trinidad	Finca El Mirador
		Banco	N1	San Luis de Palenque	Finca Matemoriche
			N2	Trinidad	Finca La Veremos
			N3	San Luis de Palenque	Finca La Palmita
Vegetación transformada	Banco transformado en potrero	F1	San Luis de Palenque	Colegio Emaus	
	Arrozal (Bajos transformados)	A1	Trinidad	Finca Candalayes	
		A2	Trinidad	Finca El Mirador	
	Sabana/Bosque	Bosque de vega transformado en potrero	V1	San Luis de Palenque	Finca Altamira
			V2	San Luis de Palenque	Finca El Sinaí

Este índice se mide siempre con respecto a la primera medición de todas sus variables constituyentes ( $t=0$ ), pues a través de un monitoreo a mediano o largo plazo se puede obtener una medida indirecta de la resiliencia del ecosistema teniendo en cuenta los diferentes aspectos de su estructura y función.

Las cuatro variables que conforman el índice  $O_s$  evalúan diferentes aspectos de la salud del ecosistema y su cálculo se describe a continuación:

#### Proporción de riqueza ( $R_N$ )

Esta variable evalúa el estado del ecosistema en términos de su estructura, en este caso, con respecto a su riqueza. Se mide como la proporción del número de especies encontrado en la muestra  $j$  con respecto al número de especies del tipo de vegetación  $i$  (Ecuación 13).

$$R_N = \frac{r_{ij}}{r_{i(t=0)}} = \frac{r_{ij}}{\sum r_{ij(t=0)}} \quad (\text{Ec. 13})$$

Dónde:

$r$  : riqueza (número de especies) total para la zona de estudio

$r_{i(t=0)}$  : riqueza total por tipo de vegetación  $i$  en la medición inicial

$r_{ij}$  : riqueza en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$i$  : número de tipos de vegetación presentes en la zona de estudio

$j$  : número de muestras tomadas por tipo de vegetación

$t$  : tiempo o momento de la medición del índice

( $t = 0$  es la medición inicial)

Como  $R_N$  es una proporción, el resultado siempre se encontrará entre 0 y 1, de manera que entre más cercano a 1 sea su valor, quiere decir que la riqueza está más cerca a la esperada para el tipo de vegetación en cuestión.

La riqueza esperada es el número total de especies reportado en la literatura para ese tipo de vegetación, o ante la ausencia de dicho dato, se tomará como riqueza esperada el valor de  $r_{i(t=0)}$ , el cual, *para el caso del presente proyecto, es el primero que se reporta en el área de estudio*. El número de especies para un tipo de vegetación excluirá aquellas presentes en ecosistemas transformados correspondientes a ese mismo tipo.

Solamente en el caso excepcional de que el número de especies se incremente por encima de la medición inicial se esperaría un valor de  $R_N$  superior a 1, pero este escenario sólo sería posible si desaparecieran los disturbios de origen antrópico como la tala, la ganadería, la agricultura y la explotación de hidrocarburos.

#### Proporción de la composición florística ( $R_C$ )

Esta variable evalúa el estado del ecosistema en términos de su estructura través de su composición de especies. Se mide como la proporción de especies del tipo de vegetación  $i$  que están presentes en la muestra  $j$ , la cual se mide de la siguiente forma:

$$R_C = \frac{r_{cij}}{r_{ci(t=0)}} = \frac{r_{cij}}{\sum r_{cij(t=0)}} \quad (\text{Ec. 14})$$

Dónde:

$r$  : riqueza (número de especies) total para la zona de estudio

$r_{cj(t=0)}$  : composición del tipo de vegetación  $i$  en la medición inicial

$r_{cij}$  : composición en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$i$  : número de tipos de vegetación presentes en la zona de estudio

$j$  : número de muestras tomadas por tipo de vegetación

$t$  : tiempo o momento de la medición del índice, ( $t = 0$  es la medición inicial)

Hay que tener en cuenta para su interpretación que  $R_C$  varía entre 0 y 1, de manera que entre más cercano a 1 sea su valor, quiere decir que la composición del tipo de vegetación evaluado es más parecida a la composición esperada (composición del tipo de vegetación  $i$  en  $t=0$ ).

Por composición florística se entiende el conjunto de especies que componen la flora de un área determinada.

El listado para cada tipo de vegetación debe estar reportado en la literatura, o ante la ausencia de dicho dato, se tomará como composición esperada el listado de  $r_{ci(t=0)}$ , el cual, *para el caso del presente proyecto, es el primero que se reporta en el área de estudio*. La composición de especies para un tipo de vegetación excluirá aquellas presentes en ecosistemas transformados correspondientes a ese mismo tipo.

#### Riqueza útil nativa ( $R_U$ )

Esta variable evalúa el estado del ecosistema en términos de los servicios que presta, en este caso, a través de la proporción de especies útiles nativas (o potencialmente útiles) del tipo de vegetación  $i$  que están presentes en la muestra  $j$  (Ecuación 15).

$$R_U = \frac{r_{ui} - r_{ei}}{r_{i(t=0)}} = \frac{r_{ui} - r_{ei}}{\sum r_{ij(t=0)}} \quad (\text{Ec. 15})$$

Dónde:

$r$  : riqueza (número de especies) total para la zona de estudio

$r_{uij}$  : riqueza de útiles nativas en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$r_{eij}$  : riqueza de exóticas (pastos introducidos, arroz) en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$r_{i(t=0)}$  : riqueza total en el tipo de vegetación  $i$  en la medición inicial

$i$  : número de tipos de vegetación presentes en la zona de estudio

$j$  : número de muestras tomadas por tipo de vegetación

$t$  : tiempo o momento de la medición del índice

( $t = 0$  es la medición inicial)

Debido a que el número de especies exóticas puede ser mayor al de especies nativas en un ecosistema que haya sido transformado, la resta entre  $r_{uij}$  y  $r_{eij}$  puede ser negativa; de esta forma los valores de  $R_U$  pueden variar entre -1 y 1, lo cual quiere decir que entre más cercano a 1 sea su valor, hay más especies útiles en el tipo de vegetación en cuestión, mientras que será cercano a -1 entre más especies exóticas se encuentren allí.

## Biomasa útil nativa ( $B_U$ )

Esta variable evalúa el estado del ecosistema en términos de los servicios que presta, en este caso, a través de la proporción de biomasa total de las especies útiles nativas del tipo de vegetación  $i$  que están presentes en la muestra  $j$  (Ecuación 16).

$$B_U = \frac{b_{ui} - b_{ei}}{b_{i(t=0)}} = \frac{b_{ui} - b_{ei}}{\sum b_{ij(t=0)}} \quad (\text{Ec. 16})$$

$b$  : biomasa total para la zona de estudio

$b_{uij}$  : biomasa de especies útiles nativas en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$b_{eij}$  : biomasa de exóticas (pastos introducidos, arroz) en la muestra  $j$  del tipo de vegetación  $i$

$b_{i(t=0)}$  : biomasa total en el tipo de vegetación  $i$  en la medición inicial

$i$  : número de tipos de vegetación presentes en la zona de estudio

$j$  : número de muestras tomadas por tipo de vegetación

$t$  : tiempo o momento de la medición del índice, ( $t=0$  es la medición inicial)

De la misma forma que para  $R_U$ , la biomasa de las especies exóticas puede ser mayor al de las especies nativas en un ecosistema que haya sido transformado, por tanto la resta entre  $b_{uij}$  y  $b_{eij}$  puede ser negativa; de esta forma los valores de  $B_U$  pueden variar entre -1 y 1, lo cual indica que entre más cercano a 1 sea su valor, la biomasa de las especies útiles se encuentra cercano al de la biomasa total esperada para todas las especies en el tipo de vegetación en cuestión, mientras que será cercano a -1 entre mayor sea la biomasa de las especies exóticas que se encuentren allí.

## Monitoreo del índice y las variables

Para evaluar el cambio de este índice en el tiempo, o de cualquiera de sus variables constituyentes de forma independiente, se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \Delta x_i = \left( \frac{x_{i(t+1)}}{x_{i(t=0)}} - 1 \right) * 100 \quad (\text{Ec. 17})$$

Dónde:

$x$  : variable o índice por analizar ( $O_S, R_N, R_C, R_U, B_U$ )

$x_i$  : valor de la variable en el tipo de vegetación  $i$

$i$  : número de tipos de vegetación presentes en la zona de estudio

$t$  : tiempo o momento de la medición del índice,  $t = 0$  es la medición inicial, mientras que  $t+1$  es una medición posterior.

Para las variables  $O_S, R_N$  y  $R_C$ , el cambio en el tiempo de  $x_i$  puede variar desde  $-\infty$  a  $\infty$ , por tanto, un valor de 0 para  $\% \Delta x_i$  significa que la variable se mantuvo igual entre la primera medición y la medición posterior. El valor porcentual de  $\% \Delta x_i$  es positivo cuando hay un incremento en los valores de la variable con respecto a las mediciones anteriores del tipo de vegetación en cuestión, y es negativo cuando, por el contrario, hay una disminución posterior de los valores de dichas variables.

En el caso de la variable  $R_U$ , el cambio en el tiempo de  $x_i$  puede variar desde  $-\infty$  a  $\infty$ , por tanto, un valor de 0 para  $\% \Delta x_i$  ( $\% \Delta R_U$ ) significa que la proporción de especies útiles nativas ( $r_{uij}$ ) o especies exóticas ( $r_{eij}$ ) se mantuvo igual entre la primera medición y la medición posterior. Este valor es positivo para un tipo de vegetación cuando el valor inicial de  $R_U$  es positivo (más especies útiles nativas) y se incrementa la riqueza de especies útiles nativas en mediciones posteriores. En cambio, el valor puede ser negativo en dos casos:

El primero es cuando el valor inicial de  $R_U$  es positivo (más especies útiles nativas), y hubo una disminución posterior del número de las especies nativas útiles.

El segundo caso es cuando el valor inicial de  $R_U$  es negativo (más especies introducidas), lo cual significa que hubo una disminución de la proporción de especies exóticas con respecto a las nativas, las cuales podrían haberse incrementado o haber permanecido en igual número.

Esta misma interpretación se puede hacer para la variable  $B_U$  pero con biomasa (cobertura o área basal) en vez de riqueza.

## Propuesta metodológica para la medición de los índices de salud ecosistémica

### Sabanas

Para medir la riqueza en las sabanas se recomienda usar la metodología propuesta por (Rangel-Ch. & Velásquez, 1997) para el estudio de la vegetación en sabanas, en donde se utilizan unidades de muestreo de 1x1m (Figura 7.2A) distribuidas de manera aleatoria sobre todo el terreno tal como se representa en la Figura 7.2B. El número de muestras dependerá de la extensión del área de interés, sin embargo se recomienda que sean no menos de 25 por cada tipo de vegetación de sabana.

En caso de ser necesario, el equipo debe recolectar muestras botánicas para establecer la identidad correcta

de las especies presentes. Para ello se debe prensar cada espécimen en media hoja doblada de papel periódico. La preservación de los ejemplares se logrará aplicando dentro de una bolsa plástica de calibre grueso alcohol al 70% en cantidad suficiente para empapar en su totalidad el papel periódico.

Para la estimación de la biomasa en sabanas se tendrá en cuenta el parámetro cobertura, la cual se calculará para todas las especies que se registren en cada cuadrante, el cuadrante de 1x1m debe elaborarse con una rejilla de 10 cm, de manera que el área del cuadrante quede dividida en subunidades de 10x10 cm (Figura 7.2A). Cada recuadro de 10x10 cm representa el 1% del área total del cuadrante.

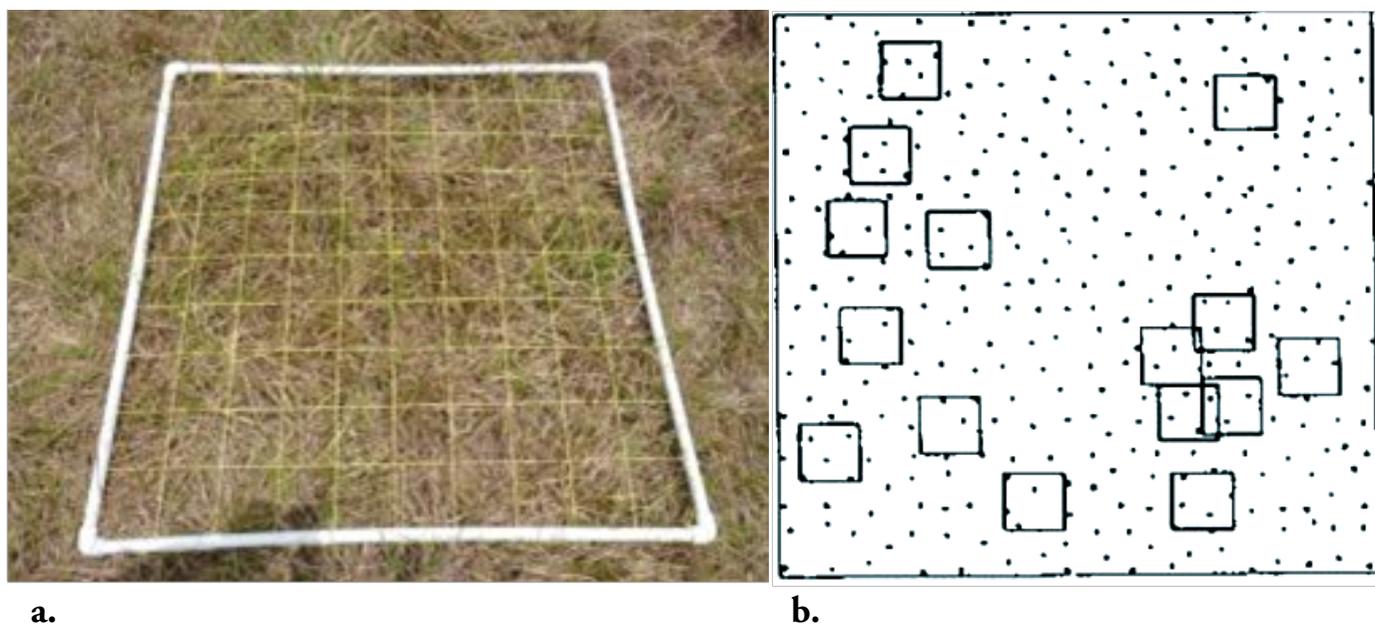


Figura 7.2. A) Modelo del cuadrante de muestreo de 1 m<sup>2</sup>. B) Distribución aleatoria de los cuadrantes sobre el terreno (Matteucci & Colma, 1982).

### Bosques

En los bosques se recomienda usar unidades de muestreo de 50x2m (100 m<sup>2</sup>) (Villareal et al. 2006). Se deberá levantar un total de 10 unidades de muestreo por cada tipo de vegetación (0,1 ha) distanciándolas no menos de 20 m entre sí y distribuyéndolas de forma aleatoria (Figura 7.3A).

Para la estimación de la biomasa en bosques se tendrá en cuenta el parámetro área basal, ya que la abundancia de árboles leñosos con diámetro a la altura del pecho (DAP) >25 cm es indicador de buen estado de conservación de los bosques (gran acumulación de biomasa en

la comunidad). El área basal se calcula a través del DAP (ecuación 18), y éste a su vez se estima a través del CAP (circunferencia o perímetro a la altura del pecho) según se indica en la ecuación 19, aunque también puede utilizarse una cinta diamétrica para tomar la medida del diámetro directamente. Esta variable se mide a 1,3 m desde el suelo (Figura 7.3B).

$$AB_i = \sum AB_{ij} \quad (Ec. 18)$$

$$AB_{ij} = \sum AB_{ijk} \quad (Ec. 19)$$

$$AB_{ijk} = DAP^2 * \pi/4 \quad (Ec. 20)$$

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (Ec. 21)$$

Dónde:

$AB$  : Área basal

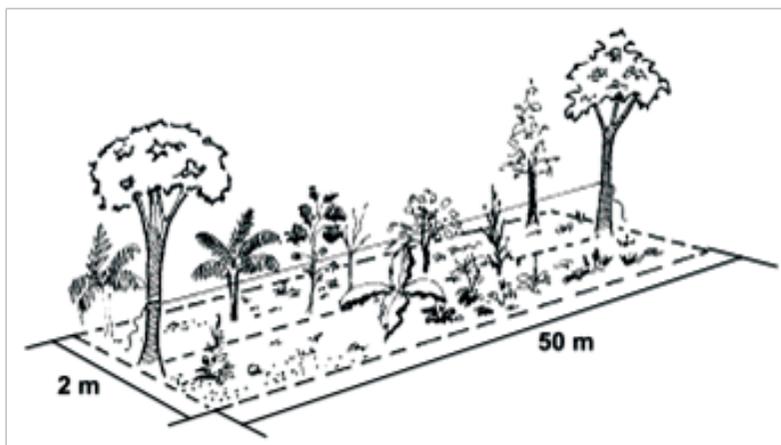
$AB_i$  : Área basal de la especie  $i$

$AB_{ij}$  : Área basal del individuo  $j$  de la especie  $i$

$AB_{ijk}$  : Área basal del tallo  $k$  del individuo  $j$  de la especie  $i$

$CAP$  : Circunferencia a la altura del pecho

$DAP$  : Diámetro a la altura del pecho



a.

b.

**Figura 7.3.** A) Esquema de las parcelas de 50x2 m (Villareal et al. 2006). B) Medición correcta del CAP para la estimación del DAP.

### Periodicidad de las mediciones

Las mediciones de estas variables deben realizarse solamente en la época de lluvias dos veces al año, una vez en el período de entrada de la inundación y otro en la época de descenso. Esto debido a que es en ésta época cuando la diversidad se encuentra en su mayor expresión y el estado fenológico de la mayoría de las especies es reproductivo (floración y/o fructificación), y por tanto se facilita su identificación.

## Resultados

### Servicios ecosistémicos

Se identificaron en sabanas y bosques asociados a la cuenca baja del río Pauto diferentes servicios ecosistémicos de soporte, provisión, regulación y culturales (Gómez-Baggethun & de Groot 2007; Hassan et al. 2005). De estos servicios, solamente se evalúa a través del índice de oferta de servicios ecosistémicos ( $O_s$ ) los siguientes: la biodiversidad (soporte), el alimento, materias primas, recursos genéticos, recursos medicinales y recursos ornamentales (provisión).

### Indicadores de salud ecosistémica

#### Valores de referencia totales para los tipos de vegetación

La mayor riqueza se encontró en los bosques, particularmente los bosques de vega, seguidos de los bosques de galería con un poco más de la mitad de las especies del anterior. Entre las sabanas evaluadas, los bajos mostraron la mayor riqueza, aunque seguida muy de cerca por los bancos (Tabla 7.4). En las sabanas, la mayor biomasa en términos de cobertura se encontró en los bancos, mientras que en los bosques la mayor área basal se encontró en los bosques de vega (Tabla 7.4).

**Tabla 7.4.** Valores de referencia de riqueza y biomasa por tipo de vegetación en la cuenca baja del río Pauto.

Tipo de cobertura	Tipo de Vegetación	Riqueza por tipo de vegetación ( $r_i$ )	Biomasa por tipo de vegetación ( $b_i$ )	
Sabana	Bajo	100	75	Cobertura absoluta (m <sup>2</sup> )
	Banco	89	87	
	Estero	40	62	
Bosque	Bosque de galería	132	9,9	Área basal absoluta (m <sup>2</sup> )
	Bosque de Vega	217	22	
	Morichal	47	3,3	

El listado de especies que componen los tipos de vegetación en las sabanas y los bosques al igual que las especies útiles encontradas se presentan en los trabajos de grado de Giraldo-Kalil 2012, Pagani 2012, Cabrera-Amaya 2013 y en la guía de campo “Flora y fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto (Mora-Fernández C., L. Peñuela Recio 2013).

El mayor número de especies útiles en las sabanas se encontró en los bancos (43 especies), seguido de los bajos (35 especies) y los esteros (16 especies). Los bosques de vega y los de galería tuvieron el mayor número de especies útiles (55 y 56 respectivamente), mientras que en el morichal sólo se encontraron 15 especies. En las sabanas el principal uso de las especies es como forrajeras y como protectoras (cobertura vegetal que evita la erosión), mientras que en los bosques predomina el uso

como madera de las especies leñosas, aunque también hay muchas de ellas que se utilizan como frutales, medicinales o protectoras igualmente.

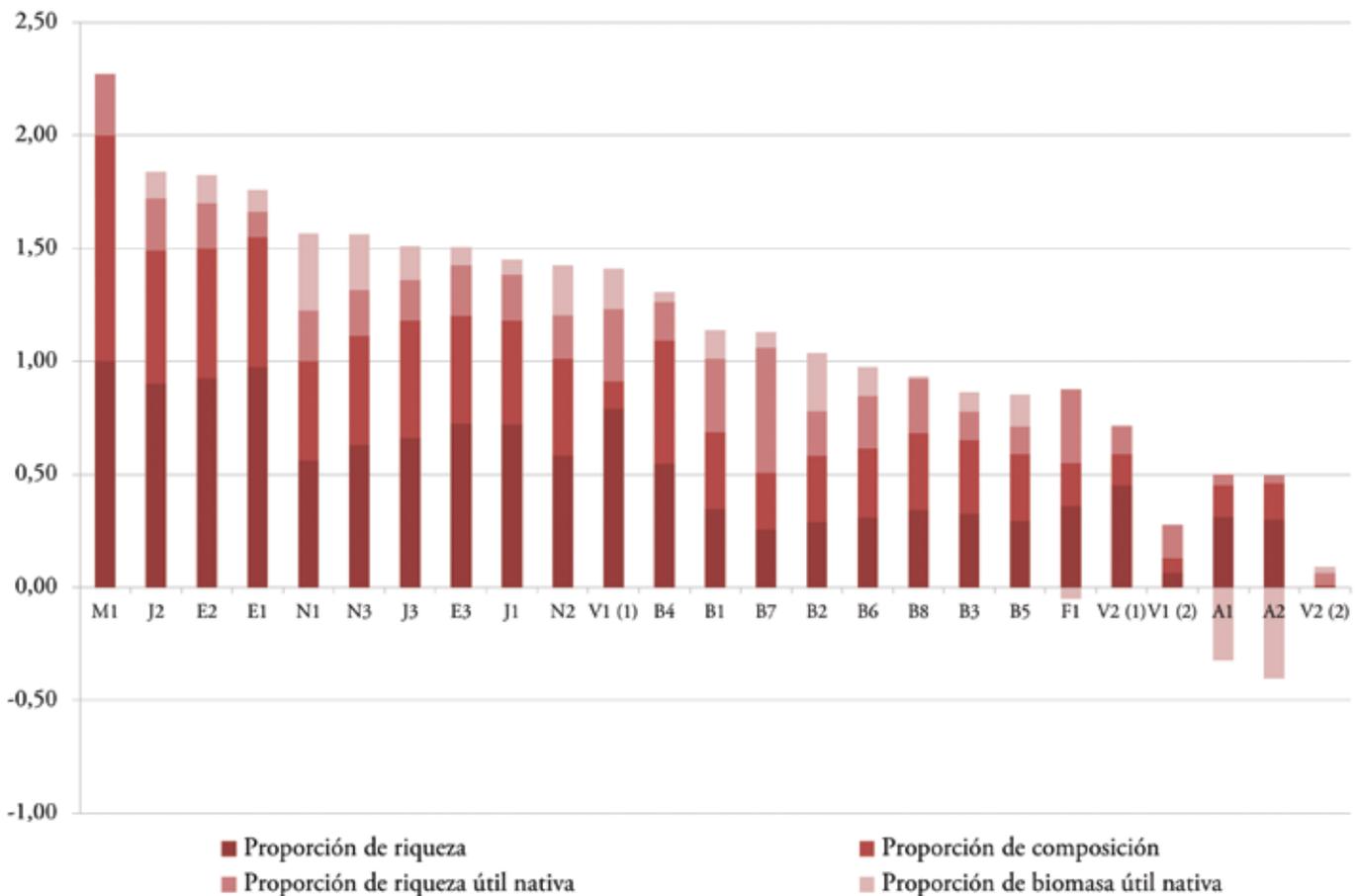
Las únicas especies exóticas encontradas en el muestreo fueron *Urochloa decumbens*, *Urochloa* sp. 1, *Urochloa* sp. 3 y *Oryza sativa*, las tres primeras propias de potreros y la última, como su nombre lo indica, es la especie cultivada en los arrozales.

#### Valores de salud ecosistémica por sitio de muestreo

El único sitio de muestreo evaluado con una muy buena salud ecosistémica es el morichal M1 (Tabla 7.5), principalmente debido a que la proporción de riqueza y de composición son muy altas, no obstante la riqueza y biomasa de especies útiles son muy bajas (Figura 7.4).

**Tabla 7.5.** Valores del índice de oferta de servicios y salud ecosistémica (OS).

Tipo de Vegetación	Sitio de muestreo	Proporción de riqueza ( $R_N$ )	Proporción de composición ( $R_C$ )	Proporción de riqueza útil nativa ( $R_U$ )	Proporción de biomasa útil nativa ( $B_U$ )	Oferta de servicios y salud ecosistémica $O_S$	Escala del indicador $O_S$
Sabana	A1	0,32	0,14	0,05	-0,323	0,187	Malo
Sabana	A2	0,31	0,16	0,04	-0,405	0,102	Malo
Bosque	B1	0,35	0,34	0,33	0,124	1,136	Bueno
Bosque	B2	0,29	0,29	0,2	0,258	1,035	Bueno
Bosque	B3	0,33	0,33	0,12	0,087	0,863	Regular
Bosque	B4	0,55	0,55	0,17	0,046	1,307	Bueno
Bosque	B5	0,29	0,29	0,12	0,143	0,853	Regular
Bosque	B6	0,31	0,3	0,23	0,126	0,974	Regular
Bosque	B7	0,25	0,25	0,55	0,068	1,128	Bueno
Bosque	B8	0,34	0,34	0,24	0,01	0,937	Regular
Sabana	E1	0,98	0,58	0,11	0,099	1,761	Bueno
Sabana	E2	0,93	0,58	0,2	0,124	1,824	Bueno
Sabana	E3	0,73	0,48	0,23	0,081	1,506	Bueno
Sabana	F1	0,36	0,19	0,33	-0,05	0,825	Regular
Sabana	J1	0,73	0,47	0,2	0,068	1,474	Bueno
Sabana	J2	0,92	0,6	0,23	0,12	1,875	Bueno
Sabana	J3	0,67	0,53	0,18	0,15	1,538	Bueno
Bosque	M1	1	1	0,28	0,003	2,279	Muy bueno
Sabana	N1	0,56	0,44	0,22	0,34	1,565	Bueno
Sabana	N2	0,58	0,43	0,19	0,223	1,425	Bueno
Sabana	N3	0,63	0,48	0,2	0,247	1,562	Bueno
Sabana	V1 (1)	0,81	0,12	0,33	0,18	1,435	Bueno
Bosque	V1 (2)	0,06	0,06	0,15	0	0,276	Malo
Sabana	V2 (1)	0,46	0,14	0,12	0,007	0,732	Regular
Bosque	V2 (2)	0	0	0,06	0,026	0,09	Malo



**Figura 7.4.** Sitios de muestreo evaluados en orden de importancia según su índice de oferta de servicios y salud ecosistémica (OS).

Otros sitios de muestreo con una buena salud ecosistémica fueron los bajos de las fincas La Veremos, El Mirador y Matemoriche (J2, J3 y J1), los esteros de las fincas La Veremos, La Bretaña y El Mirador (E2, E1 y E3), los bancos de las fincas Matemoriche, La Palmita y La Veremos (N1, N3 y N2), el bosque de vega transformado en potrero de la finca Altamira (V1-1, comparado con los bajos), el bosque de galería de la finca Candalayes (B4), y finalmente, los bosques de vega de las fincas Altamira, La Lucha y La Bretaña (B1, B7 y B2) (Tabla 7.5). Estos sitios se caracterizan porque además de presentar una buena salud en términos de riqueza y composición, también ofrecen servicios de provisión que se ven reflejados en la riqueza y biomasa de especies útiles (Figura 7.4). A nivel general, en todos los tipos de sabanas la proporción de riqueza de especies útiles nativa es casi la misma, pero en términos de la biomasa de este tipo de especies, los bancos y el potrero V1 son los que mayor proporción presentan. Entre los bosques, B7 se destaca por su mayor riqueza de especies útiles nativas y B2 por una mayor proporción de biomasa de este tipo de especies (Figura 7.4).

Los sitios que dieron como resultado una calificación regular fueron los bosques de galería de las fincas La Palmita y La Bretaña (B8 y B3), el bosque de vega transformado en potrero de la finca el Sinaí (V2-1, comparado con los bajos), los bosques de vega de las fincas San Miguel y El Sinaí (B6 y B5), y finalmente el banco transformado en potrero del colegio Emaus (F1) (Tabla 7.5). En estos sitios de muestreo se observa una proporción de riqueza, de composición y de biomasa de especies útiles muy baja con respecto a aquellos sitios que presentaron mejor calificación de salud ecosistémica (Figura 7.4).

Los sitios de muestreo con la peor calificación fueron los arrozales de las fincas Candalayes y El Mirador (A1 y A2), y los bosques de vega transformados en potrero de las fincas Altamira y El Sinaí (V1-2 y V2-2, comparados con los bosques de vega), (Tabla 7.5). La salud ecosistémica es crítica debido a muy baja proporción de riqueza y composición y una baja calidad de los servicios que prestan a la comunidad, la cual se refleja en la baja proporción de riqueza y biomasa de especies útiles nativas (Figura 7.4).

## Discusión

Entre los servicios de **soporte** identificados se encuentra en primer lugar la **biodiversidad**, pues el Paisaje de Sabanas Inundables (bosques y sabanas) alberga una multitud de especies vegetales que mantienen el funcionamiento de los ecosistemas de los cuales dependen las comunidades locales de la cuenca baja del río Pauto (Acero, 2005; Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Fisher & Trujillo, 2000; Kanninen, 2000; Rivera, 2005; San José & Montes, 2001). De todos los sitios de muestreo y tipos de vegetación evaluados, los que ofrecen una mayor calidad de este servicio son las sabanas (bancos, bajos y esteros), pues los ecosistemas de áreas abiertas siempre muestran una mayor resiliencia a cambios en los regímenes de disturbios que los ecosistemas boscosos (Sarmiento et al. 2004; Sarmiento & Acevedo 1991). Justamente fueron las sabanas naturales las que mostraron los mayores valores de proporción de riqueza y composición, frente a los bajos valores de los bosques, probablemente porque son los más intervenidos en términos de entresaca de madera, tala para ampliación de potreros y en algunas ocasiones pastoreo de ganado, el cual ramonea los individuos jóvenes de las especies arbóreas presentes en la regeneración natural. Los sitios de muestreo con las menores calificaciones de salud ecosistémica (arrozales y potreros) precisamente demuestran los graves efectos que tienen sobre los ecosistemas naturales las alteraciones que causan actividades económicas como el reemplazo de bosques y sabanas por potreros de pastos introducidos y cultivos de arroz, de manera que se manifiestan en primera medida en una pérdida de la diversidad de plantas. El hecho de que los morichales muestren la mejor calificación de salud ecosistémica es una buena noticia, pues son ecosistemas muy explotados en la Orinoquía colombiana (Caro, 2006; Trujillo-González et al. 2011); no obstante, este resultado puede deberse particularmente a que los valores totales para ese tipo de vegetación se establecieron con base a la única muestra tomada que fue el sitio de muestreo M1. En todo caso, este es un valor que sirve como referencia para el futuro monitoreo de los morichales en la zona de estudio y seguramente puede mejorarse fácilmente incrementando el muestreo en este tipo de vegetación.

Otros servicios asociados con el funcionamiento de los ecosistemas que están estrechamente relacionados con la biodiversidad no fueron evaluados directamente, pero aun así la literatura destaca que las especies de

plantas presentes en la Orinoquía (incluida la cuenca baja del río Pauto) también hacen parte de los **ciclos de nutrientes**, incorporándolos en sus tejidos cuando los toman desde el suelo a través de las raíces, y los ponen a disposición de la fauna silvestre y de los habitantes, quienes a su vez los necesitan para sus actividades económicas y nuevamente regresan al suelo en forma de necromasa y residuos (Acero, 2005; Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Fisher & Trujillo, 2000; Kanninen, 2000; Rivera, 2005; San José & Montes, 2001). Complementario a este servicio, las especies vegetales también intervienen en la **formación de suelo** pues le aportan materia orgánica proveniente de su necromasa, aumentando la presencia de materia orgánica o a través de simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno (en el caso de las leguminosas), lo cual facilita la llegada y establecimiento de comunidades de microorganismos y artrópoda del suelo que modifican las características fisicoquímicas de éste y así lo hacen apto para el establecimiento de otras especies vegetales silvestres o domésticas, en el caso de la agricultura (Acero, 2005; Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Fisher & Trujillo, 2000; Kanninen, 2000; Rivera, 2005; San José & Montes, 2001; Trujillo-González et al. 2011). Siempre y cuando los tipos de vegetación en la cuenca baja del río Pauto mantengan una buena salud ecosistémica, se garantiza totalmente que servicios como la formación de suelo y los ciclos de nutrientes se sigan prestando con una buena calidad.

Estos dos últimos servicios están íntimamente relacionados con la **producción primaria**, pues las plantas son las responsables de captar la energía solar para producir carbohidratos que utilizan en sus funciones metabólicas y en la síntesis de sustancias como la celulosa y la lignina (forraje y madera) (Acero, 2005; Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Fisher & Trujillo, 2000; Kanninen, 2000; Rivera, 2005; San José & Montes, 2001). De estas sustancias depende la fauna silvestre e introducida a diferentes niveles, y así mismo las comunidades campesinas de la zona, de manera que este servicio también está asociado estrechamente con los **servicios de provisión**. Los ecosistemas de la cuenca baja del río Pauto cumplen completamente con la prestación de este servicio, pues a pesar de que en los ecosistemas transformados la mayor parte de la producción primaria (biomasa) se encuentra en especies introducidas, la extensión de éstos es muy

pequeña en comparación con el área de los ecosistemas naturales como bosques y sabanas; de esta forma, siempre y cuando estos ecosistemas transformados no incrementen su extensión, la salud de los ecosistemas en esta región seguirá siendo buena.

Algunos **servicios de provisión** que prestan las especies vegetales en la cuenca baja del río Pauto son alimento, materias primas, y recursos genéticos, medicinales y ornamentales. El **alimento** depende de la existencia de producción primaria, que sólo es posible gracias a la presencia de las plantas en su riqueza y estructura particulares de este paisaje orinocense. El alimento puede estar representado en frutos carnosos comestibles, en el caso de las especies nativas, o en toda la gama de productos vegetales que brindan las especies cultivadas (Acero, 2005; Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Fisher & Trujillo, 2000; Kanninen, 2000; Peñuela & Fernández, 2010; Rivera, 2005; San José & Montes, 2001). Los sitios de muestreo que obtuvieron una calificación buena como las sabanas, se caracterizan porque además de presentar una buena salud ecosistémica en términos de riqueza y composición, también ofrecen servicios de provisión como alimento para el ganado (en el caso de las sabanas) y materias primas como madera y leña (en el caso de los bosques). A pesar de que la calidad nutricional que ofrecen los pastos nativos no siempre es tan buena como la que ofrecen las especies introducidas, se ha demostrado ampliamente que el reemplazo de los ecosistemas naturales de sabana por potreros no ofrece las mismas ventajas que un manejo adecuado de las especies forrajeras nativas (Baldizán & Chacón, 2007; Chacón & Orozco, 2006; Chacón et al. 2006; Peñuela & Fernández, 2010; Peñuela et al. 2011b).

De la misma forma, aunque particularmente para el caso de los bosques, las especies vegetales proveen a las comunidades locales de **materias primas** para mobiliario, postes para cercas y construcción principalmente, así como para artesanías, utensilios e instrumentos musicales en segundo lugar (Acero, 2005; Kanninen, 2000; Trujillo-González et al. 2011). En este caso, se evidencia que la oferta de especies útiles es relativamente baja, lo cual refuerza el hecho de que la reducción del área de los fragmentos de bosque para ampliar potreros y cultivos reduce igualmente la riqueza; pero además, junto a la baja proporción de biomasa de las especies útiles, esto puede ser un indicador de entresaca de madera y de un uso inadecuado de los recursos forestales

de los bosques. No obstante, este hecho en parte es bueno, pues denota también que existe un uso real actual de los bosques por parte de los habitantes de la región y se puede considerar como un capital natural invaluable que representaría un gran potencial económico si se aprovecha de la forma adecuada.

Otro servicio de provisión muy importante en la Orinoquía son los **recursos genéticos**, representados en la amplia variabilidad genética indispensable para el mantenimiento de poblaciones saludables de todas las especies, tanto aquellas que son utilizadas por los habitantes como aquellas que no. Las especies vegetales en la cuenca media y baja del río Pauto también proveen a los campesinos de diversas fuentes de **medicinas naturales** que se extraen de bosques y sabanas, y representan una alternativa económica ante la escasez de dinero o falta de vías de acceso y medios de transporte hacia los centros de salud más cercanos (Acero, 2005; Misión Rural, 1998). El último de los servicios de provisión identificados son los **recursos ornamentales**, servicio que depende también de los servicios culturales que presta la flora en cuenca baja del río Pauto, en donde especies tanto nativas como introducidas son importantes por su valor ornamental para los pobladores locales (Acero, 2005).

En cuanto a los **servicios de regulación**, básicamente la prevención de disturbios es el más importante, pues la presencia de la vegetación (tipo sabana o tipo bosque) en la cuenca baja del río Pauto permite atenuar disturbios perjudiciales para los pobladores de esta zona, principalmente inundaciones, crecientes, erosión y fuegos (García-Fayos, 2008). Como ejemplo en el caso de los bosques están la prevención de desbordamientos y crecientes de ríos y caños y la contención de fuegos naturales, y por igual para sabanas y bosques está la prevención contra la erosión (Rivera, 2005; Trujillo-González et al. 2011). Como los suelos de esta región son muy inestables y tienen poca cohesión, son propensos a soliflucción, de manera que durante la época seca quedan expuestos a la acción del viento, y sin cobertura vegetal pueden convertirse en desiertos (Rivera, 2005). Además, la vegetación de bosques y sabanas también regula la disponibilidad del recurso hídrico, pues el agua se retiene en el suelo y se libera lentamente debido a la disminución de la escorrentía superficial, de forma tal que en la época seca hay menor probabilidad de que los caños se sequen totalmente si la cobertura vegetal se encuentra en buenas condiciones (Ataroff & Rada,

2000; Fonseca & Ataroff, 2005; García-Fayos, 2008).

Por último, dentro de los **servicios culturales** que prestan las plantas en la cuenca baja del río Pauto se encuentran la belleza escénica, la recreación, la información cultural y artística, la información espiritual y el potencial en ciencia y educación. En cuanto a **belleza escénica**, es bien sabido que tanto para los campesinos nativos de la zona como para los dueños de fincas y visitantes provenientes de las ciudades, es un espectáculo apreciar la naturaleza del campo en la Orinoquía, de manera que es un servicio de gran relevancia, incluso cuando en ocasiones es necesario sacrificar un poco de esa belleza natural de los paisajes orinocenses en pro de la industria ganadera o agrícola (cultivos de arroz), y por supuesto, el componente vegetal es el que configura este tipo de paisajes (Peñuela et al. 2011a; Romero-Ibarra, 1988; Vargas-Barón, 1996). Hablando de **recreación**, los paisajes naturales del llano son el lugar predilecto para el esparcimiento de locales y visitantes, en particular para actividades como la equitación, pues sus amplios espacios abiertos y sin relieve facilitan las cabalgatas recreativas y apreciar las tareas típicas de la cultura ganadera en el llano (Misión Rural, 1998), pero obviamente no es lo mismo un potrero que una sabana natural en donde no sólo las plantas típicas conforman el paisaje sino que asociadas a éstas se encuentra toda la fauna de la Orinoquía.

En cuanto a **información cultural y artística**, los paisajes llaneros son la principal fuente de inspiración de todas las formas de arte como dan cuenta la multitud de canciones cuyos temas giran en torno a especies de flora o fauna particulares, además de que constituyen los escenarios de las leyendas tradicionales de la región y han sido plasmados igualmente a través de la pintura y la fotografía (Rivera, 2005; Romero-Ibarra, 1988; Vargas-Barón, 1996). En el caso de los bosques, la provisión de maderas nativas para distintos fines no solo se ve representada en un servicio de provisión sino además de tipo cultural, ya que el conocimiento de la calidad de las maderas, los usos para los que cada una es apropiada y la forma en que debe ser trabajada según el caso, se hereda de generación en generación (Acero, 2005), en contraposición a las plantaciones forestales a las que sólo se tiene acceso desde el sector industrial (Gómez et al. 2008).

La **información espiritual** es un servicio que se relaciona con todos los anteriores, dado que la espiritualidad

está ligada a su desarrollo; la recreación, la inspiración para el arte y la contemplación son un medio que locales y visitantes del llano utilizan para entrar en comunión con sus más profundas creencias, sean las que sean (Rivera, 2005; Vargas-Barón, 1996). Finalmente, en lo relacionado con **ciencia y educación**, la flora y vegetación proporcionan una oportunidad invaluable para el desarrollo de la ciencia a través de la investigación y también para la enseñanza para niños y adultos de acerca de todos los beneficios que pueden obtener del ambiente en el llano y que por ende como habitantes deber tener unas obligaciones que permitan garantizar estos beneficios a largo plazo (Peñuela et al. 2011a).

En el anexo 11, encontrara el formato del registro de los indicadores y los criterios a tener en cuenta en el momento de interpreta el indicador.

### **Propuesta de indicador de diversidad funcional del ensamblaje de murciélagos (FAD) para evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables del río Pauto.**

#### **Métodos**

##### *Identificación de servicios ecosistémicos*

Aunque las interacciones entre diferentes especies pueden proveer una amplia gama de beneficios, tales como el recambio de nutrientes, cambios en la composición del suelo, aumento en la oferta de recursos genéticos, entre otros, solo consideramos aquellos que serán reflejados directamente dentro del indicador propuesto, en este caso servicios de soporte de control de plagas, dispersión de semillas y polinización.

En el Neotrópico, los murciélagos representan hasta el 50% de la fauna de mamíferos asociada a los bosques de tierras bajas, donde algunas localidades pueden soportar hasta 110 especies (Voss & Emmons 1996, Lim & Ergmstron 2001). Factores como el tamaño (Willig et al. 2003), las especializaciones fisiológicas y morfológicas (Swartz et al. 2003), las estrategias de forrajeo (Soriano 2000, Dumont 2003) y las diferencias en el uso de refugios (Kunz & Lumsden 2003), han sido utilizados para explicar la gran diversidad taxonómica de este grupo. En este contexto, se ha propuesto que el comportamiento alimentario es primordial en la estrategia de partición de recursos (Fleming 1986, Kalko et al. 1996, Patterson et al. 2003, Giannini & Kalko 2004). Por lo tanto, los murciélagos interactúan con una gran

variedad de entidades biológicas al consumir diferentes tipos de recursos como artrópodos, néctar y frutos, por lo que cambios en la diversidad de este grupo de fauna pueden reflejar los efectos de la degradación ambiental sobre procesos ecológicos claves como el control de plagas, la dispersión de semillas y la polinización (Solari et al. 2002, Muscarella & Fleming 2007, Kunz et al. 2011). Además, debido a que algunas especies presentan requerimientos de hábitat más específicos que otras, la presencia de éstas puede ser un importante indicador medioambiental, al responder de una manera predecible a una gran variedad de estreses.

#### *Propuesta conceptual de índices de salud ecosistémica*

**Descripción de los indicadores:** En nuestra propuesta, el indicador asume que la salud ecosistémica es buena si es capaz de sostener comunidades biológicas que son funcionalmente diversas, y que por lo tanto, permiten proveer diferentes clases de servicios ecosistémicos. En este contexto evaluaremos la salud ecosistémica de los bosques de galería a través del análisis de la diversidad funcional de los atributos de ensamblajes de murciélagos, entendidos como especies de una misma categoría taxonómica que comparten un mismo recurso, por ejemplo, murciélagos frugívoros (Sensu Fauth et al. 1996, Patterson et al. 2003)

**Diversidad funcional del ensamblaje de murciélagos en la zona:** Calculamos la diversidad funcional de atributos basados en el procedimiento descrito por Walker et al. (1999) y Petchey & Gaston (2006). El indicador está basado en el número de combinaciones de atributos diferentes que se presentan en el ensamblaje (FAD1) y en la suma de la distancia estandarizada entre todos los pares de especies en el espacio de atributos (FAD2) (Schmera et al. 2009). Asumimos que entre mayor diversidad de atributos exista entre las especies presentes en un área, mayor será la capacidad de éstas para proveer diferentes servicios de soporte.

Calculamos FAD2 utilizando la fórmula propuesta por Schmera et al. 2009:

$$FAD2 = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij} \quad (Ec. 22)$$

Dónde:

$N$  : representa el número total de combinaciones de atributos.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^k (A_{kj} - A_{ki})^2} \quad (Ec. 23)$$

corresponde a la distancia existente entre el atributo  $k$  en la especie  $j$  y el atributo  $k$  en la especie  $i$ .

Estimamos los valores de tres atributos funcionales para las especies de murciélagos registradas: Estrategias de Forrajeo, Tipos de dieta y Tamaño. A continuación explicamos los criterios que tuvimos en cuenta para la elección de cada atributo.

**Estrategias de Forrajeo:** Las estrategias de forrajeo constituyen un mecanismo que permite a las especies repartir los recursos y aprovechar la heterogeneidad de hábitats existente dentro de un ecosistema (Patterson et al. 2003). En este sentido, entre más estrategias de forrajeo existan, más recursos y espacios pueden ser utilizados, y por lo tanto, el ensamblaje puede estar involucrado en más procesos ecosistémicos. Asignamos un valor de atributos basados en la manera que las especies obtienen el alimento y utilizan los espacios a nivel horizontal y vertical (Kalko et al. 1996, Soriano 2000, Solari et al. 2002). En nuestro caso, dividimos los murciélagos frugívoros en especies de sotobosque y de dosel, puesto que en este grupo la estratificación vertical constituye uno de los principales mecanismos de partición de recursos (Dumont 2003). Para las demás especies utilizamos las siguientes categorías: Forrajadores de follaje (murciélagos que forrajean en espacios con vegetación densa a nivel horizontal), forrajadores aéreos en zonas de follaje (murciélagos que capturan sus presas en espacios abiertos cercanos a vegetación densa a nivel horizontal) y forrajadores aéreos en zonas abiertas (murciélagos que forrajean principalmente en áreas abiertas).

**Tipo de dieta:** El comportamiento alimentario juega un papel principal en la estrategia de partición de recursos dentro de los ensamblajes de murciélagos (Fleming 1986, Kalko et al. 1996, Patterson et al. 2003, Giannini & Kalko 2004). Por esta razón, este atributo refleja la variedad de procesos ecológicos en los que los murciélagos están involucrados, entre los que se encuentran la dispersión de semillas, la polinización y el control de plagas. Para el cálculo de los índices, no se tomaron en

cuenta aquellas especies que no proveen un beneficio directo para el ecosistema al consumir el recurso. Por lo tanto, las especies de *Chiroderma* spp. fueron excluidas debido a que se han registrado como depredadoras de semillas (Nogueira & Peracch 2003). Así mismo, la especie *Desmodus rotundus* tampoco fue tomada en cuenta debido a sus hábitos hematófagos y a que es concebida como perjudicial por los pobladores locales. El tipo de dieta se encuentra basado en ítem que es consumido en mayor medida por cada especie. Si la especie consume en proporciones similares diferentes recursos, la clasificamos como omnívora. Las categorías tróficas fueron basadas en artículos (Sánchez Palomino et al. 1993, Soriano 2000, Giannini & Kalko 2004), guías (Emmons & Feer 1997) las bases de datos de Mammalian Species y la IUCN.

**Tamaño:** El tamaño constituye uno de los principales mecanismos que facilitan la partición de recursos en las comunidades locales (Willig et al. 2003). Este parámetro limita el tipo de recursos al que las especies pueden acceder y las cadenas tróficas que se pueden conformar. El tamaño de las especies está basado en la longitud del antebrazo. Para ello, nos basamos en los ejemplares recolectados en campo o en ejemplares depositados en la colección del Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.

Convertimos cada atributo a una escala de 1 a 5 (Tabla 7.6), con el fin de estandarizar los valores y utilizarlos en el cálculo de los índices. Consideramos que si existe un muestreo que sea representativo en cada zona de muestreo, la riqueza de los atributos funcionales será también representativa. Por lo tanto, debido a que utilizamos redes de niebla para la captura de murciélagos, solo tomamos en cuenta los datos de las especies que son más susceptibles a ser capturadas con esta metodología, es decir todas las pertenecientes a la familia Phyllostomidae (Kunz & Parson 2009).

Con el fin de tener una referencia sobre el valor máximo de diversidad funcional que podía alcanzar el ensamblaje de mamíferos en el área, tomamos en cuenta la lista de especies presentada en la guía de campo “Flora y fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto” (Mora-Fernández C., L. Peñuela Recio 2013), y calculamos tanto FAD1 como FAD2. Para ello, escogimos aquellas especies con registros en el área o de distribución amplia, y les asignamos los valores correspondientes a cada atributo funcional (Tabla 7.7).

**Tabla 7.6.** Valores de cada atributo empleado en el cálculo de los índices de diversidad funcional. Estrategias de forrajeo: Aea: Forrajeadores aéreos en zonas abiertas, AF: forrajeadores aéreos en zonas de follaje, FD: Frugívoros de dosel, FF: Forrajeadores de follaje, FS: Frugívoros de sotobosque; Categorías tróficas: C: Carnívoro, F: Frugívoro, I: Insectívoro, N: Nectarívoro, O: Omnívoro

Valor del atributo					
	1	2	3	4	5
Estrategias de Forrajeo	FD	FS	FF	AF	Aea
Categorías tróficas	O	N	F	I	C
Tamaño	30 - 35 mm	35 - 40 mm	40 - 50 mm	50 - 65 mm	> 65 mm

Asumimos que el índice obtenido para todas las especies de filostómidos con distribución probable en el área corresponde al 100 % del valor potencial máximo de diversidad funcional y generamos una escala de valores de 1 a 5 correspondiente a los siguientes porcentajes de este valor: 1 (0-20%), 2 (20-40%), 3 (40-60%), 4 (60-80%), 5 (80-100%). Finalmente combinamos los resultados de ambos índices (FAD1 y FAD2) para generar un indicador de la diversidad funcional en el área (Anexo 12).

El indicador fue utilizado empleando los datos de las capturas registradas durante las salidas de campo en 2012 para la cuenca baja del río Pauto. Los resultados de estas capturas y la representatividad del muestreo se presentan en el trabajo de grado Bueno-Castellanos 2012 y el listado de especies en la guía de campo “Flora y fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto” (Mora-Fernández C., L. Peñuela Recio 2013).

*Propuesta metodológica para la medición del indicador FAD*

Captura de murciélagos con redes de niebla o equipos disponibles (Tomando en cuenta que el esfuerzo de muestreo debe ser el mismo cada vez que se haga la evaluación). Realización de curvas de acumulación de especies para evidenciar la representatividad del muestreo, la cual se recomienda sea como mínimo del 80%. Clasificación de atributos funcionales para cada especie capturada. Aplicación de los índices y utilización del Anexo 12 de categorías de diversidad funcional propuesta.

Las mediciones se recomiendan hacerse dos veces al año, en la época de lluvias y en la época de sequía, cada dos años. Esto debido a que se tendría una mejor repre-

sentatividad del ensamblaje de murciélagos filostómidos presente es en área de estudio.

**Tabla 7.7.** Valores de atributo funcional de cada especie de murciélago utilizada para calcular el índice de diversidad funcional. \*especie registrada en este estudio

Especie	Abreviatura	Estrategias de Forrajeo	Tipo de dieta	Tamaño
<i>Anoura caudifer</i>	Ac	3	2	2
<i>Anoura geoffroyi</i>	Age	3	2	3
<i>Artibeus gnomus</i> *	Ag	1	3	2
<i>Artibeus lituratus</i> *	Al	1	3	5
<i>Artibeus obscurus</i> *	Ao	1	3	4
<i>Artibeus phaeotis</i>	Aph	1	3	2
<i>Artibeus planirostris</i> *	Ap	1	3	4
<i>Carollia brevicauda</i> *	Cb	2	3	2
<i>Carollia castanea</i>	Cc	2	3	1
<i>Carollia perspicillata</i> *	Cp	2	3	3
<i>Choeroniscus godmani</i>	Cg	3	2	1
<i>Chrotopterus auritus</i>	Ca	3	5	5
<i>Enchistenes hartii</i>	Eh	1	3	2
<i>Glossophaga longirostris</i>	Gl	3	2	2
<i>Glossophaga soricina</i> *	Gs	3	1	2
<i>Lamproncycteris brachyotis</i> *	Lb	3	4	2
<i>Lionycteris spurrelli</i>	Ls	3	2	1
<i>Lonchophylla robusta</i>	Lr	3	2	3
<i>Lonchophylla thomasi</i>	Lt	3	2	1
<i>Lonchorhina aurita</i>	La	3	2	4
<i>Lophostoma brasiliense</i> *	Lbr	3	4	2
<i>Lophostoma silvicolum</i> *	Ls	3	4	4
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	Mm	5	4	2
<i>Mesophylla macconnelli</i> *	Mam	1	3	1
<i>Micronycteris megalotis</i> *	Mim	3	4	1
<i>Micronycteris schmidthorum</i>	Msch	3	4	2
<i>Micronycteris minuta</i> *	Mmi	3	4	2
<i>Mimon crenulatum</i> *	Mc	3	4	3
<i>Phylloderma stenops</i>	Ps	3	1	4
<i>Phyllostomus discolor</i> *	Pd	3	1	4
<i>Phyllostomus elongates</i> *	Pe	3	1	4
<i>Phyllostomus hastatus</i> *	Ph	3	1	5
<i>Platyrrhinus brachycephalus</i> *	Pb	1	3	2
<i>Platyrrhinus helleri</i>	Phl	1	3	2
<i>Rhinophylla fischeriae</i>	Rf	2	3	1
<i>Rhinophylla pumilio</i>	Rp	2	3	1
<i>Sphaeronycteris taxonphyllum</i>	Sto	1	3	2
<i>Sturnira erythromos</i>	Se	2	3	3
<i>Sturnira lilium</i> *	Sl	2	3	3
<i>Sturnira ludovici</i>	Slu	2	3	3
<i>Sturnira tildae</i>	St	2	3	3
<i>Tonatia saurophila</i> *	Ts	3	4	4
<i>Trachops cirrhosis</i> *	Tc	3	1	4
<i>Trinycteris nicefori</i>	Tn	3	4	3
<i>Uroderma bilobatum</i> *	Ub	1	3	3
<i>Uroderma magnirostrum</i> *	Um	1	3	3
<i>Vampyressa thuyone</i>	Vt	1	3	1
<i>Vampyrodes caraccioli</i>	Vc	1	3	4
<i>Vampyrum spectrum</i>	Vs	3	5	5

## Resultados

El número de combinaciones de atributos (FAD1) registrada para la lista de especies presentada en la Tabla 7.7 fue de 18 (Tabla 7.8).

Los grupos con el mayor número de especies (seis cada uno) corresponden a los conformados por especies pequeñas (antebrazo 35 -40 mm), de insectívoros recolectores de follaje (N14) frugívoros de dosel y frugívoros de sotobosque (N7). Cinco especies (*Macrophyllum macrophyllum*, *Mimon crenulatum*, *Phyllostomus hastatus*, *Glossophaga soricina* y *Artibeus lituratus*), presentan atributos únicos. Con base en estas combinaciones, el valor calculado de FAD2 correspondió a 2,047. La matriz utilizada para realizar el cálculo se presenta en la Tabla 7.9.

Al revisar la lista de especies registrada durante las salidas de campo en 2012, encontramos que no existen especies representantes de cinco combinaciones, representadas por tres grupos de murciélagos nectarívoros (N11, N12, N13) un grupo de murciélagos carnívoros (N17) y un grupo representado por *M. macrophyllum* (N18). Los valores de FAD1 y FAD2 para el ensamblaje de murciélagos muestreado en este estudio se muestra en la Tabla 7.10. Con base en estos resultados y la Tabla 10, consideramos que la diversidad funcional de la

cuenca es alta a nivel regional.

## Discusión

### Patrones de diversidad funcional

Los resultados presentados aquí permiten inferir que el área de estudio soporta una fauna capaz de proveer diferentes servicios ambientales de soporte dentro de los ecosistemas. En términos generales, se encontró un ensamblaje de murciélagos diverso, de especies con hábitos y requerimientos de hábitat muy variados. Esto se evidenció tanto en el índice de diversidad de atributos (FAD1) como la distancia estandarizada entre todos los pares de especies en el espacio de atributos (FAD2), los cuales arrojaron valores altos con respecto al valor máximo planteado para la zona.

Las especies registradas reflejan la capacidad del ecosistema para proveer los servicios ambientales de soporte evaluados (dispersión de semillas, polinización y control de poblaciones). Especies frugívoras como *C. perspicillata*, *P. brachycephalus* y *A. lituratus*, han sido reconocidas como importantes dispersores de semillas de plantas pioneras, por lo que cumplen un papel esencial en el mantenimiento de los procesos sucesionales dentro de los bosques (Dumont 2003, Muscarella & Fleming 2007). Si se toma en cuenta que estas tres especies pertenecen a grupos distintos dentro de la clasificación

**Tabla 7.8.** Combinaciones de atributos existentes dentro del ensamblaje de murciélagos con presencia probable en el área de estudio.

Las abreviaciones corresponden a las presentadas en la Tabla .

\*combinaciones no registradas durante los meses de marzo y julio de 2012

Combinación	Especies	Estrategias de Forrajeo	Tipo de dieta	Tamaño
N1	Mm, Vt	1	3	1
N2	Ag, Aph, Eh, Pb, Phl, Sto	1	3	2
N3	Ub, Um	1	3	3
N4	Ao, Ap, Vc	1	3	4
N5	Al	1	3	5
N6	Cc, Rf, Rp	2	3	1
N7	Cb Cp Se, Sl, Slu, St	2	3	2
N8	Gs	3	1	2
N9	Ps, Pd, Pe, Tc	3	1	4
N10	Ph	3	1	5
N11*	Cg, Ls, Lt	3	2	1
N12*	Ac, Gl	3	2	2
N13*	Age, Lr	3	2	3
N14	Lb, Lbr, Mim, Ms, Mmi, Tn	3	4	2
N15	Mc	3	4	3
N16	Los, Ts, La	3	4	4
N17*	Ca, Vs	3	5	5
N18*	Mam	5	4	2

presentada en la Tabla 7.7, se puede inferir que gracias a que presentan diferentes áreas de acción (reflejadas por el tamaño) y estrategias de forrajeo, los patrones de deposición de semillas de las plantas consumidas deben ser distintos, y por lo tanto los servicios de dispersión que prestan son complementarios. Esto ocurre también con los murciélagos insectívoros, en donde existen especies que centran su dieta en diferentes tipos de insectos.

Adaptaciones a nivel craneal y diferenciaciones de talla limitan el tipo de presas al que las especies pueden acceder (Willig et al. 2003). Por lo tanto, aunque varias especies pueden estar agrupadas dentro de una categoría general de “forrajeadores insectívoros de follaje”, debe tenerse en cuenta que tienen atributos diferentes que no fueron analizados en este estudio.

**Tabla 7.9.** Valores de dij para las combinaciones de atributos identificadas.

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18
N1	0																	
N2	1	0																
N3	4	1	0															
N4	9	4	1	0														
N5	16	9	4	1	0													
N6	1	2	5	10	17	0												
N7	2	1	2	5	10	1	0											
N8	9	8	9	12	17	6	5	0										
N9	17	12	9	8	9	14	9	4	0									
N10	24	17	12	9	8	21	14	9	1	0								
N11	5	6	9	14	21	2	3	2	10	17	0							
N12	6	5	6	9	14	3	2	1	5	10	1	0						
N13	9	6	5	6	9	6	3	2	2	5	4	1	0					
N14	6	5	6	9	14	3	2	9	13	18	5	4	5	0				
N15	9	6	5	6	9	6	3	10	10	13	8	5	4	1	0			
N16	14	9	6	5	6	11	6	13	9	10	13	8	5	4	1	0		
N17	24	17	12	9	8	21	14	25	17	16	25	18	13	10	5	2	0	
N18	18	17	18	21	26	11	10	13	17	22	9	8	9	4	5	8	14	0

**Tabla 7.10.** Valores de FAD1 y FAD2 registrados para la cuenca baja del río Pauto durante marzo y julio de 2012.

	FAD1	FAD2
Máxima	18	2.04
Registrada	13	1.92
%	72.2	94

Además de consumir diferentes tipos de alimentos, las especies registradas también utilizan de manera diferencial los diferentes estratos de la vegetación y algunas

de ellas se relacionan con bosques más conservados. La presencia de varias especies de la subfamilia Phyllostominae, tales como *Micronycteris minuta*, *Tonatia saurophila* y *Lophostoma silvicolum*, sugiere que los bosques estudiados aún presentan una estructura vegetal lo suficientemente compleja para albergar una fauna heterogénea y diversa (Fenton et al. 1992, Medellín et al. 2000, Jiménez-Ortega & Mantilla-Meluk 2007). De las 23 especies de filostómidos registradas en este estudio, más del 50 % (12) corresponden a miembros de la subfamilia Phyllostominae. La diversidad funcional encontrada, por lo tanto, es un reflejo de la heterogeneidad espacial de la zona, la cual ofrece diferentes tipos

de recursos en un gradiente vertical y horizontal a nivel de la vegetación, y se relaciona con áreas capaces de sostener poblaciones viables que interactúan en procesos ecosistémicos más variados.

Finalmente, el hecho de que los valores de diversidad funcional obtenidos en el presente estudio sean menores a los valores máximos registrados para el ensamblaje de especies, se debe a que no se capturaron murciélagos nectarívoros y carnívoros estrictos. Por lo tanto, la diversidad funcional encontrada está representada principalmente por servicios de dispersión de semillas y control de artrópodos, procesos indispensables para el mantenimiento de la dinámica poblacional de fauna y flora en la zona.

#### *Limitaciones y recomendaciones*

Según la clasificación presentada, las especies que conforman cada grupo serían redundantes en términos de los servicios ecosistémicos que prestan. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esto se debe a que se están evaluando atributos y procesos en una escala muy general. Por ejemplo, aunque especies como *C. perspicillata*, *C. brevicauda* y *S. liliium* se encuentran agrupadas dentro de la misma categoría (especies frugívoras de sotobosque de tamaño pequeño – N7), se ha demostrado que consumen especies de plantas diferentes (Bonnacorso et al. 1979). Desafortunadamente, en muchos casos no se conocen las dietas de varias especies de murciélagos, por lo que solo se pueden asignar categorías generales como “frugívoro” o “insectívoro”. Desarrollar estudios que exploren la dieta, el comportamiento y la dinámica poblacional de los murciélagos es de suma importancia para explorar otros atributos que aumenten la resolución de los análisis de diversidad funcional.

Uno de los principales limitantes de este trabajo fue que no existían estudios previos que permitieran comparar los patrones de diversidad funcional en una escala temporal mayor. Además, la escasez de inventarios y análisis de riqueza, composición y patrones de abundancia de los ensamblajes de murciélagos para la zona, obstaculiza la posibilidad de aplicar otros índices que expliquen otros aspectos de la diversidad funcional, como son la divergencia funcional y la equitatividad funcional (Mouchet et al. 2010). Por lo tanto, es necesario realizar muestreos continuos que permitan evidenciar cambios temporales en las abundancias y la composición de los ensamblajes de murciélagos dentro de un contexto de transformación ocasionada por el hombre.

Finalmente, es importante realizar estudios que comparen áreas con diferentes grados de intervención por parte del hombre para evidenciar patrones de diversidad funcional local, reconocer áreas sensibles y establecer los umbrales de intervención que mantienen valores de diversidad funcional altos. Para ello, se recomienda utilizar esfuerzos de muestreo significativos y utilizar metodologías complementarias que permitan involucrar los atributos de especies que son submuestreadas cuando se utilizan únicamente redes de niebla. Adicionalmente, se deben integrar estos datos con análisis que ayuden a inferir las relaciones entre la composición y estructura de los elementos del paisaje, la diversidad de especies y la diversidad funcional, con el fin de proponer planes de manejo y conservación que tomen en cuenta los mecanismos que influyen en la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ecosistémicos a diferentes escalas.

### **Propuesta de indicador de integridad biológica a partir del ensamble de aves para los ecosistemas de sabanas inundables del río Pauto**

#### **Métodos**

##### *Propuesta conceptual para el índice de salud ecosistémica*

Para generar el índice de salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto, se propone el indicador: Índice de Integridad Biológica (IBI), el cual agrupa información de la Avifauna presente de la región del Pauto, integrando variables biológicas (gremios tróficos), ecológicas (preferencia por ambientes), población y movimientos estacionales (migración). El desarrollo del IBI se basó en los procedimientos descritos por O'Connell et al. (1998) y Bryce et al. 2002 e implica los siguientes pasos:

*Condición de referencia.* El cálculo de un IBI conlleva como primer paso el establecimiento de una condición de referencia, descrito como aquel dato que representa la mejor situación de integridad biológica que pudo o puede existir, para ser considerada como un estándar de comparación. Sin duda alguna, uno de los inconvenientes de este requerimiento es que puede generar problema cuando se establece para regiones altamente perturbadas o mínimamente modificados. A partir de información secundaria (bases de datos disponibles en línea y registros de colecciones biológicas), se obtuvo la condición de referencia para la región de la Cuenca del Río Pauto, departamento del Casanare, partiendo de los

registros históricos de las especies (RH). Aunque puede ser de difícil interpretación usar un listado histórico como reemplazo de una referencia “prístina” (Remsen 1994), tal selección debe ser considerada como parte de un proceso adaptable, ya que en algunos casos ha representado la mejor estimación con la información disponible al momento y una primera aproximación que puede ser refinada con el tiempo (O’Keeffe et al. 2007).

*Definición de atributos biológicos y selección de variables.* Todas las especies de aves registradas en la cuenca baja del Río Pauto fueron clasificadas de acuerdo al tipo de cobertura vegetal donde predominan o pasan la mayor parte del tiempo, de acuerdo a las descripciones realizadas en este capítulo, para la propuesta del indicador de flora las cuales se describen en la Tabla 7.3.

A pesar de que se describen varios tipos de cobertura

vegetal así como diferentes tipos de vegetación transformada, solo se estableció para el análisis bosque de galería (BG) y Sabana natural (SN), teniendo en cuenta que las aves no presentan restricciones por ambientes tan específicos y por la movilidad que estos tienen entre diferentes tipos de vegetación.

Adicionalmente, cada especie de ave fue agrupada en gremios por tipo de alimentación (gremio trófico) así como en categorías de estacionalidad (migración). En total, para el desarrollo del IBI se seleccionaron 11 variables (Tabla 7.11) o atributos biológicos, que significan componentes medibles en un sistema biológico, asumiendo que a lo largo de un gradiente de perturbación humana hay variación (Peterson & Chalif 1989; Croonquist & Brooks 1991; Howell & Webb 1995; O’Connell et al. 1998; Bryce et al. 2002. Se realizó el análisis de variables por tipo de vegetación.

**Tabla 7.11.** Lista de variables o atributos a medir para determinar el IBI relacionado con la Avifauna de la Cuenca baja del río Pauto.

Variable ecológica	Sigla
Número de especies de aves con poblaciones mixtas residentes y migratorias	REMI
Número de especies de aves migratorias (australes-boreales)	MIGRA
Abundancia de especies malacófagas	Pm-MZI
Número de especies que consumen material vegetal y animal	O
Abundancia de especies que se alimentan de granos y semillas	Gr
Número de especies de aves carnívoras asociadas a hábitats generalistas	CHG
Número de especies de Aves carroñeras	C
Número de especies de aves residentes	RMZI
Número de especies de aves residentes y migratorias	EMZI
Número de especies de aves piscívoras	PMZI
Diversidad de especies	H

Para obtener mayor objetividad, los procedimientos se estandarizaron para asignar las especies de aves a cada una de los tipos de cobertura vegetal encontrada, así como en la definición del resto de las variables. El índice Shannon- Weaver  $H'$  de diversidad (Ludwig & Reynolds 1988) fue utilizado para el cálculo de las variables correspondiente.

*Puntaje.* Para cuantificar las variables o atributos de la avifauna del área de estudio, se tuvo cómo punto de partida, la condición de referencia y se le otorgó una puntuación de 10. A partir de ese máximo valor de puntuación, se aplicó el método de interpolación lineal para dar cabida a los valores intermedios, dividiendo el valor obtenido en campo por el valor máximo (condi-

ción de referencia) y multiplicando por 10. Por ejemplo, para un sitio con seis especies de sabana observadas y al cual correspondían 15 como condición de referencia, se realizó el siguiente cálculo:  $([6/15] \times 10) = 4$  (Bryce et al. 2002; Pinto & Araújo 2007).

El anterior procedimiento se aplicó a variables cuya tendencia era disminuir la mayor influencia humana (Anexo 13), pero la escala se revirtió para aquellas variables donde se pronosticó una tendencia a incrementar con la perturbación. Es decir, en este último caso se le otorgó el puntaje de uno en lugar de 10 al estado o condición de referencia, y el resto de la evolución siguió el mismo procedimiento.

La puntuación final del IBI para los sitios evaluados se determinó en una escala de 0-100, utilizando la siguiente fórmula:

$$BI = \sum_{i=1}^n \frac{\text{puntaje de las } n \text{ variables} \times 10}{\text{número de variables}} \quad (\text{Ec. 24})$$

*Interpretación.* La condición ecológica del área de estudio varía de acuerdo a los valores del IBI en el Anexo 13 se describe la escala de valores del Indicador de Integridad Biológico avifaunístico propuesto para esta investigación.

El coeficiente de Jaccard es un índice comúnmente utilizado para evaluar la distinción biótica entre ensamblajes taxonómicos o sitios de muestreo (Krebs 1989, Cao et al. 2002, Magurran 2004) por lo que fue utilizado para cotejar la composición de las aves entre los sitios de bosque de galería y sabana natural. En el primer coeficiente el grado de similitud se establece comparando la composición de especies entre sitios únicamente con datos de presencia-ausencia; sin embargo, sólo las presencias compartidas (especies presentes en ambos sitios) contribuyen a la similitud (Southwood 1978; Koleff et al. 2003). Por consiguiente, el coeficiente de Jaccard ha sido usualmente utilizado en análisis de gradientes ambientales, pues es muy apropiado para medir el nivel de continuidad, mediante la coincidencia de especies entre sitios. Lo anterior, no previene su uso en cualquier circunstancia en la que se requiere reflejar la similitud con base en el número de especies compartidas como proporción del número total de especies entre los sitios comparados.

#### *Propuesta metodológica para la medición de los índices de salud ecosistémica*

Para caracterizar de forma rápida las comunidades de aves de una localidad Villareal et al. (2004), diseñaron una propuesta metodológica que permite, en pocos días de trabajo intensivo en campo, obtener una buena aproximación sobre la composición de las especies. La información recopilada de esta manera sobre las comunidades de aves, tiene un gran valor al ser comparable en el tiempo con la de otras regiones en distintos períodos de tiempo. Uno de los aspectos más importante de esta propuesta metodológica es que documenta todas las especies registradas con algún tipo de evidencia física (ejemplar, tejido, foto, video o sonido), de manera que su presencia puede ser constatada por diferentes perso-

nas y revalidada en diferentes períodos de tiempo.

*Recopilación de información:* Se recopiló información disponible para esta región de la Orinoquía: trabajos de investigación biológica, listados de especies, colecciones ornitológicas, bases de datos disponibles en la Internet: Biomap (Conservación Internacional) y el Sistema de Información de Biodiversidad (Instituto Alexander von Humboldt).

*Detecciones visuales y auditivas:* El equipo necesario para realizar detecciones visuales y auditivas de aves incluye: Binoculares Nikon 10x42, Libreta de anotaciones, Lápiz/rapidógrafo, Guías de campo (Hilty & Brown 2001, Hilty 2003, MacNish 2007). La detección de las aves se realizó mientras se recorre un sendero preestablecido, de aproximadamente 3-5km, en cada tipo de paisaje o hábitat presente en el área de interés. Los muestreos se realizaron en las horas de mayor actividad de las aves, justo antes del amanecer (entre las 5:00 y 6:00) y realizar el muestreo hasta al menos las 10:30; y en la tarde desde las 15:00 y continuar hasta que comience a oscurecer (19:00).

*Grabación de vocalizaciones:* Junto con las observaciones, se realizaron grabaciones de cantos como información complementaria, se utilizó una grabadora Marantz DCM 660 y un micrófono Sennheisser ME/k6.

*Redes de niebla:* Se utilizaron 10 redes de 6 a 12 m de longitud por 2,5 m de altura y 30 ó 32 mm de ojo de malla, Varillas de aluminio, Bolsas de tela, Equipo de medición: calibre, regla metálica, pesolas de diferente gramaje (10, 50, 100 y 500g), Guías de campo para la identificación de las aves, Cuerda o pita. Las redes permanecieron abiertas desde el amanecer (5:30-6:00) hasta las 10:30-11:00 de la mañana, cuando la actividad de las aves disminuyó.

## **Resultados**

### *Riqueza e Índice de Integridad Biológica*

Haciendo un análisis de la literatura existente para la avifauna de las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana, se realizó un filtro específico para la región de muestreo y teniendo en cuenta registros por los tipos de coberturas, localidades, rango altitudinal, evidencia de espécimen, errores de identificación, se reporta una condición de referencia de la avifauna para las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto así: 145 especies (106 para bosques de galería, 39 para sabana natural)

(BP & BioColombia 1996; Fundación Puerto Rastrojo 2005; Biomap 2006; McNish 2007; Restrepo-Calle 2007a; Restrepo-Calle 2009; Restrepo-Calle 20010; Zamudio et al. 2011).

Respecto a los resultados obtenidos en los muestreos realizados en las épocas del año, siguiendo la taxonomía y nomenclatura propuesta por Remsen et al. 2013 se lograron identificar un significativo número de especies de aves asociadas a las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto. La conformación taxonómica está dada de la siguiente manera: 315 especies y mediante la distribución por tipo de cobertura, se determinó que para bosque de galería hay 206 especies, sabana natural 44 y especies que se encuentran en ambos ambientes (generalistas) 65 especies.

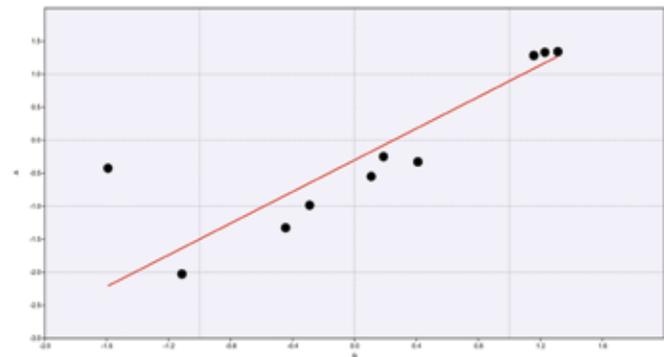
Es evidente que hay una marcada preferencia por el bosque de galería, especialmente aves pequeñas (Passeriformes), aves especializadas para el consumo de insectos (especialmente el grupo de los Hormigueros: *Thamnophilidae*) y pequeños frugívoros (*Thraupidae*). La alta riqueza de especies en el bosque de galería está relacionada directamente con el uso de recursos (Alimento, protección y reproducción) que este tipo de cobertura proporciona. También se evidencia la presencia de especies de gran porte (Cigüeñas) que utilizan este bosque para la construcción de nidos. La sabana-estero es un ambiente de gran interés biogeográfico, en este tipo de vegetación habitan especies que presentan adaptaciones morfológicas y ecológicas para llevar a cabo sus actividades de forrajeo, por ejemplo aves acuáticas, garzas, cholitos migratorios. Además de la presencia de muchas especies congregatorias, a destacar, los Anatidos (patos) que se rigen exclusivamente por el ciclo hídrico de estos ambientes, siendo un grupo altamente frágil por cambios en su ambiente.

La condición ecológica de cada tipo de cobertura vegetal está entre el intervalo de 71-80= **regular** (Tabla 7.12). El bosque de galería está caracterizado por un IBI de 78.70, mientras que la Sabana Natural por 71,51. Bajo este resultado, se observa que la riqueza de especies no es condicionante del estado del IBI por tipo de cobertura vegetal, debido a que la condición de referencia encontrada es relativamente baja en ambos tipos de coberturas si se contrasta con el observado. Igualmente, puede estar asociado a que esta condición de referencia presente sesgo al momento de generar un filtro específico.

**Tabla 7.12.** Resultado obtenido del IBI para los dos tipos de cobertura vegetal analizados en la cuenca baja del río Pauto, Casanare.

Tipo de Cobertura Vegetal	Especies observada	Condición de referencia	Valor IBI	Condición IBI
Bosque de Galería (BG)	233	106	78.70	Regular
Sabana Natural (SN)	80	39	71.51	Regular

Se realizó el análisis de correlación de Pearson entre cada variable de interés y por tipo de cobertura, se encontró que existe una correlación positiva entre las dos variables ( $r^2 = 0.989$ ,  $P \leq 0.005$ ). Este valor no significa causalidad entre las variables, es decir, la avifauna presente por tipo de cobertura presenta características o condiciones biológicas-ecológicas que hacen restringir a permanecer en determinada cobertura vegetal y la correlación encontrada está asociada a otro tipo de variables ambientales, sin embargo, es de resaltar que no se incluye la perturbación antrópica (Figura 7.5).



**Figura 7.5.** Correlación de Pearson entre los valores de las variables por tipo de cobertura vegetal ( $r^2 = 0.989$ ,  $p \leq 0.005$ ).

La riqueza de especies determinada para cada sitio a partir de los muestreos se contrasta fuertemente con la información recopilada (condición de referencia). En principio se considera la condición de referencia como marco de partida para contrastar el valor observado, pero al determinar el IBI por cada tipo de cobertura, se observa que ambas presentan una condición regular, pero la riqueza de especies en cada una es muy distante entre sí. Por lo anterior, se realizó un IBI por tipo de cobertura para visualizar que variables son de mayor importancia y cuales tienen una respuesta a la intervención antrópica (Tabla 7.13).

#### *IBI Bosque de Galería*

Once variables fueron analizadas para generar el IBI en este tipo de cobertura, la condición encontrada para

esta zona fue regular (78,70), de las variables descritas, tres (REMI, MIGRA, Gr) tendrán un aumento (0-10) en medida de perturbación antrópica, las restantes ocho presentan una disminución al impacto antrópico (10-0) (Tabla 7.14).

**Tabla 7.13.** Pruebas realizadas para determinar la similaridad entre tipos de cobertura vegetal y la respectiva prueba de normalidad

Cobertura vegetal	Shannon-Weaver H	Similaridad de Jaccard	Shapiro-Wilk	p(normal)
Bosque de Galería	5,33	0,35	0,65	0,00
Sabana natural	2,45		0,74	0,00

**Tabla 7.14.** Variables utilizadas para el IBI en relación a la cobertura vegetal Bosque de galería.

Variable	Respuesta impacto humano	Sigla	Escala de Valores	Valor Observado	Aporte IBI por variable
Número de especies de aves con poblaciones mixtas	Aumenta	REMI	0-10	1	0.01
Número de especies de aves migratorias	Aumenta	MIGRA	0-10	5	0.05
Abundancia de especies malacófagas	Disminuye	Pm-MZI	10-0	4	0.38
Especies que consumen material vegetal y animal	Disminuye	O	10-0	204	19.24
Especies granívoras	Aumenta	Gr	0-10	11	0.10
Especies de aves carnívoras	Disminuye	CHG	10-0	3	0.28
Especies de Aves carroñeras	Disminuye	C	10-0	6	0.57
Especies de aves residentes	Disminuye	RMZI	10-0	228	21.51
Especies de aves residentes y migratorias	Disminuye	EMZI	10-0	233	21.98
Especies de aves piscívoras	Disminuye	PMZI	10-0	5	0.47
Diversidad de especies	Disminuye	H	10-0	233	21.98

**Tabla 7.15.** Variables utilizadas para el IBI en relación a la cobertura vegetal Sabana Natural

Variable	Respuesta impacto humano	Sigla	Escala de Valores	Valor observado	Aporte IBI por variable
Número de especies de aves con poblaciones mixtas	Aumenta	REMI	0-10	3	0.077
Número de especies de aves migratorias	Aumenta	MIGRA	0-10	14	0.36
Abundancia de especies malacófagas	Aumenta	Pm-MZI	0-10	1	0.02
Especies que consumen material vegetal y animal	Disminuye	O	10-0	56	14.36
Especies granívoras	Disminuye	Gr	10-0	2	0.51
Especies de aves carnívoras	Disminuye	CHG	10-0	5	1.28
Especies de Aves carroñeras	Disminuye	C	10-0	6	1.54
Especies de aves residentes	Disminuye	RMZI	10-0	66	16.92
Especies de aves residentes y migratorias	Disminuye	EMZI	10-0	80	20.51
Especies de aves piscívoras	Disminuye	PMZI	10-0	10	2.56
Diversidad de especies	Disminuye	H	10-0	80	20.51

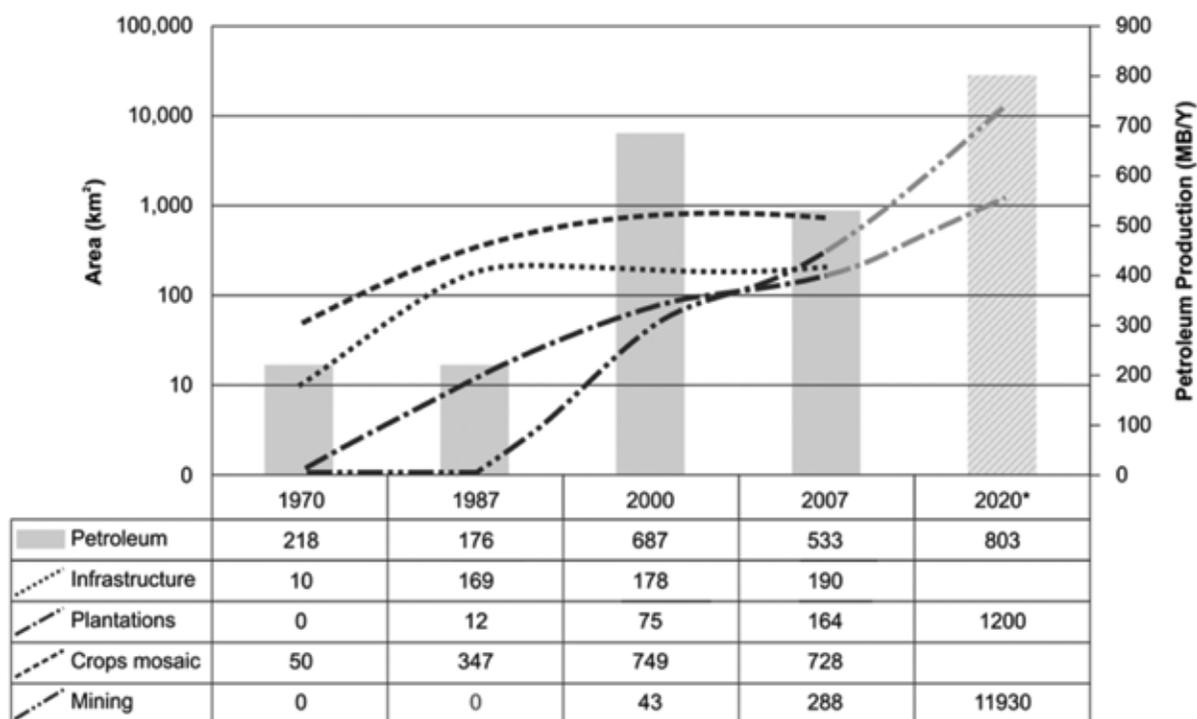
### IBI Sabana Natural

Once variables fueron analizadas para generar el IBI en este tipo de cobertura, la condición encontrada para esta zona fue regular (71,51), de las variables descritas, tres (REMI MIGRA Pm-MZI) tendrán un aumento (0-10) en medida de perturbación antrópica, las ocho restantes presentan una respuesta en disminución al impacto antrópico (10-0) (Tabla 7.15).

## Discusión

Varios factores antrópicos han afectado la composición original de la flora, fauna y paisaje de la región del Orinoco. Romero-Ruiz et al (2012) describen que entre los años 1987-2000 se promovió y estimuló el proceso para establecer monocultivos como el arroz y los pastos para ganadería y el desarrollo de la industria del petróleo. A pesar de que los cultivos de arroz fueron promovidos 50 años atrás la baja tasa de fertilidad del suelo no per-

mitió su establecimiento. Sin embargo, en la actualidad los monocultivos se han reactivado gracias al aumento de los fertilizantes afectando de forma directa los ecosistemas de sabanas inundables. La Figura 7.7, muestra el crecimiento exponencial de actividades relacionadas con los sectores de hidrocarburos y al de la agroindustria proyectado a futuro al 2020. Se puede observar que la ocupación (área) a intervenir en sabanas naturales es significativamente.



**Figura 7.6.** Tendencias del pasado y futuro del desarrollo económico en la región del Orinoco, basado en la ocupación por cultivos, infraestructura, producción minera e hidrocarburos. Las unidades km<sup>2</sup>. Son de tipo exponencial. El petróleo (barriles/año). Proyecciones a futuro son hechas al 2020. (Tomado de Romero-Ruiz et al. 2012).

Bajo el panorama anterior, se debe resaltar que los servicios ecosistémicos prestados por las Aves en esta región, se encuentran sometidos directamente a presiones antrópicas (Figura 7.6), que promueven cambios en el flujo de energía establecido décadas antes, así como cambios en aspectos biológicos, ecológicos, y culturales que las aves prestan al Ecosistema. Teniendo en cuenta que el área de investigación se encuentra en una zona bajo presión antrópica, determinar los servicios ecosistémicos de la Avifauna se describirá bajo un panorama de incertidumbre ecológica, la razón es porque no se cuenta con una condición a priori (referencia) para establecer el beneficio que aportaban las especies en las sabanas inundables cuando no existían fuertes presiones antrópicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se describen servicios ecosistémicos que las aves prestan al ecosistema transformado:

**Servicio cultural:** históricamente la región del Orinoco es reconocida por tener y contar con fauna insignia de esta área, entre los ejemplos a destacar. El gabán Pionío, el Pato del Orinoco, la garza morena, la cigüeña, el garzón soldado, el ibis, el mochilero, el perico, las corcoras (garceros) entre los más conocidos, han sido fuente de inspiración por cantautores, poetas, escritores, artistas, quienes utilizan estas renombradas aves para generar conocimiento autóctono en forma de canciones llaneras, pinturas, poesías, artesanías., por lo tanto, mientras persistan en su ambiente estas aves, continuarán siendo utilizadas como emblemas para la cultura llanera.

La región del Orinoco es reconocida a nivel mundial como uno de los sitios con mayor **belleza escénica** a nivel de paisaje, debido a la presencia de ambientes, colores, topografía que promueve este servicio, las aves están incluidas dentro de este servicio ya que contrastan positivamente por su coloración, formas, hábitos, cantos y generan un ambiente especial en la Orinoquia. Se destacan siempre el atardecer llanero, en conjunto con el garcero, la ganadería, la planicie, los esteros con chigüiros, babillas y un sin número de especies de aves. El servicio prestado por las aves en este sentido, es de gran importancia para la región llanera, ya que las comunidades locales tienen un sentido de pertenencia con la avifauna de su región.

**Servicios biológicos:** dentro de sus funciones biológicas, las Aves contribuyen a procesos que generan el movimiento del flujo de energía y materia, entre los que se destacan: la polinización, la dispersión de semillas, el control de plagas (insectos), carroñaría, carnívora, herbívora, frugívora. Estos procesos en sí, contribuyen en la regeneración natural de la cobertura vegetal. Teniendo en cuenta que en esta región existe la época de lluvias y verano, hay una sincronía en este tipo de interacciones, sin embargo, procesos como la quema por causas antrópicas, el desequilibrio hidrológico por la desviación de cause, el aumento de monocultivos, han generado drásticas alteraciones en la composición original de la avifauna, promoviendo algunos procesos (arribo de especies invasoras) y desfavoreciendo otros (pérdida de la biodiversidad local).

**Servicio de Provisión:** sin duda alguna, una de las actividades más tradicionales en la región llanera es la de hacer cacería. Existen grupos predilectos para cazar que son utilizados para el consumo directo de carne. Las aves, dentro de su diversidad biológica, formas, tamaños y hábitos en la región, han sido ancestralmente requeridos por los cazadores para el complemento de su dieta, dentro de las especies de interés se encuentran las siguientes: Paujiles, pavas, guacharacas, torcazas, panguanas, garzas, patos, pisingos, apreciados por su carne como principal fuente de proteína. A pesar de ser una actividad reconocida, no se tienen datos precisos o concretos de la cantidad de individuos y número de especies aprovechadas anualmente, además, esta actividad no se encuentra legalizada en su totalidad dentro de la normatividad sobre el aprovechamiento de fauna silvestre.

**Servicio Científico.** El conocimiento de la riqueza y

biodiversidad de las Aves de la región de la cuenca baja del río Pauto contribuye para la toma de decisiones en determinado momento, con el fin de promover la conservación del pool de genes de una región. Igualmente, es de vital importancia enlazar la comunidad local con la escuela científica. A partir de la información primaria se generan publicaciones científicas, documentos estratégicos, aumento del Boucher en colecciones biológicas, descubrimiento de nuevos taxones. A pesar de ser las aves uno de los grupos más reconocidos, aún se desconocen procesos biológicos relacionados con la prestación de servicios ecosistémicos tanto a escala global como local.

Se desarrolló un IBI a partir del método propuesto por Córdova-Avalos 2009, replicando el protocolo propuesto por ellos para comunidades de aves terrestres y acuáticas. Se describe un IBI por tipo de cobertura vegetal (Bosque de galería y Sabana Natural), sin embargo, se aclara ambos ambientes han sido modificados por causas antrópicas, pero esta variable no fue cuantificada en esta investigación. El IBI para ambos tipos de cobertura es regular (de acuerdo a la escala establecida), la condición encontrada se encuentra entre el 71-80, tal como se mencionó en la metodología, se utilizó como condición de referencia el registro histórico de especies para contrastarlo con lo observado en esta investigación. El bosque de galería alberga la mayor riqueza de especies respecto a la sabana natural, a pesar de existir una notable diferencia en este valor, el IBI encontrado se encuentra dentro de la misma condición. La razón para este hallazgo se fundamenta en que la riqueza de especies en sí, no es indicativo de calidad de un ambiente en particular, es decir, muchas especies no es garantía de calidad de ambiente y pocas especies no conlleva una buena condición del IBI. Por lo anterior, se deben establecer e integrar otro tipo de variables bióticas-abióticas que permitan identificar una buena condición en el ecosistema y contrastarla con lo obtenido en esta investigación. Dentro de las once variables utilizadas para generar el IBI, se estableció que ante alguna circunstancia o cambio por causas antrópicas, habrá una alteración en el ecosistema. Por ejemplo, en bosques de galería, la presencia de especies carnívoras son pocas (tres especies), asumiendo que la mayoría de estas se encuentran en áreas abiertas (sabanas), la alteración antrópica en el bosque de galería afectará gradualmente los procesos bióticos y abióticos, pero desconociendo la escala a la que se generará.

La presión antrópica es un factor que se debe incluir y contrastar con el IBI generado, esto permitirá saber que actividades están influenciando los procesos y la dimensión en que estos ocurren. En este caso, se incluyó la respuesta esperada al impacto humano para contrastarla con cada variable. Por ejemplo, ¿la pérdida de cobertura vegetal en un bosque promoverá la presencia de más especies carroñeras y la ausencia de especies carnívoras? A pesar de haber utilizado una metodología propuesta para este tipo de ecosistemas, es difícil interpretar en la región de Orinoco, como se mencionó inicialmente, no se tiene un dato concreto de la perturbación humana y la afectación con la avifauna de esta región.

El índice generado para la cuenca baja del río Pauto (Bosque de galería y Sabana Natural) permite abordar varios tópicos de interés: la riqueza de especies en cada tipo de cobertura vegetal es alta en relación a la información compilada para la región, esto conlleva a pensar que pueden persistir áreas donde existan condiciones originales de esta región, por ende, se pueden plantear estrategias para realizar planes de monitoreo a largo plazo. O en contraste, el aumento en la diversidad puede ser el reflejo del cambio en las condiciones originales, promoviendo el arribo de especies a ambientes transformados por causas antrópicas. Un ejemplo claro de esta situación: el aumento de la frontera agrícola promueve el desplazamiento de especies silvestres y en condiciones muy particulares, la extinción local, en contraste, el aumento de la frontera, promueve la llegada de otras especies (en algunos casos invasoras), afectando los procesos ecosistémicos en determinada región.

La presencia de esteros en esta área ha favorecido por años la ocurrencia de especies congregatorias (migratorias y residentes) debido a que encuentran las condiciones adecuadas para contribuir positivamente en el servicio ecosistémicos que ejercen. Sin embargo, existen factores que generan cambios en este ciclo. Se evidenció en esta investigación que la transformación de las sabanas inundables para alternarlas con monocultivo (arroz y pasto para ganadería), el drenaje y desviación del cauce hídrico, la aplicación de herbicidas y fungicidas así como la quema incontrolada afecta la cadena trófica. No existe un manejo adecuado por parte de los agricultores de este tipo de actividades, desconociendo así la afectación que se está generando para el Ecosistema.

En resumen, el IBI obtenido en esta investigación es un primer acercamiento a la salud del ecosistema en

relación con la avifauna de esta región, el IBI generado propone que la condición es REGULAR, teniendo en cuenta esta condición, es viable que otro tipo de variables puedan ser adicionadas para complementar el análisis, principalmente, la afectación antrópica que se está generando en la región por los procesos mencionados inicialmente.

### **Propuesta de indicador de integridad biológica a partir del ensamble de anfibios para los ecosistemas de sabanas inundables del río Pauto**

#### **Métodos**

*Formulación del indicador “índice de integridad biológica del ensamble de anuros (IBEA)”*

El índice integridad de biológica del ensamble de anuros (IBEA) considera la relación ecológica entre el ensamble de anfibios presente en las sabanas inundables con las coberturas naturales, en especial con la coberturas boscosas que sirven como refugio durante la época seca del año. La formulación de este índice sigue a Shulze et al. (2009), modificando los criterios conservación definidos por estos autores en coeficientes ecológicos (CE) para cada especie. Los criterios ecológicos se definieron a partir de los resultados obtenidos en la diagnosis del estado de conservación, en el que se evaluó, 1) el uso y disponibilidad de hábitat para el ensamble de anuros, 2) el efecto derivado de la estacionalidad y del pulso de inundación sobre el ensamble de anuros presentes los ecosistemas de sabanas inundables, y 3) el efecto derivado de la transformación de las coberturas naturales.

Los Coeficientes Ecológicos se estimaron para cada especie a partir de la evaluación del uso del tipo hábitat, preferencia de hábitat, abundancias relativas (resultados obtenidos en la diagnosis del estado de conservación), y la revisión de los rasgos de historia de vida (Anexo 19). Para la evaluación del uso del hábitat y los rasgos de historia de vida de las 26 especies presentes en las sabanas inundables se consultó a Acosta (2000), Bokermann, (1967), Cei. (1980), Cochran, y Goin (1970), Dixon y Staton (1976), Duellman (2001), Romero-Martínez et al, (2008), Hoogmoed, y Gorzula (1979a), Hoogmoed (1979b), Wells, (2007), Lynch y Vargas (2000), Lynch (2006a), Lynch (2006b) Lynch y Mayorga (2011), McDiarmid y Altig (1999), Nieto (1999), Prado y d’Heursel, (2006), Savage (2002), y Tárano (2010). A partir de esta compilación bibliográfica se construyó una matriz que reunió los rasgos de vida de cada espe-

cie presente en los ecosistemas de sabanas inundables (Anexo 19). En esta se evaluó que rasgos de vida de los anfibios podrían llegar hacer sensibles o tolerantes ante eventos de transformación y/o pérdida de las coberturas naturales por potrerización, siembra de cultivos transitorios y otra actividades humanas, otorgando valores de 1 a 10, siendo 10 el puntaje de máxima afinidad de cada rasgo hacia la sensibilidad o tolerancia.

Igualmente, se realizó una consulta a investigadores nacionales que han realizado estudios en la Orinoquía o han adelantado estudios detallados en alguno de los taxones presentes en las sabanas inundables. Pare ello, se construyó una encuesta en la que cada especialista desde su experiencia y conocimiento emitieron un concepto acerca las especies que conforman el ensamble de anfibios y su relación con los tres criterios ecológicos definidos como: (1) Sensibilidad a disturbios o perdida de coberturas boscosas, arbustivas o arborescentes: Son aquellas especies que en la época seca usan las coberturas boscosas, rastrojos altos y medios como refugio, o aquellas que en algún estadio de su ciclo de vida, o prefieren usar coberturas arbustivas o arborescentes, siendo la estructura vertical de la vegetación un factor positivo para realizar las vocalizaciones de apareamiento. En general son especies que sus abundancias relativas son mayoritariamente altas en la época húmeda del año; (2) Rareza: Son aquellas especies de difícil detección, reproducción explosiva, hábitos crípticos y/o un alto grado de especialización en el uso del hábitat; con abundancias relativas bajas y/o pocos registros en las principales colecciones biológicas y literatura especializada; (3) Tolerancia disturbios o la perdida de coberturas vegetales: Son aquellas especies que usan preferentemente como hábitat áreas abiertas naturales, y se encuentran presentes en áreas potrerizadas o transformadas en algún tipo de cultivo transitorio como arroz, sorgo etc. En general son especies que están presentes durante todo el año. Esta encuesta también la realizo el investigador principal del presente estudio, basándose en la experiencia y datos obtenidos en el diagnóstico. La valoración de los tres criterios ecológicos evaluados oscila entre 1 y 10, siendo 10 el puntaje de máxima afinidad de una especie con el criterio ecológico correspondiente. El valor de los Coeficientes Ecológicos se obtiene mediante el cálculo del promedio aritmético obtenido a partir de la valoración de los expertos sobre los tres criterios ecológicos, la evaluación del uso del hábitat y los rasgos de historia de vida para cada una de las especies de anuros

presentes en las sabanas inundables de la Orinoquía.

#### *Cálculo del Índice de Integridad Biológicas del ensamblaje de anuros (IBEA)*

Para calcular el índice de integridad biológica del ensamble de anuros, se multiplica el número de individuos capturados por cada especie (abundancia absoluta) con su coeficiente ecológico (CE) correspondiente (Tabla 7.16). Al valor obtenido se le calcula el Logaritmo natural (Ln= logaritmo neperiano o natural), obtenido así la transformación logarítmica por cada especie. La sumatoria de estos valores se dividirá por el Logaritmo natural de la riqueza (número de especies de la muestra) y de esta forma se obtiene el valor del Índice de Integridad biológica del ensamble de anuros (IBEA). Los valores esperados de esta métrica varían entre 0-10 para los niveles bajos 10.1-17 para los niveles medios y mayor a >17.1 para los niveles altos de integridad (Anexo 14).

$$IBEA = \frac{\sum_i^n \text{Ln}[(\text{Abundancia absoluta por especie}) \times (CE)]}{\text{Ln } N} \quad (\text{Ec. 25})$$

CE= Coeficientes Ecológicos (ver Tabla 7.16)

N= Número de especies (Riqueza)

Monitoreo del índice de integridad biológica del ensamble de anuros (IBEA).

Para evaluar el cambio de este índice en el tiempo, se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \Delta x_i = \left( \frac{x_{i(t+1)}}{x_{i(t=0)}} - 1 \right) * 100 \quad (\text{Ec. 26})$$

Dónde:

x = Valor índice IBEA en la estación muestreada en un tiempo o momento después de la medición inicial

$x_i$  = Valor del índice IBEA en la estación muestreada en un tiempo o momento inicial

i = número de estaciones muestreadas en la zona de estudio

t = tiempo o momento de la medición del índice, t = 0 es la medición inicial, mientras que t+1 es una medición posterior.

$\% \Delta x_i$  = Variación en el Tiempo del IBEA

Un valor de 0 para  $\% \Delta x_i$  significa que la variable se mantuvo igual entre la primera medición y la medición posterior. El valor porcentual de  $\% \Delta x_i$  es positivo cuando hay un incremento en los valores de la variable con respecto a las mediciones anteriores de la estación muestreada en cuestión. Cuando el valor es negativo indica que hubo una disminución posterior de los valores índice respecto a la medición inicial.

Para estimar la sensibilidad y congruencia de los valores índice IBEA con la pérdida de hábitat ocasionada por la transformación del paisaje, se evalúa la correlación del IBEA con los valores obtenidos por el índice

de Dominancia de coberturas (O'Neill et al. 1988) que considera la dominancia de coberturas naturales (Montes, bosques de vega y galería, morichales y sabanas) frente a coberturas transformados, cultivos transitorios (arroz, sorgo etc.), pastos introducidos o vegetación secundaria alta o baja (rastros etc.). Para el análisis de las coberturas se realizó una interpretación visual siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Se utilizaron imágenes pancromática SPOT 5 de 2008 con apoyo de la imagen multispectral y Google Earth© siguiendo la leyenda nacional de coberturas para la tierra. (Melo y Camacho, 2005)

**Tabla 7.16.** Promedios de los Criterio ecológicos evaluados y coeficiente ecológicos para las especies anuros presentes en las sabanas inundables del Casanare.

Especie	Promedio Sensibilidad	Promedio Rareza	Promedio Tolerancia	Coeficiente Ecológico
<i>Dendropsophus mathiassoni</i>	1,20	1,6	1,60	1,47
<i>Elachistocleis "ovalis" (nomen dubium)</i>	3,60	3,4	3,00	3,33
<i>Hypsiboas boans</i>	9,00	4,2	9,00	7,40
<i>Hypsiboas crepitans</i>	2,00	1,4	2,20	1,87
<i>Hypsiboas lanciformis</i>	7,00	5,8	7,00	6,60
<i>Hypsiboas pugnax</i>	2,80	6,0	2,20	3,67
<i>Leptodactylus colombiensis</i>	4,00	3,8	5,00	4,27
<i>Leptodactylus fragilis</i>	1,80	1,6	1,60	1,67
<i>Leptodactylus fuscus</i>	1,80	1,4	1,40	1,53
<i>Leptodactylus insularum</i>	2,80	3,0	4,20	3,33
<i>Leptodactylus lineatus</i>	8,20	4,2	7,40	6,60
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	3,40	4,8	4,80	4,33
<i>Osteocephalus taurinus</i>	9,20	5,4	8,80	7,80
<i>Physalaemus fisheri</i>	1,60	2,0	2,60	2,07
<i>Phyllomedusa hypochondrialis</i>	4,80	3,2	5,60	4,53
<i>Pseudopaludicola llanera</i>	2,80	3,4	3,00	3,07
<i>Pseudis paradoxa</i>	3,40	3,6	6,60	4,53
<i>Rhinella humboldti</i>	1,00	1,2	1,00	1,07
<i>Rhinella marina</i>	1,00	3,0	1,00	1,67
<i>Scinax blairi</i>	5,60	9,0	7,40	7,33
<i>Scinax kennedyi</i>	4,40	5,6	5,80	5,27
<i>Scinax rostratus</i>	2,00	2,4	3,60	2,67
<i>Scinax ruber</i>	1,20	1,0	2,40	1,53
<i>Scinax wandae</i>	1,40	1,8	2,20	1,80
<i>Scinax x-signata</i>	1,20	2,4	3,40	2,33
<i>Trachycephalus typhonius</i>	6,60	5,8	7,80	6,73

El índice Dominancia del paisaje (D) se calcula como:

$$D = \frac{\ln(S) + \sum_i p_i * \ln(p_i)}{\ln(S)} \quad \text{Ec. 27}$$

Donde, S es el número de tipos de cobertura,  $p_i$  es la proporción del  $i$ -ésimo tipo de cobertura. Los valores van de 0 a 1. De manera que los valores cercanos a 1 indican un paisaje dominado por uno o varios tipos de cobertura, mientras que los cercanos a 0 indican que las proporciones de cada tipo de cobertura son casi iguales. Este indicador se calcula para cada una de las estaciones de muestreo, categorizando el área de acuerdo a la dominancia de las coberturas. El criterio de selección de estas métricas se basa en los números estudios que evidencian una relación positiva en entre la composición y diversidad de los ensamblajes de anfibios cuando sus hábitats están compuestos por extensas y abundantes coberturas boscosas (ver Cushman 2006).

## Resultados

### *Construcción del Índice de Integridad biológica del ensamblaje de anuros (IBEA)*

Como resultado de la evaluación del uso del hábitat, preferencia de hábitat, abundancias relativas, revisión de los rasgos de historia de vida y la consulta a investigadores nacionales, se obtuvieron los promedios de los criterios ecológicos de sensibilidad, rareza y tolerancia. Los valores de los criterios ecológicos se promediaron para obtener los coeficientes ecológicos para las 26 especies de anuros presentes en las sabanas inundables del Casanare.

De las 26 especies registradas, cinco especies (*Hypsiboas boans*, *Hypsiboas lanciformis*, *Leptodactylus lineatus*, *Osteocephalus taurinus*, *Trachycephalus typhonius*) presentan valores altos en su ponderación ecológica (valores >7), en contraste, 6 especies (*Dendropsophus mathiassoni*, *Rhinella marina*, *Rhinella humbolti*, *Scinax ruber*, *Scinax wandae*, *Scinax x-signata*) presentan valores muy bajos en su ponderación ecológica (valores <1.5). Esto indica que las especies con altos valores en su coeficiente ecológico se consideran como altamente vulnerables ante la pérdida y/o deterioro de los hábitats naturales, las transformaciones de las coberturas naturales en cultivos transitorios como el arroz y pastos de forraje. Por el contrario, las especies con bajos valores en su coeficiente ecológico se consideran resistentes a

estos tensionantes ambientales.

La consulta a los expertos e investigadores nacionales muestra un consenso general del 60 a 100% acerca de las especies que se pueden considerar raras, sensibles o tolerantes ante eventos de transformación y pérdida de las coberturas naturales por potrerización y siembra de cultivos transitorios en los ecosistemas de sabanas inundables. En general los expertos coincidieron que el 42% de los anuros son comunes y poco sensibles ante los procesos de transformación de las sabanas. Además consideraron que el 12 y 8% de las especies como muy sensibles y no tolerantes ante los procesos de pérdida hábitat y deterioro ambiental (Figura 7.7). Particularmente los expertos agruparon con 60 a 80% de consenso a 1 especies en la categoría poco sensibles y concordaron entre el 80 a 100% en agrupar a 6 especies como no sensibles (Figura 7.8). Las especies *Hypsiboas boans*, *Leptodactylus lineatus*, *Osteocephalus taurinus*, *Trachycephalus typhonius* se categorizaron como sensibles o muy sensibles a las transformaciones del ecosistema natural.

La rareza de los anuros presentes en las sabanas inundables al parecer es considerada como poco frecuente, ya que el 57% de las ranas presentes (15 especies) fueron categorizadas como comunes o muy comunes. Tan solo una especie *Scinax blairi* fue catalogada como muy rara con un 80% de conformidad entre los expertos (Figura 7.9).

Finalmente, los expertos consideraron que la tolerancia del ensamblaje anuros de las sabanas es moderada, ya que el 73% de las especies (19 especies) fueron consideradas como muy tolerantes, tolerante o moderadamente tolerantes (Figura 7.10).

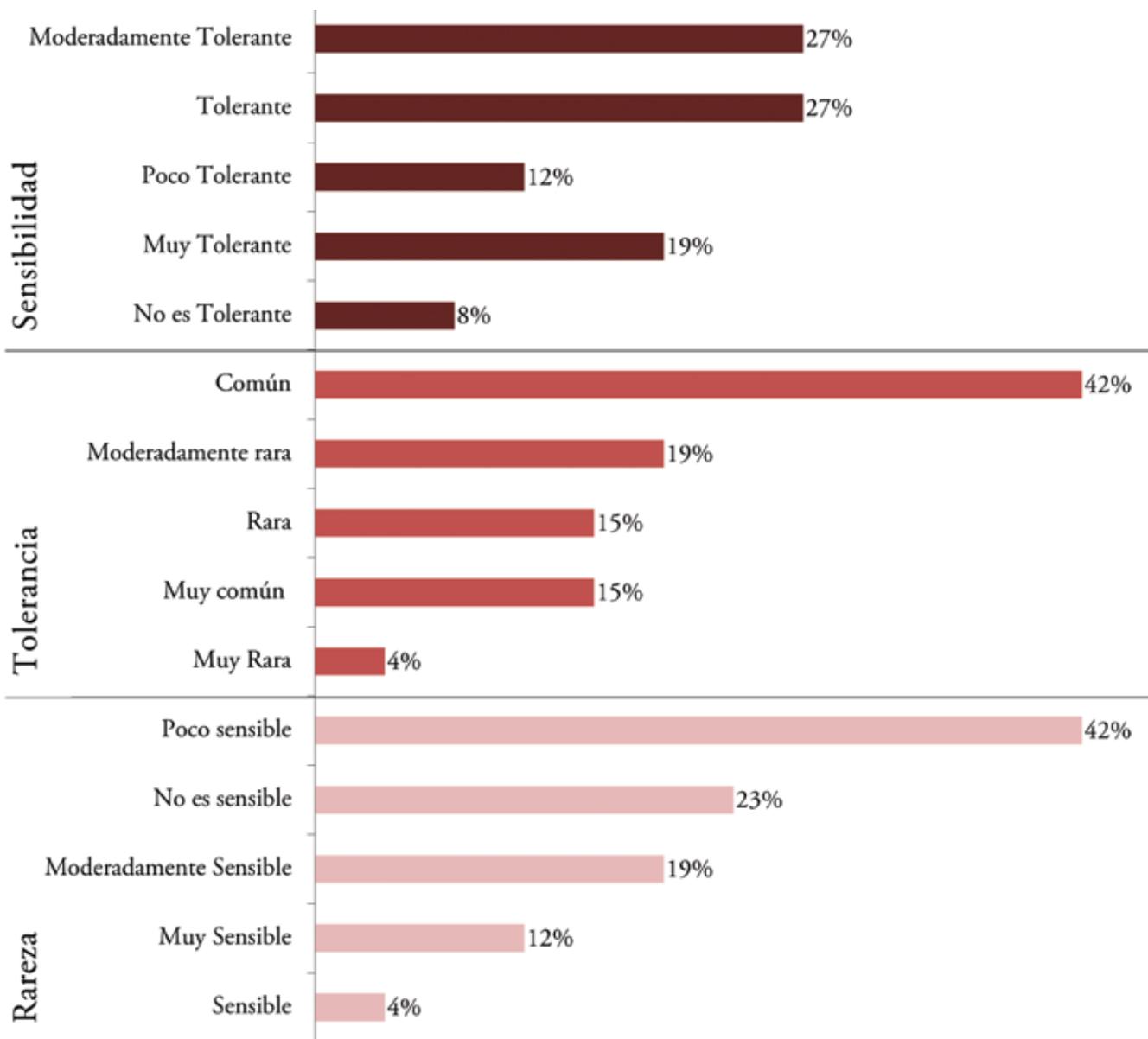
### *Aplicación del IBEA en las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto*

Una vez establecidos los CE para cada especie se evaluó el IBEA en las estaciones de muestreo durante la época de sequía y lluvias. El índice muestra una alta sensibilidad a los cambios en la riqueza, lo que genera el efecto de una baja puntuación durante la época de sequía, como consecuencia de la tendencia natural de los anfibios a ocultarse o restringir su presencia durante las épocas secas del año (Wells, 2007).

La Estación 1 y 2 evidencian una clara diferenciación entre la temporada de lluvias y sequía (Tabla 7.17), en

la cual la temporada de lluvias presenta un aumento significativo en el valor del IBEA. Sin embargo, la Estación 2 sufrió un evento de transformación de más de setenta hectáreas de sabana natural por cultivos de arroz el cual fue registrado durante los muestreos en la época de lluvia. El IBEA fue sensible a esta transformación mostrando valores muy bajos en comparación al aumento de los valores IBEA para las otras estaciones durante la época de lluvias. En contraste, la valoración de la integridad biológica en la Estación 3 parece no verse afectada por la estacionalidad (Tabla 7.17), aunque su composición de especies cambió notoriamente.

La evaluación del IBEA denota que la estación que presenta los niveles más bajos de integridad biológica es la Estación 2 en contraste con las Estaciones 1 y 3 que presenta niveles medios. Esto implica que las transformaciones de los paisajes naturales realizados por el hombre en estos territorios han alejado de forma clara los ecosistemas de sabanas inundables de su naturalidad original, haciendo que en la actualidad los ecosistemas de sabanas inundables del río Pauto presenten un marcada fragmentación de sus coberturas naturales, pérdida de su diversidad de anuros y los servicios ecosistémicos que estos proveen.



**Figura 7.7.** Consenso general de los expertos acerca de las especies que se pueden considerar raras, sensibles o tolerantes ante eventos de transformación y pérdida de las coberturas naturales en los ecosistemas de sabanas inundables.

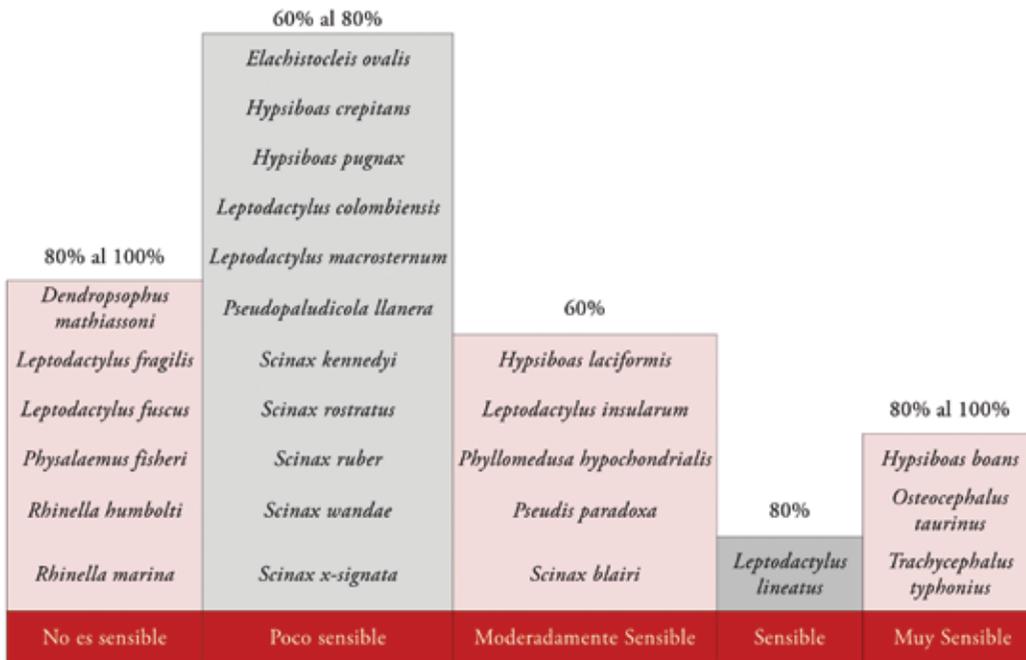


Figura 7.8. Categorización de las especies anuros según su sensibilidad en los ecosistemas de sabanas inundables.

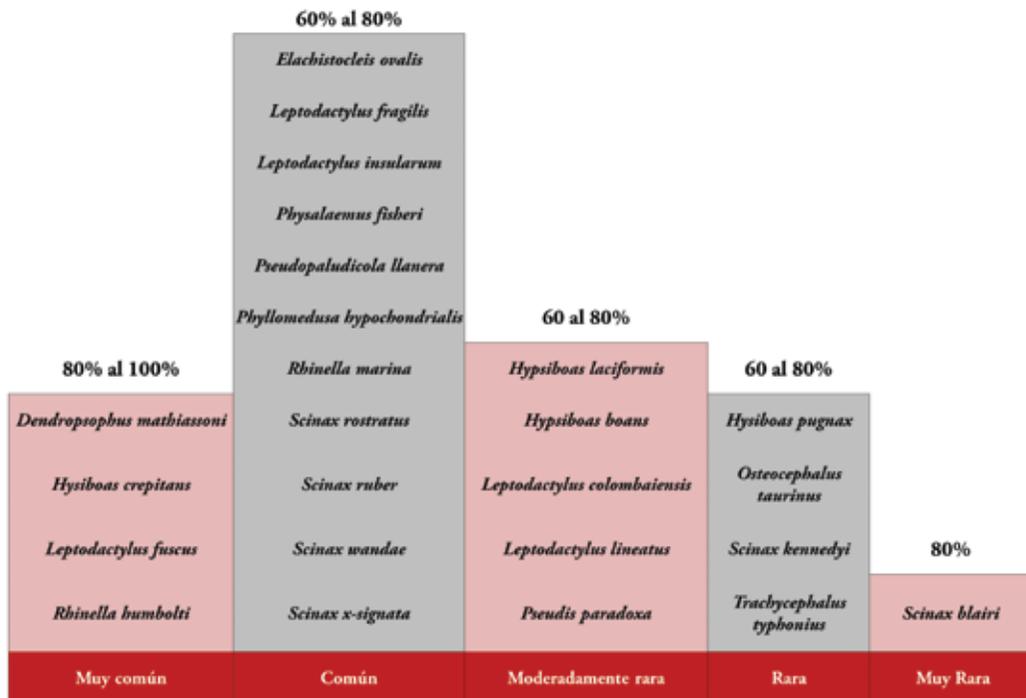


Figura 7.9. Categorización de las especies anuros según su rareza en los ecosistemas de sabanas inundables

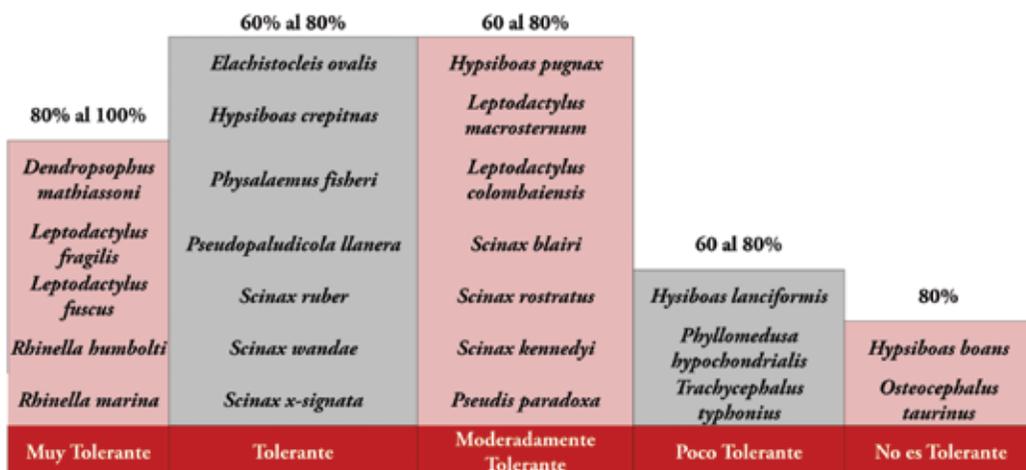


Figura 7.10. Categorización de las especies anuros según su tolerancia en los ecosistemas de sabanas inundables.

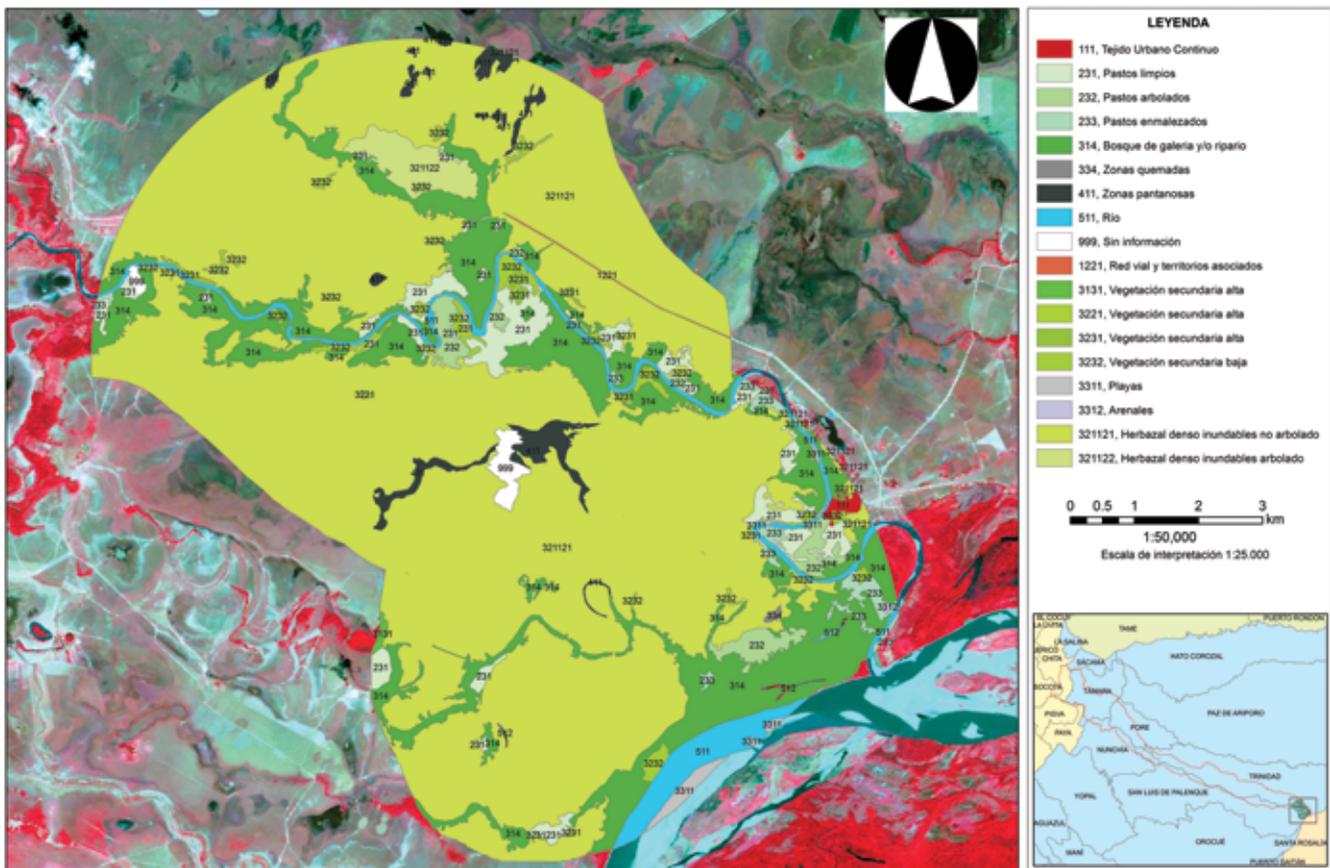
*Congruencia de los valores del IBEA con la transformación del paisaje en las estaciones muestreadas*

El índice Dominancia del paisaje (D) O'Neill et al. (1988) reportó un valor de 0.625 para la Estación 1 indicando que el paisaje está dominado por uno o pocos tipos de cobertura (Figura 7.11) lo cual concuerda con la mayor representatividad de las coberturas vegetales naturales como los son el herbazal denso inundables no arbolado (Sabana natural) y bosque de galería y/o vega versus coberturas transformadas como la vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja y pastos limpios para ganadería. Estos resultados coinciden con

los valores de integridad biológica del IBEA y la mayor proporción especies raras y muy sensibles reportadas para esta zona de muestreo.

**Tabla 7.17.** Valor del IBEA para las estación 1,2 y 3.

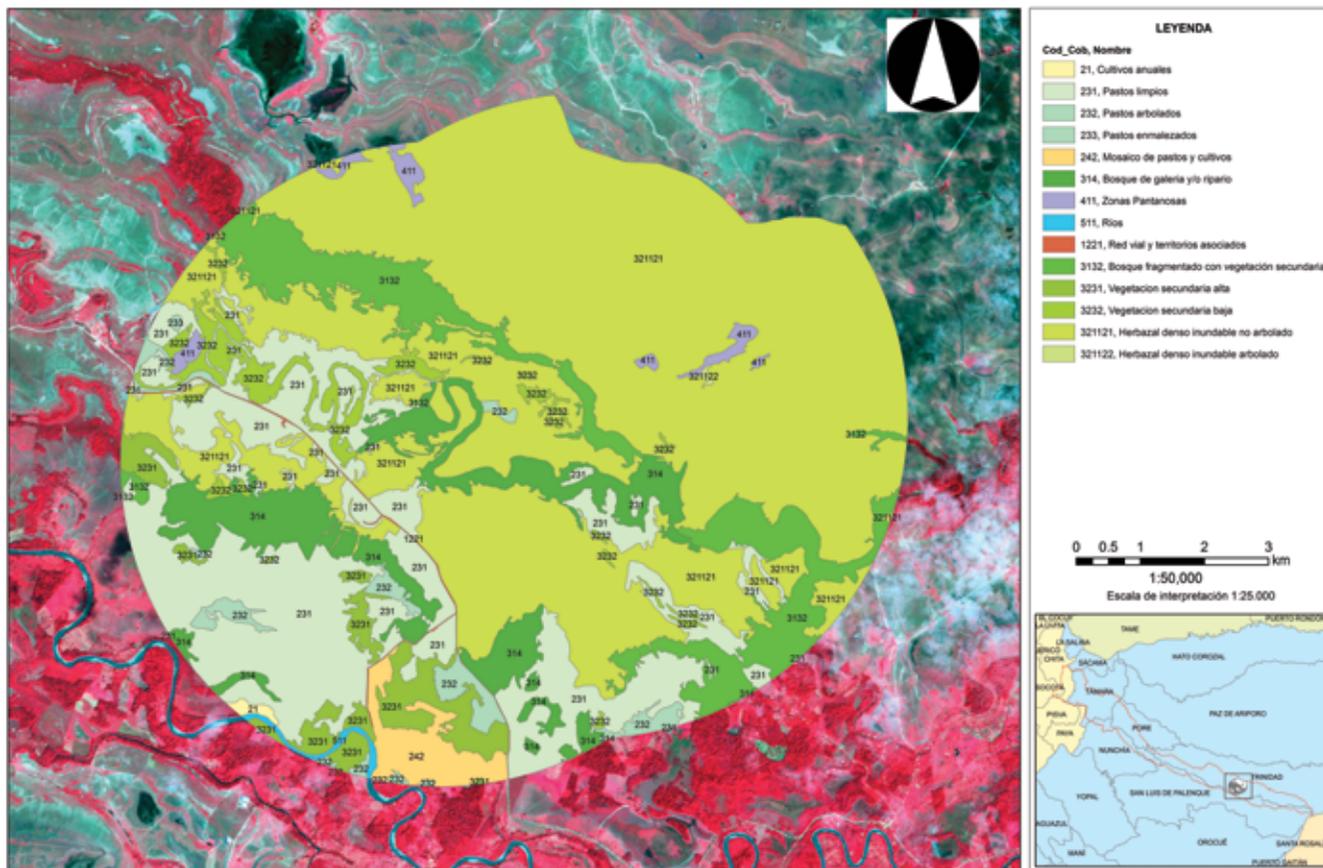
Ensamble de anuros Estación 1 (Sequía)		Ensamble de anuros Estación 1 (Lluvias)	
$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	7,40	$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	11,89
Ensamble de anuros Estación 2 (Sequía)		Ensamble de anuros Estación 2 (Lluvias)	
$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	9,68	$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	7,57
Ensamble de anuros Estación 3 (Sequía)		Ensamble de anuros Estación 3 (Lluvias)	
$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	10,49	$IBEA = \sum \text{Ln}(\text{Abundancia absoluta}) / X(CE) / \text{Ln}(N)$	10,55



**Figura 7.11.** Análisis e interpretación visual de las coberturas vegetales Estación 1. Área total de la estación 9.454,7 hectáreas.

En contraste, para las Estación 2 y 3 el índice Dominancia del paisaje (D) reporta un valor 0.447 y 0.424 respectivamente, indicando que las proporciones de cada tipo de cobertura son más similares. En estas estaciones la dominancia de los bosques naturales y herbazales densos inundables no arbolados han desaparecido, siendo remplazada por coberturas como pastos limpios para ganadería, cultivos y vegetación secundaria alta y baja evidenciando la fuerte transformación, fragmen-

tación y destrucción de las coberturas naturales por las actividades humanas (Figura 7.12 y 7.13). Los bajos valores del IBEA para la Estación 2 concuerdan con la pérdida de coberturas naturales, la disminución de la riqueza y mayor proporción de especies tolerantes o muy tolerantes ante eventos de transformación por cultivos transitorios o pastos introducidos en esta zona de muestreo.



**Figura 7.12.** Análisis e interpretación visual de las coberturas vegetales Estación 2. Área total de la estación 9.843,5 hectáreas

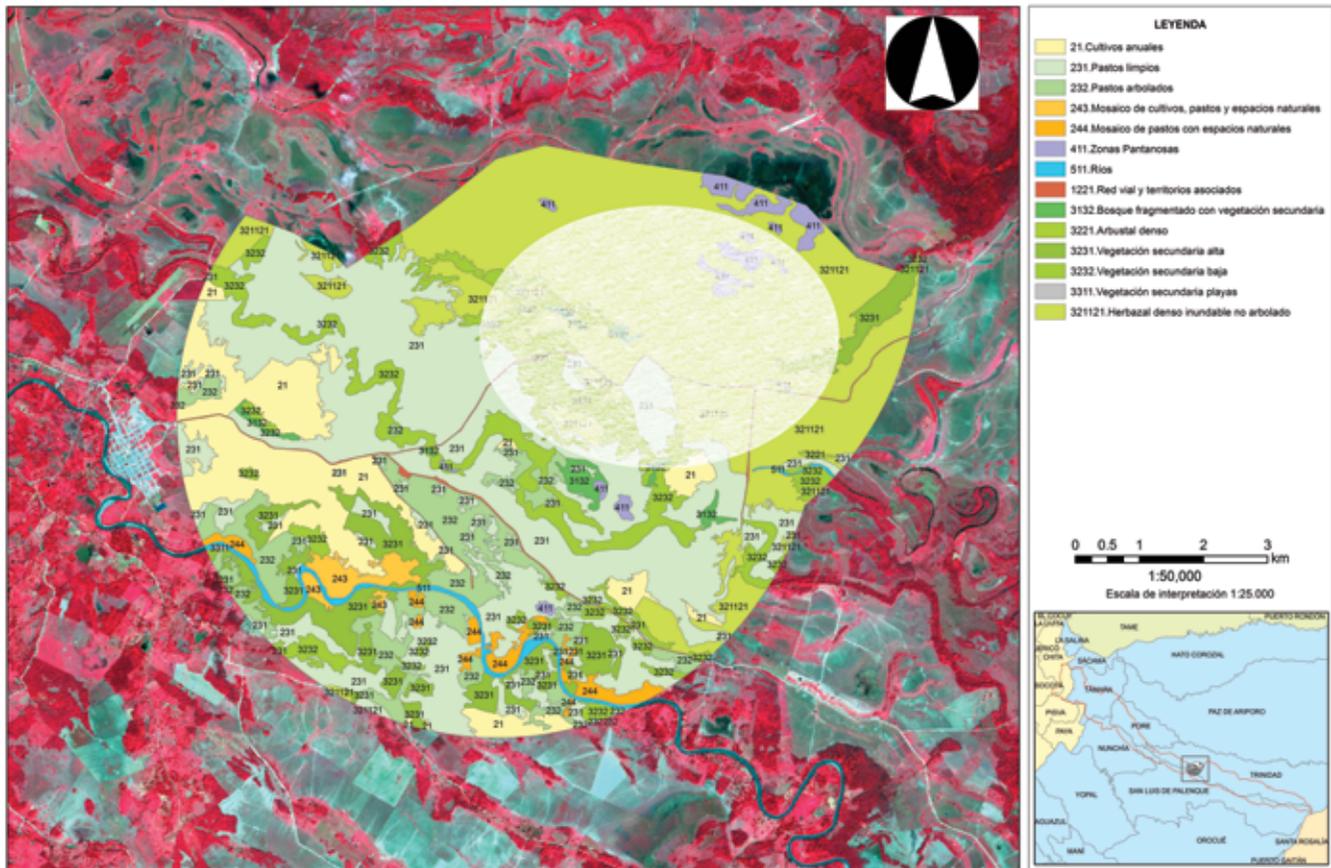
Sin embargo, los valores de integridad biológica moderados reportados IBEA para la Estación 3 no coinciden con la marcada transformación de las coberturas naturales por las actividades humanas (Figura 7.13), debido a que el área efectiva de muestreo para esta estación no logra representar de forma general las coberturas vegetales. Por lo contrario, el área efectiva de muestreo centro su registro de anuros sobre las zonas de la estación que presentaban la mayor proporción de coberturas naturales o parcialmente transformadas.

*Protocolo de muestreo propuesto para la medición del IBEA en los ecosistemas de sabanas inundables*

El índice de integridad biológica del ensamble de anuros (IBEA) se basa principalmente en la riqueza y abundancia, por lo tanto el método de muestreo debe ser minucioso para lograr detectar la mayor cantidad de especies y sus representantes en cada una de las unidades de muestreo. Por lo anterior se recomienda establecer estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca de río Pauto, con un buffer mínimo de 5km de radio que in-

tente cubrir la mayor cantidad de tipos de coberturas naturales más representativas de las sabanas inundables (morichales, esteros, bajos banquetas bosque de vega y galería, matas de monte etc.), así como los elementos exógenos no nativos (cultivos transitorios de arroz, pastos etc.) y coberturas naturales transformadas (vegetación secundaria alta y baja).

Las técnica idónea para recopilar los datos necesarios en la aplicación del IBEA es aun inventario por búsqueda libre sin restricciones (Rueda, et al. 2006) con salidas diurnas y nocturnas durante ocho horas diarias por un período de mínimo 12 días. Los muestreos deben realizarse siempre durante la época de lluvias, en especial durante la primeras semanas de las lluvias ya que de esta manera se reduce el sesgo en la detección especies de reproducción explosiva como *Elachistocleis ovalis*, y *Trachycephalus typhonius*. Se sugiere que como mínimo el equipo de observadores y/o colectores este conformado por 2 investigadores con más de un año de experiencia en inventarios o caracterizaciones biológicas de anfibios.



**Figura 7.13.** Análisis e interpretación visual de las coberturas vegetales Estación 3. La zona sombreada representa el área efectiva de muestreo. Área total de la estación 7.637,4 hectáreas.

Dado que el IBEA utiliza coeficientes ecológicos (CE) especie-específicos, se hace necesario que como mínimo se colecte un ejemplar por especie con el cual se determine la identidad taxonómica de los individuos observados. Para determinar las identidades taxonómicas de las especies se puede consultar a Angarita-Sierra et al, (2013), Lynch (2006), Dixon & Staton (1976), Acosta-Galvis y Alfaro-Bejarano (2011), Cochran y Goin (1970).

Es indispensable que se realicen muestreos diurnos de renacuajos en los diferentes cuerpos de agua (temporales o permanentes) disponibles en las estaciones de muestreo ya que esta técnica magnifica la detección de especies. Para la captura de larvas (renacuajos), se deben utilizar redes de arrastre de fondo o jamás de mano. Todos los renacuajos colectados deben ser fijados en formol al 10 % para su posterior determinación taxonómica en laboratorio. Para determinar las identidades taxonómicas de las especies en estado larvario se puede consultar a Lynch (2006a) y Lynch y Suarez-Mayorga. (2011)

Para la cuantificación de las abundancias se pueden uti-

lizar dos técnicas: (1) La Colecta directa, en la cual la abundancia absoluta por especie es equivalente al número de individuos capturados por el investigador; y (2) El Revelamiento por Encuentros Visuales (Rueda, et al. 2006) en la cual la abundancia absoluta por especie es equivalente al número de individuos avistados y colectados por cada investigador. La primera técnica se recomienda para investigadores que no están familiarizados con las especies presentes en las sabanas inundables del Casanare, y la segunda para aquellos investigadores que cuentan con experiencia y tienen la capacidad de determinar a primera vista los anfibios del Casanare. Es de resaltar que las colectas de renacuajos no hacen parte de los valores de abundancias utilizadas para el cálculo del IBEA, estas colectas son utilizadas únicamente para aumentar la probabilidad de detección de especies. En todos los casos, sin importar el número de renacuajos colectados, solo se cuenta una vez el registro de la especie para los valores de abundancias utilizadas en el cálculo del IBEA.

Finalmente se recomienda como técnica complementaria el uso de tramas de caída para maximizar el éxi-

to de captura y aumentar la probabilidad de detección de especies (Figura 7.14). Esta técnica debe emplearse al interior de los bosque de galería o vega, bordes de caños, morichales y matas de montes durante mínimo 10 a 12 días funcionando las 24 horas del día. Para su construcción se usan barreras o láminas de 5 a 8m de longitud y 0.45 a 1m de altura (láminas de aluminio, bandas de tela prensada o laminas plásticas), que interceptaran a los individuos y los conducirán a una trampa de caída ubicada arras de piso. Las trampas se elaboran con un recipiente de cinco galones (mínimo 10 canecas de pintura), con agujeros en el fondo para permitir la evacuación del agua, así como hojarasca y una esponja humedecida que brindara refugio a los individuos capturados. Estas se disponen en transectos aleatorios de 40-50m metros sobre las márgenes de las orillas de los cuerpos de agua o en los bosques de galería o vega, bordes de caños, morichales y matas de montes. Se revisaran 2 veces al día y los individuos capturados se depositaran en bolsas de tela para su determinación preliminar en campo y posterior determinación en laboratorio. Cada trampa se tomará como una unidad de muestreo y estará numerada para llevar el registro de las capturas y posterior análisis.



**Figura 7.14.** Trampa de caída

## Discusión

La estabilidad en el tiempo de la dinámica ecológica del ensamble de anfibios presente en las sabanas inundables está siendo comprometida por la pérdida acelerada integridad biológica, ocasionada por la rápida y fuerte transformación de sus coberturas naturales por cultivos transitorios como el arroz y pastos para la ganadería. Este fenómeno se deriva de la homogeneidad y baja capacidad de carga que mostraron poseer los cultivos de arroz y pastos para sostener un ensamble de anfi-

bios diverso que requiere microhábitats heterogéneos, estratificados y permanentes a través del tiempo. Para la pervivencia del ensamble de anfibios es crucial que los bosques de galería o vega, las matas de monte y esteros permanezca sin transformaciones ya que durante la época de sequía estas son las coberturas vegetales que proporcionan el refugio del 96.8% de la biomasa de anfibios en las sabanas inundables. Cortez-Duque y Sánchez-Palomino (2011), corroboran que los bosques, en especial los bosque de galería, son las coberturas naturales más importantes para la fauna en los ecosistemas de sabanas inundables del río Pauto. Con la llegada de las lluvias, las sabanas naturales son las coberturas que sostiene el ensamble de anfibios y proveen las condiciones necesarias para el éxito reproductivo y el reclutamiento de larvas o juveniles para las poblaciones de anfibios (Montoya et al. 2011). En la actualidad, el ciclo de manejo agrícola de los cultivos transitorios genera una radical transformación mecánicas de los suelos y coberturas naturales de las sabanas inundables, ocasionado la pérdida de más del 70% de la riqueza de anfibios durante la época de lluvias y el 98% durante la sequía. De continuar con esta dramática pérdida de biodiversidad derivada de la expansión agresiva de la frontera agrícola, se ocasionará un daño irreparable en el ecosistema de sabanas inundables de río Pauto.

La reacción del ensamble de anfibios frente a este proceso de deterioro ambiental fue evidente, reflejándose en los valores del IBEA obtenidos para cada estación. Ninguna estación logro reportar valores de altos de integridad (>17.1). De las tres estaciones evaluadas, la estación 1 representa la zona con el mayor grado de integridad biológica, ya que cuenta con la mayor proporción de coberturas naturales que proveen una gran heterogeneidad y estratificación de hábitats disponibles para el ensamble de anfibios. Esta complejidad permite que en esta área se encuentren 92,3 % (24 especies) de todas las especies de anfibios que habitan las sabanas inundables.

Las estaciones 2 y 3 presenta los menores valores de integridad biológica reportados por el IBEA como consecuencia de la pérdida y destrucción de los hábitats necesarios para el establecimiento del ensamble de anuros. Es de resaltar que el valor moderado para la estación 3 es consecuencia de la alta sensibilidad del índice a la representatividad de los tipos coberturas vegetales muestreadas. Este estudio tuvo acceso limitado a algunos predios que contenían la mayor área de coberturas

transformadas en la estación 3 lo que genero un sesgo en el muestro. Esto evidencia la necesidad de realizar un muestreo riguroso de la mayor cantidad posible de tipos coberturas vegetales tanto naturales como transformadas, para así garantizar una inferencia adecuada de la integridad biológica y calidad de los servicios ecosistémicos que las sabanas inundables proveen a partir de los ensambles anfibios.

La extrema pérdida de diversidad de anfibios derivada de los modelos de producción agrícola en región, conlleva al detrimento de los servicios ecosistémicos que proveen estos animales a las comunidades Llaneras. Dentro los servicios de uso directo el principal detrimento se ejerce sobre los servicios culturales que enmarcan la belleza escénica, recreación, información científica y educativa. El paisaje cultura del Llanero está definido por su relación con el entorno natural que condiciona irrevocablemente la forma en la que esta comunidad se ha apropiado de su territorio. En esencia, los servicios culturales provistos por la fauna hacen parte integral de su identidad. En el caso de los anfibios los paisajes sonoros provistos por estos animales hacen parte fundamental de la belleza escénica que define su territorio. Citando las palabras de algunos pobladores de la cuenca del río Pauto “el canto de las ranas hace parte de la algarabía que da vida a las sabanas” (Com. pers. Manuel Barragan, Renzo Amaya y Nilson Gualdrón). Por lo tanto, los bajos niveles de integridad biológica registrados por el IBEA detecta de forma indirecta como la pérdida en la riqueza anfibios empobrece uno de los servicios ecosistémicos más valorados por los habitantes de la cuenca de río Pauto.

Así mismo los servicios ecosistémicos de uso indirecto derivados de los anfibios se ven afectados por la pérdida integridad biológica del ecosistema de sabana inundable. Los recursos genéticos, representados en la amplia variabilidad genética de las veintiséis especies de anfibios registradas, constituyen una oportunidad para el desarrollo del conocimiento científico de nuestro patrimonio natural, y su vez, una alternativa para la prospección de compuestos activos para la industria farmacéutica e investigación médica (Patlak 2003). Sin embargo, si continúa el mismo patrón de transformación de las sabanas inundables, estas oportunidades se pueden reducir significativamente.

### **Peces como indicadores de la salud ecosistémica.**

Los ecosistemas acuáticos vienen experimentando

transformaciones antropogénicas que incluyen la degradación de estos y alteraciones en la calidad física, química y biológica del agua (Tejerina-Garro et al. 2005; Nogués-Bravo et al. 2008). Los efectos antrópicos sobre los sistemas acuáticos se miden usando diferentes indicadores biológicos; las comunidades de peces, influenciados por el hábitat físico, son usados para cuantificar los efectos de las perturbaciones ambientales (Johnson & Hering, 2009).

El uso del suelo (Casatti et al., 2012; Ferreira et al. 2013), las actividades de urbanización, agrícolas y pecuarias (Bozzetti & Schulz, 2004; Hued & Bistoni, 2005; Rodríguez-Olarte et al. 2006), así como la captación de agua (Lyons et al. 2000), contaminación de tipo industrial (Araújo et al. 2003) y minera (Hugheny et al. 1996), han generado la homogeneización de las comunidades de peces y cambios en su ensamble, disminución de la diversidad, estructura trófica y cambios de la dieta.

Para las comunidades de peces, únicamente se presentan la propuesta de los indicadores para evaluar de la salud del ecosistema a partir de este grupo. Estos son: diversidad, gremios tróficos y uso de hábitat.

#### *Diversidad (Margalef) ( $D_{mg}$ )*

Relaciona el número de especies de acuerdo con número total de individuos; puede describirse mediante el número de especies presentes y la distribución de los individuos entre especies, es decir integra la riqueza de especies y su abundancia relativa (Magurran, 2004). Cuántas más especies se encuentren y cuánto más equitativamente estén repartidos los individuos entre las distintas especie, la comunidad es más diversa.

Para medir la diversidad local se calcula el índice de ri-

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \quad \text{Ec. 28}$$

queza de Margalef (Anexo 15):

Dónde

S : Número de especies

N : Número total de individuos

Este indicador se debe calcular por período climático y por punto de muestreo.

### *Gremios Tróficos (GT)*

El estudio de los hábitos alimentarios de las especies, permite ver la relación entre las comunidades de peces y su hábitat (Ferreira et al. 2013), así como la distribución de recursos, preferencias de hábitat, selección de presas, depredación, evolución, competencia y la transferencia de energía dentro y entre los ecosistemas (Rennó-Braga et al. 2012). Los cambios en los hábitos alimentarios, son provocados por fenómenos naturales y las actividades antrópicas como por ejemplo alteraciones en la vegetación riparia, la cual influye negativamente en las redes tróficas y conduce a su simplificación (Casatti et al. 2012; Ferreira et al. 2013).

$$GT = \# \text{ de sp. por gremio trófico} \quad \text{Ec. 29}$$

Este indicador se define:

Para este indicador se debe establecer el gremio al que pertenece cada especie registrada basada en la revisión de información. Los gremios tróficos pueden ser: Omnívoro, Insectívoro, Perífívoro, Frugívoro, Herbívoro, Piscívoro, Carnívoro (Anexo 16).

### *Uso de hábitat (UH)*

Permite evaluar las relaciones que se establecen entre el ambiente y los organismos, y de esta forma, tener una aproximación de cómo pueden explotar los recursos que el medio ambiente les provee (Winemiller et al. 2008). Las alteraciones antrópicas cambian la estructura del hábitat, así como la frecuencia, intensidad y momento de la perturbación, dan lugar a la homogeneización de las comunidades (Palmer et al. 1997).

$$UH = \# \text{ de sp. por categoría} \quad \text{Ec. 30}$$

Este indicador se define:

La unidad de medida de este indicador es el número de especies por categoría (Bentónicos, reofílicos y pelágicos). Para lo cual, del total de especies registrada se debe determinar el número de especies por categoría basados en revisión de información secundaria (Anexo 17).

### *Uso (U)*

El desarrollo de una actividad productiva (uso) alre-

dedor del recurso pesquero, tiene incidencia sobre su capacidad de renovación (Lasso et al. 2011); cuando existe un esfuerzo de captura superior a la capacidad de recuperación de las poblaciones, se traduce en disminución de la abundancia, potencial de desove, velocidad de crecimiento, edad a la maduración, estructura de edades y tamaños y variabilidad genética (García et al. 2003).

Este indicador se define:

La unidad de medida es el número de especies por categoría de uso (Ninguno, Consumo, Ornamental, Medicinal, Cultural). Para este indicador se debe establecer la categoría de uso del total de las especies registradas

$$U = \# \text{ de sp. por categoría de uso} \quad \text{Ec. 31}$$

basadas en revisión de información secundaria (Anexo 18).

## CONCLUSIONES

Los indicadores biológicos que fueron evaluados demostraron ser una herramienta útil para el diagnóstico de la salud de las sabanas inundables del río Pauto, así como para la evaluación de la calidad de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas prestan a las comunidades de llaneros que la habitan. Estos indicadores fueron sensible al fuerte proceso de deterioro y transformación de las sabanas inundables, que se evidencia de forma conspicua en la pérdida de integridad biológica, complejidad ecológica y belleza escénica, los cuales son síntomas o efectos derivados de las actividades humanas y se consideran como las manifestaciones de estrés o enfermedad de un ecosistema (Godron y Forman, 1983; Odum 1985, Steedman and Regier 1987). Pero a su vez, fue sensible a zonas con moderada integridad ecosistémica que aun soportan especies sensibles a la transformación de las coberturas naturales, indicando que aun la calidad de los servicios ecosistémicos es aceptable, pero que va en detrimento si no se generan políticas agrarias que regulen el rápido modelo de cambio en el uso del suelo en las sabanas inundables de nuestro país.

Este estudio corrobora la utilidad de los indicadores biológicos evaluados como excelentes candidatos para la evaluación de la salud de los ecosistemas (Welsh y Ollive 1998; Shulze et al., 2009, Jorgensen et al. 2010), y considera que la medición y monitoreo frecuente de

estos en las sabanas inundables, funciona como un barómetro ambiental de las presiones ejercidas sobre el ecosistema.

Sin embargo, es necesario que todos los indicadores propuestos que fueron no evaluados (económicos, sociales, físicos y biológicos) como herramientas de diagnóstico de la salud de un ecosistema sean puestos a prueba en las sabanas inundables en las múltiples cuencas de la Orinoquía, y ajustada a las coberturas naturales y exógenas que pueden estar formando otro tipo de transformaciones y mosaicos paisajísticos (sabanas de medanos, morichales, cultivos de palma africana etc.). De igual forma, para mejorar la sensibilidad de los indicadores biológicos es indispensable ampliar los muestreos para poder detectar las posibles especies que no están consideradas,

recopilar mucha información sobre la ecología básica de las especies en aspectos como la dieta, los patrones de movimiento y variación morfológica intraespecífica, entre otros y apoyarse en indicadores sociales, económicos y físicos para dar una mejor interpretación de la salud de los ecosistemas. Este trabajo constituye una base para iniciar monitoreos cada dos años de la salud del ecosistema, para así observar el cambio en el tiempo de la integridad biológica y calidad de los servicios ecosistémicos que proveen las sabanas inundables, y de esta forma, instaurar las medidas de control y manejo necesarias para su conservación. Así como evidencia la necesidad de realizar inventarios y monitoreos en áreas que están empezando a sufrir procesos de transformación acelerados producto de las actividades realizadas por el hombre.



# CAPÍTULO

# 8



## PROPUESTA DE RUTA A SEGUIR

Lourdes Peñuela-Recio & Carolina Mora-Fernández



La Alianza Yoluka ONG y Fundación Horizonte Verde, reconoce y es consciente del reto que existe para abordar el tema de la salud ecosistémica en las sabanas inundables de la Orinoquia colombiana. Aún más, cuando las relaciones entre la ecología y la economía no han sido lo suficientemente identificadas, valoradas, evaluadas y monitoreadas, logrando que exista un equilibrio, que permita mantener un balance positivo a través del tiempo.

Con todo lo planteado en los capítulos anteriores, queremos dejar una propuesta de *Ruta a seguir*, que se convierta en el inicio, o que dé continuidad a un proceso de valoración y monitoreo de la salud ecosistémica de las sabanas inundables; con el fin de orientar y aportar insumos útiles en temas de interés ambiental para los tomadores de decisiones a nivel local y regional de la Orinoquia Colombiana.

### Propuesta de ruta

#### a) *Conceptualización*

Es importante profundizar en la conceptualización de la salud ecosistémica, para tener claridad sobre su definición, conocer las metodologías existentes para poder abordar el tema y evaluarla de la manera más adecuada.

#### b) *Establecer la línea de base*

Se debe conocer los grupos de fauna, flora y vegetación presente en el ecosistema a evaluar; de tal manera que se logre tener una caracterización sistemática y así poder establecer un diagnóstico de cada grupo que sirva como punto de partida. Así mismo, es necesario identificar los servicios ambientales provistos por los ecosistemas. Esto es importante porque para poder evaluar la salud ecosistémica, se debe contar con información de referencia para poder iniciar el monitoreo de la misma.

#### c) *Propuesta de indicadores para monitorear la salud ecosistémica*

Una buena gestión ambiental incluye tener la información organizada, validada, tener metas definidas e indicadores que nos permitan comparar avances en el tiempo. En la figura 1 se presenta la propuesta para la evaluación y gestión de los ecosistemas de sabana inundable.

Se deben abordar en tres aspectos (Figura 1): físico, biótico y social. Una vez se conozcan las dinámicas socioeconómicas, la distribución espacial, los grupos

de fauna, flora y vegetación, se pueden proponer indicadores físicos, biológicos, sociales y económicos para monitorear los servicios ambientales provistos, que den evidencia del estado de la salud de los ecosistemas. Estos indicadores se deben probar antes de iniciar el monitoreo.

Es esencial generar indicadores a diferentes escalas, porque los servicios ambientales provistos por los ecosistemas, no son siempre a la misma escala. Por lo tanto es importante contar con indicadores a nivel local y regional por ejemplo.

La información existente se debe unificar y articular a las herramientas disponibles de ordenamiento territorial, tales como: los planes de desarrollo municipal y los planes de ordenamiento territorial, para que se pueda incluir en ellos el monitoreo de la salud ecosistémica, con su respectiva línea de base, como una prioridad para la generación y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales requeridos por las personas y los sectores productivos.

#### d) Reconocer el “Capital Natural”

Como base del sistema, llámese “finca, vereda, municipio, cuenca, sector productivo, entre otros”. Se debe reconocer el capital natural y velar porque este se mantenga o recuperarlo en caso de que se esté perdiendo.

Si el Capital Natural se define como: “*todos los recursos naturales renovables y no renovables presentes en el planeta tierra*”, es necesario considerar que este es el capital del cual dispone el “hombre” para obtener sus bienes y servicios ambientales.

Aunque existen varios conceptos que se han venido trabajando por diversos autores desde los años 90’, todos llegan a lo mismo: *es el capital natural el que nos genera los bienes y servicios de los cuales se benefician las sociedades para su economía y supervivencia.*

Es relevante tener presente que el capital natural no es “inagotable” y que depende de quien lo esté analizando, porque puede verlo como un patrimonio ecológico o en su defecto contra el patrimonio ecológico de una región o país.

Lo que es evidente es que usamos ese capital natural en nuestras actividades diarias y productivas, pero la mayoría de las veces, no se está contabilizando, porque no se está valorando como una materia prima que se compra (como el mercado de la casa), y aunque no tenga un precio si tiene un valor y debe asignársele ese valor.

Existe un abanico de posibilidades para valorar el

capital natural en cualquier actividad o por algún recurso que definamos, por ej. El recurso hídrico. Si valoramos el capital natural como “algo” que nos está representando un ejercicio económico para “ganar”, es importante ver en qué estado esta ese recurso, es decir ¿Cuál es la capacidad de oferta? Y ¿Hasta dónde puedo demandarlo? Y ¿cómo mantenerlo para que no se agote? O ¿cómo restaurarlo si es necesario?

Es conocido el trabajo de Constanza y otros autores: “*The value of world’s ecosystem services and natural capital*”, en el cual se lleva a cabo la estimación del valor económico de 17 servicios analizados en 13 biomas del mundo, donde demuestran que se están generando, por parte de los ecosistemas aproximadamente 33 trillones de dólares/año.

Es casi imposible no comprender que es vital CONOCER, RECONOCER Y VALORAR el capital natural como la base de cualquier sistema social y productivo.



e) *¿Restaurar el capital natural?*

Hablar de restaurar el capital natural es entender que se necesita tener “suficiente y almacenado”, los bienes ambientales que provean los servicios necesarios para las generaciones presentes y futuras.

Si podemos medir el capital natural del cual disponemos, si podemos saber la capacidad de oferta en un tiempo determinado, si sabemos el tiempo de recuperación del mismo; podemos manejar la demanda y administrarla, lo que conlleva a una buena gestión ambiental del territorio.

Son amplios los ejercicios de restauración del capital natural en el mundo, existen metodologías validadas, excelentes experiencias y resultados, que demuestran que es necesario invertir en la restauración del capital natural, tanto en sistemas naturales como en agro ecosistemas, para incrementar los beneficios que de ellos estamos esperando, para el mejoramiento de la calidad de vida, por ejemplo de los habitantes de una región.

El proyecto: “*Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja el río Pauto, Casanare, Colombia*”, ejecutado por la Alianza Yoluka

ONG y la Fundación Horizonte Verde, con base en la información generada durante la ejecución del mismo en los años 2012-2013 y presentada en los capítulos 1,3,5,6 y 7 de este libro, formuló un plan de restauración del capital natural para las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, documento técnico que fue entregado a las autoridades ambientales de los 5 municipios (alcaldías municipales) ubicados en la cuenca del río Pauto, a Corporinoquia, Gobernación de Casanare, Ministerio de ambiente, Agencia nacional de licencias ambientales y Ecopetrol como un aporte más a tener en cuenta en su gestión.

Esperamos que este libro sea una base de la cual puedan tomar ideas, adaptarlas, hacer críticas constructivas para continuar en el largo camino de la promoción del conocimiento y en la búsqueda de nuevas aproximaciones a la gestión social de la biodiversidad. Es una necesidad, debido a la preocupación de la sociedad que cada día se enfrenta a la obligación de tomar decisiones en contextos de cambio e incertidumbre crecientes, que deben dar respuestas a dilemas tales como la diversidad de la vida y el bienestar de las personas.



# ANEXOS



## TABLAS DE REGISTRO DE LOS INDICADORES DE SALUD ECOSISTEMICA PARA LAS SABANAS INUNDABLES DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA

### INDICADORES ECONÓMICOS

**Anexo 1.** Formato de registro e información del indicador “Elasticidad de producción de la superficie inundable”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Elasticidad producción de las superficies inundables
¿Qué se está evaluando?	La elasticidad del cambio en la producción de los principales productos.
Objetivo que se evalúa	Mide el cambio porcentual en la producción de los principales productos (sin incluir hidrocarburos) de la región frente al cambio porcentual en el área de superficies inundadas.
Forma de cálculo	$(\% \Delta \text{ producción en valores}) / (\% \Delta \text{ superficies inundadas})$
Categoría	Mide la elasticidad. Indicador de impacto
Unidad de medida	Valor por hectárea
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Mide el cambio del valor de la producción entre el período t y el período t+1 frente al cambio en el número de hectáreas inundadas entre el período t y el período t+1
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	La producción del período t multiplicada por el precio, mientras que la superficie inundada corresponde al promedio anual de hectáreas inundadas durante el período
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Se realiza anualmente
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, IDEAM, DNP

**Anexo 2.** Formato de registro e información del indicador “Importancia estacional del producto en la producción total”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Importancia estacional del producto en la producción total
¿Qué se está evaluando?	La participación de cada producto en la producción total de la región según estación del año.
Objetivo que se evalúa	Mide la participación de cada producto (sin incluir hidrocarburos) en el total de la producción en la última temporada invernal sobre la participación del mismo producto en el total de la producción en la última temporada de verano.
Forma de cálculo	$(\text{Participación producción, último invierno}) / (\text{Participación producción último verano})$
Categoría	Mide cambios porcentuales. Indicador de resultado
Unidad de medida	Toneladas por producto
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Mide la producción en el año t en el período de invierno sobre el cambio de la producción en el año t en el período de verano. Esto con el objetivo de encontrar cómo afecta la temporalidad a la producción.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Se encuentra la producción de cada producto en la temporada de invierno y la producción del mismo en la temporada de verano y se calcula la relación entre estos.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Se realiza anualmente, teniendo en cuenta las diferentes temporadas climáticas.
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, IDEAM, DNP

**Anexo 3.** Formato de registro e información del indicador “Reinversión ecosistémica”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Reinversión ecosistémica
¿Qué se está evaluando?	Porcentaje de las regalías que llegan a la región como producto de la extracción de hidrocarburos que se reinvierte en el mejoramiento de los ecosistemas de la región.
Objetivo que se evalúa	Mide la reinversión de las regalías en los procesos o iniciativas de tipo ambiental en la zona.
Forma de cálculo	$\text{Valor reinvertido en mejoramiento del ecosistema} / \text{Valor de regalías recibidas}$
Categoría	Mide cambios porcentuales
Unidad de medida	Valores en pesos constantes
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Mide la reinversión en mejoramiento ecosistémico que realizan las entidades territoriales según la cantidad de recursos recibidos por la explotación directa de recursos no renovables.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Se halla el valor de las regalías recibidas durante el año t y se compara con el valor de los recursos dirigidos hacia la protección ambiental en ese mismo año.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Anual
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, DNP, MHCP, Gobernación de Casanare

**Anexo 4.** Formato de registro e información del indicador “Elasticidad producción agrícola de la producción de hidrocarburos”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Elasticidad producción agrícola de la producción de hidrocarburos
¿Qué se está evaluando?	La producción de hidrocarburos puede desplazar la producción agrícola, lo que impacta de diversas formas el medio ambiente.
Objetivo que se evalúa	Conocer si la producción de hidrocarburos ha desplazado a los otros productos, especialmente los agrícolas de la participación económica de la región.
Forma de cálculo	$\% \Delta$ valor de la producción sin hidrocarburos en t / $\% \Delta$ en el valor de la producción de hidrocarburos en t
Categoría	Mide la elasticidad. Indicador de Impacto
Unidad de medida	Valores en millones de pesos constantes.
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Mide cuanto desplaza la producción de hidrocarburos a la producción agrícola.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Se halla el valor de la producción anual sin hidrocarburos y se relaciona con la producción agrícola.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Anual
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, DNP

**Anexo 5.** Formato de registro e información del indicador “Crecimiento de hectáreas en zonas protegidas”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Crecimiento de hectareas en zonas protegidas
¿Qué se está evaluando?	El porcentaje de cambio en la cantidad de hectareas incorporadas al SINAP en la cuenca del Rio Pauto.
Objetivo que se evalúa	Dado que la Orinoquia es la región biogeográfica con la menor extensión protegida y que el PND contempla incorporar 3.000.000 de hectareas al Sistema de Información Nacional de Áreas Protegidas, es importante hacer seguimiento al desarrollo de este objetivo.
Forma de cálculo	$(\text{Hectareas protegidas } t+1 / \text{ hectareas protegidas } t) - 1$
Categoría	Cantidad de hectareas en zonas protegidas. Indicador de Resultado
Unidad de medida	Porcentaje de cambio
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Conocer si las metas propuestas por el gobierno en materia de áreas protegidas se han ido cumpliendo en la región.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Anualmente según hectareas añadidas
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Anual
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, DNP

**Anexo 6.** Formato de registro e información del indicador “Elasticidad producción de las áreas protegidas”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Elasticidad producción de las áreas protegidas
¿Qué se está evaluando?	Producción y áreas protegidas.
Objetivo que se evalúa	El porcentaje de cambio en la cantidad de hectareas incorporadas al SINAP en la cuenca del Rio Pauto frente a la producción total (sin incluir hidrocarburos).
Forma de cálculo	$\% \Delta$ en la cantidad de la producción (sin incluir hidrocarburos) / $\% \Delta$ número de hectáreas protegidas en t
Categoría	Cantidad de hectareas en zonas protegidas y producción. Indicador de Resultado
Unidad de medida	Porcentaje de cambio
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Conocer si las metas propuestas por el gobierno en materia de áreas protegidas se han ido cumpliendo en la región y su relación con los cambios en la producción.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Se halla la producción de la zona de los años t y t+1, se halla el cambio y se compara con el cambio entre t y t+1 de las áreas protegidas.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Anual
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	DANE, DNP

## INDICADORES SOCIALES

**Anexo 7.** Formato de Registro de información del indicador “Memoria Institucional”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Memoria Institucional
¿Qué se está evaluando?	Salud ecosistémica
Objetivo	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare.
Fórmula de cálculo	$M = a$  M = Capacidad de memoria institucional a = Número de archivos o centros documentales funcionales identificados en las organizaciones de base y entes territoriales que operan en la cuenca.
Categoría	Indicador de gestión
Unidad de medida	Capacidad de memoria institucional
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	El indicador mide la capacidad de almacenar y discutir las experiencias y proyectos realizados por los entes territoriales y las asociaciones de base existentes en la cuenca del río Pauto.
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (como se hace la medición)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Para realizar la medición es necesario constatar la existencia o ausencia de archivos o centros de documentación en las alcaldías, concejos municipales, ONG y corporaciones regionales presentes en la cuenca</li> <li>· Una vez recopilada la información se suma un valor de 1 por cada archivo funcional que haya sido identificado</li> <li>· La medida incluye información de los cinco municipios que son atravesados por la cuenca en el departamento. *Referirse a la lista de organizaciones de base recopilada hasta el momento</li> </ul>
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Cada dos años. De preferencia al comienzo y en la mitad de cada período constitucional de los gobiernos municipales
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Alcaldías y concejos municipales, ONG, Corporinoquia, asociaciones de juntas de acción comunal, asociaciones religiosas, CLOPAD de cada municipio, observación directa sobre el terreno

**Anexo 8.** Formato de Registro de información del indicador “Capacidad de innovación”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Capacidad de innovación
¿Qué se está evaluando?	Salud ecosistémica
Objetivo	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare.
Fórmula de cálculo	$I = e$ I = Capacidad de innovación. e = Número de especies vegetales identificadas en los jardines caseros.
Categoría	Indicador de insumo
Unidad de medida	Nivel de capacidad de innovación
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	El indicador mide la capacidad de innovación de los grupos sociales que habitan y utilizan la cuenca del río Pauto.
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (como se hace la medición)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Para realizar la medición es necesario escoger al azar 30 hogares por cada municipio de la cuenca y hacer un levantamiento de las especies vegetales que se cultivan en sus jardines caseros.</li> <li>· Una vez sistematizada la información se cuenta el número de especies distintas existentes en la cuenca.</li> <li>· Mientras más alto sea el número de especies mayor será la capacidad de innovación.</li> </ul>
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Cada dos años. De preferencia al comienzo y en la mitad de cada período constitucional de los gobiernos municipales.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Información generada a partir de la observación directa sobre el terreno.

**Anexo 9.** Formato de registro de información del indicador “Conectividad social”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Conectividad social
¿Qué se está evaluando?	Salud ecosistémica
Objetivo	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare.
Fórmula de cálculo	$C = (n \cdot 2,5) / 100$ C = Conectividad social. n = Número de cabezas de ganado en los municipios de la cuenca del río Pauto.
Categoría	Indicador de insumo
Unidad de medida	Nivel de conectividad social
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	El indicador mide la conectividad social de los grupos sociales que habitan y utilizan la cuenca del río Pauto.
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (como se hace la medición)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Como el censo nacional resulta inexacto al momento de determinar la cantidad de personas empleadas en el sector ganadero, la medición debe hacerse de forma indirecta. Sabemos que principal actividad ganadera en la cuenca del río Pauto es la cría y sabemos que esta actividad genera un promedio de 2,5 empleos por cada 100 cabezas de ganado (Fedegan 2011).</li> <li>· Para realizar la medición se toma el número de cabezas de ganado existente en los municipios de la cuenca y se multiplica por 2,5. Después de esto, el resultado se divide en 100. Este es el número aproximado de empleos del sector ganadero en la zona.</li> </ul>
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Cada dos años. De preferencia al comienzo y en la mitad de cada período constitucional de los gobiernos municipales.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	Debe realizarse
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Inventario Bovino Nacional y cifras Comité Departamental de Ganaderos de Casanare.

## INDICADOR FÍSICO

**Anexo 10.** Formato de registro e información del indicador “Índice de uso de agua”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Índice de Uso de Agua
Qué se está evaluando	Cantidad de agua superficial disponible en la totalidad o área parcial de la cuenca de Río Pauto
Objetivo que se evalúa	Establecer la disponibilidad del recurso hídrico en la totalidad o área parcial de la cuenca de Río Pauto
Fórmula del cálculo	$IUA = (D/On) * 100\%$ D: Demanda hídrica de agua [m <sup>3</sup> ] On: Oferta hídrica superficial neta [m <sup>3</sup> ]
Categoría	Indicador de producto
Unidad de Medida	Porcentual
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	El Índice de Uso del Agua (IUA), dentro del marco del Estudio Nacional del Agua (ENA) (IDEAM,2010), representa la principal herramienta para evaluar la disponibilidad recurso hídrico, en un área hidrográfica, región, municipio o cabecera y determinar se este es suficiente o deficitario, asociado al concepto de disponibilidad de agua.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	La demanda hídrica de un sector se determina en función de los volúmenes de producción sectorial y los factores de consumo de agua por tipo de producto o servicio (ENA - 2010). La oferta hídrica superficial en el caso de la cuenca del Río Pauto debe estimarse, a partir de la precipitación efectiva registrada por la red hidrometeorológica del IDEAM.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	El IUA puede ser evaluado para un marco de referencia multianual o también estudiarse en dinámicas anuales, estacionales, semestrales e incluso mensuales. La definición de la agregación a utilizar depende de los objetivos y horizontes temporales de la planificación que se desea adelantar, esta agregación también debe estar ligada a la dinámica de la demanda, que en muchos casos puede contener periodos críticos y periodos de baja demanda. (ENA - 2010)
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Valor en porcentaje del IUA
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	La información hidrometeorológica puede obtenerse de los registros de la red hidrometeorológica del IDEAM. La información de concerniente a la demanda hídrica, puede obtenerse a partir de del POMCA de la cuenca del Río Pauto. O según disponibilidad de acuerdo a lo estipulado en el ENA.

CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR		
REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Registro de datos de caudal o precipitación para el periodo de evaluación	Disponibilidad del los registros requeridos	Para que pueda hacerse una estimacion adecuada la información debe someterse a pruebas de consistencia y homogeneidad.
Determinación del caudal ambiental para el cauce principal de la cuenca.	Disponibilidad del los registros requeridos	La estimación del caudal ambiental para la cuenca de Río Pauto, requiere el registro de caudales en el cauce principal.
Determinación de la demanda hídrica en la cuenca.	Disponibilidad del los registros requeridos	La estimación de la demanda hídrica para la cuenca de Río Pauto, mayor detalle de consumo que incluya las principales fuentes de consumo presentes en la cuenca.
El índice se calcula únicamente para fuentes de agua superficial tales como ríos y quebradas. No incluye en la oferta la disponibilidad de aguas subterráneas o de cuerpos de agua tales como lagunas, ciénagas o lagos.		

Rango	Categoría	Significado
> 50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10.01 . 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
01-oct	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
≤ 1.	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.

# INDICADORES BIOLÓGICOS

## Anexo 11. Formato de registro e información del indicador “Oferta de servicios (Os)”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Índice de variación de oferta de servicios y salud ecosistémica ( $O_s$ )
¿Qué se está evaluando?	Salud del ecosistema (Resiliencia y oferta de servicios)
Objetivo que se evalúa	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del Río Pauto, Casanare.
Fórmula del cálculo	<p><math>O_s</math> = Salud del ecosistema con respecto a la oferta de servicios del componente vegetal, la cual se mide de la siguiente forma:</p> $O_s = R_N + R_C + R_U + B_U$ <p><math>R_N</math>= proporción especies en la muestra <math>j</math> dentro del tipo de vegetación <math>i</math>  <math>R_C</math>= proporción de especies nativas indicadoras presentes en la muestra <math>j</math> dentro del tipo de vegetación <math>i</math>  <math>R_U</math>= proporción de riqueza de especies útiles nativas en la muestra <math>j</math> dentro del tipo de vegetación <math>i</math>  <math>B_U</math>= proporción de biomasa (cobertura o área basal) de las especies útiles nativas en la muestra <math>j</math> dentro del tipo de vegetación <math>i</math></p> <p>La salud y oferta de servicios ecosistémicos según este índice, se presenta con la siguiente escala de valores: Mala (&lt;0,5), Regular (0,5-1), Buena (1-2), Muy buena (2-3) y Excelente (3-4).</p> <p>Para evaluar el cambio de este índice en el tiempo se emplea la siguiente fórmula:</p> $\% \Delta O_s = \left( \frac{O_{s(t+1)}}{O_{s(t=0)}} - 1 \right) \cdot 100$ <p><math>t</math> = tiempo o momento de la medición del índice, <math>t = 0</math> es la medición inicial, mientras que <math>t+1</math> es una medición posterior</p>
Categoría	Resultado e Impacto
Unidad de Medida	Adimensional, se presenta en una escala de 0 a 4 y representa la salud ecosistémica en virtud de la oferta de servicios
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	Hay que tener en cuenta para la interpretación de $O_s$ que varía entre 0 y 1, en donde la muestra ofrece más servicios y es más saludable entre más cercano a 4 sea su valor. El cambio en el tiempo de este índice puede variar desde $-\infty$ a $\infty$ , pero Por tanto, un valor de 0 para $\% \Delta O_s$ significa que los servicios con respecto a la salud del ecosistema ( $O_s$ ) se mantuvo igual entre la primera medición y la medición posterior. El valor porcentual de $\% \Delta O_s$ es positivo cuando hay un incremento los servicios ofrecidos en la muestra con respecto a mediciones anteriores, y es negativo cuando, por el contrario, hay una disminución posterior de los servicios ofrecidos por dicho ecosistema.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	La medición de este índice consiste en la suma de las variables principales de los anteriores índices y en el cálculo de su variación en medidas posteriores a la medición inicial.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Dos veces al año, período de aguas bajas y periodo de aguas altas. Se recomienda realizar el monitoreo del indicador cada dos años.
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	YOLUKA ONG, FUNDACIÓN HORIZONTE VERDE, CORPORINOQUÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SIB-Colombia, tesis, artículos publicados

### CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR

REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Establecimiento de los métodos para cuantificar la riqueza, composición y biomasa (cobertura o área basal) de los tipos de vegetación	Áreas de difícil acceso, tiempo limitado	Elegir los sitios de muestreo de acuerdo con las vías de acceso disponibles y el conocimiento del terreno de un guía local
Equipos y materiales necesarios para estudiar la composición y estructura de la vegetación boscosa y de sabanas	Equipos y materiales insuficientes para recolectar el material botánico necesario	Indispensable tener suministro suficiente de bolsas, periódico y alcohol para la recolección de muestras, así como bajarramas con suficientes extensiones
Por lo menos 25 parcelas de 1x1 m en sabanas y 10 transectos de 50x2 m en los bosques por cada tipo de vegetación	Las condiciones del terreno y el número de especies encontradas pueden dificultar el número de levantamientos realizados en un lugar	Se debe garantizar un equipo de trabajo con la suficiente experiencia y un tiempo de campo adecuado para alcanzar los objetivos
Equipo de trabajo de 1 o 2 biólogos con experiencia en botánica y 1 guía local con conocimiento de usos y nombres comunes de las plantas	Disponibilidad de guías con la experiencia requerida	

### ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR

CONDICIÓN SALUD ECOSISTÉMICA	RANGO	COLOR CLAVE
Excelente	3-4	Azul
Muy buena	2-3	Verde
Buena	1-2	Amarillo
Regular	0,5-1	Naranja
Mala	<0,5	Rojo

Anexo 12. Formato de registro e información del indicador “Diversidad funcional del ensamblaje de murciélagos”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Diversidad Funcional de atributos del ensamblaje de murciélagos en el área.
Qué se está evaluando	Capacidad del ecosistema para proveer servicios ecosistémicos de soporte (dispersión de semillas, polinización, control de poblaciones)
Objetivo que se evalúa	Establecer el potencial del ensamblaje de murciélagos para proveer servicios como la dispersión de semillas, el control de plagas y la polinización, en las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare.
Fórmula del cálculo	<p>FAD2= Diversidad Funcional de atributos del ensamblaje de murciélagos</p> $FDAZ = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij}^{\frac{1}{\alpha}}$ $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^K (A_{kj} - A_{ki})^2}$ <p>Dónde <math>d_{ij}</math> corresponde a la distancia existente entre el atributo <math>k</math> en la especie <math>j</math> y el atributo <math>k</math> en la especie <math>i</math></p>
Categoría	Indicador de producto
Unidad de Medida	Diversidad de atributos funcionales a través de la identificación de rasgos de historia de vida.
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	La capacidad del ensamblaje de murciélagos para proveer diferentes servicios de soporte en el ecosistema
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Captura de murciélagos con redes de niebla o equipos disponibles (Tomando en cuenta que el esfuerzo de muestreo debe ser el mismo cada vez que se haga la evaluación). Realización de curvas de acumulación de especies para evidenciar la representatividad del muestreo. Clasificación de atributos funcionales para cada especie capturada. Aplicación de los índices y utilización de la tabla de categorías de diversidad funcional. Para las estrategias de forrajeo y las categorías tróficas, seguimos a Fenton et al. (1992), Kalko et al. (1996), Sanchez Palomino et al (1997), Medellín et al (2000), Soriano (2000), Solari et al. (2002), Giannini & Kalko 2004, así como guías (Emmons & Feer 1997) y bases de datos de Mammalian Species (www.science.smith.edu/msi/msiaccounts.html) y la IUCN (www.iucnredlist.com).
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	La periodicidad depende de los recursos económicos del proyecto. Cada muestreo debe ser realizado en todas las épocas climáticas para evitar el sesgo de la estacionalidad. Durante cada evaluación, el muestreo debe llevarse a cabo hasta que los estimadores utilizados para medir la representatividad sean superiores al 80 %. Se recomienda hacer los monitoreos cada dos años.
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	Valor máximo de diversidad funcional para las especies de murciélagos con presencia probable en el área de estudio. Composición de morfotipos dentro del ensamblaje en el primer muestreo que se haga. La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	YOLUKA ONG, FUNDACIÓN HORIZONTE VERDE, CORPORINOQUÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SIB-Colombia, tesis, artículos publicados

CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR

REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Muestro representativo del ensamblaje de murciélagos en las diferentes épocas climáticas	Tipo de metodología empleado, el cual puede estar sesgado a solo unas especies	Utilizar diferentes metodologías como redes de niebla, búsqueda de refugios, ecolocalizadores y equipos disponibles. La representatividad del muestreo debe ser cómo mínimo del 80 %
Definición de valores de atributos para cada especie	No existe información con el mismo nivel de detalle para todas las especies	Realizar una buena recopilación de información secundaria y promover los estudios de ecología básica (dieta, morfología, estrategias de forrajeo) para las especies registradas
Complementar los muestreos con información sobre estructura de la vegetación y tamaño de fragmentos para definir más adecuadamente las áreas de muestreo	Aumento en los costos del muestreo	Es posible utilizar diferentes metodologías basadas en sistemas de información geográfica y evaluaciones ecológicas rápidas

ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR

	RANGOS	FAD1				
		1 (0 -20 %)	2 (21-40 %)	3 (41 - 60 %)	4 (61 - 80 %)	5 (81- 100 %)
FAD2	1 (0 -20 %)	MUY BAJA	MUY BAJA	MUY BAJA	BAJA	MEDIA
	2 (21-40 %)	MUY BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA
	3 (41 - 60 %)	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
	4 (61 - 80 %)	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
	5 (81- 100 %)	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA

### Anexo 13. Formato de registro e información del indicador “Índice de integridad biótica avifaunístico”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Índice de Integridad Biológica avifaunístico
Qué se está evaluando	Variables ecológicas de la Avifauna que asociadas a la salud del Ecosistema en la cuenca baja del río Pauto, Casanare
Objetivo que se evalúa	Desarrollar un índice de integridad biológica de la Avifauna (IBI) asociada a la cuenca baja del Río Pauto, Casanare, a partir de variables ecológicas, integrando factores biológicos, ecológicos y poblacionales de las Aves acuáticas y terrestres asociadas a la cuenca baja del río Pauto
Fórmula del cálculo	$IBI = \frac{\sum_{i=1}^n \text{puntaje de las } n \text{ variables} \times 10}{\text{número de variables}}$
Categoría	Indicador del Producto (IBI)
Unidad de Medida	Condición del ecosistema en relación a las variables ecológicas derivadas de las poblaciones de aves acuáticas y terrestres de la cuenca baja del río Pauto
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	El IBI mide la condición de la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca baja del río Pauto
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Caracterización de la Avifauna, determinación de variables ecológicas, puntuación de cada variables, análisis de condición ecológica, determinación de servicios ecosistémicos. Para las variables ecológicas se puede seguir: DIETA: Tipo de recurso utilizado s (Hilty & Brown, 1986; Storz et al, 1996, Moermond T C and Denslow J S 1985) COMPORTAMIENTO: Individuos solitarios, bandada mixta, congregatorias s Hilty & Brown, 1986; Storz et al, 1996) HABITAT: Ver códigos (D. F. Storz, J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III & D. K. Moskovits 1996. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. University of Chicago Press, Chicago. 478 pp) MIGRACIÓN: Intrageneracional. Cíclica, Estacional Nomadismo, Latitudinal, Longitudinal, Altitudinal Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Fuste-González y Y. Cifuentes Sarmiento (Editores). 2012. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p Ver códigos (D. F. Storz, J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III & D. K. Moskovits 1996. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. University of Chicago Press, Chicago. 478 pp)
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Se recomienda realizar el monitoreo cada dos años el cual debe constar de dos salidas de campo una en cada época del año, (época de verano, época de invierno) con un esfuerzo de muestreo por encima del 80%
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de marzo y julio de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	YOLUKA ONG, FUNDACIÓN HORIZONTE VERDE, CORPORINOQUÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SIB-Colombia, tesis, artículos publicados

CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR		
REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Definición de grupos de aves que son indicadores de salud ecosistémica, teniendo en cuenta factores de comportamiento, hábitos alimenticios, estacionalidad, reproducción y componentes ecosistémicos (polinizadores, dispersores de semillas, carroñeros, carnívoros), con el fin de determinar la importancia biológica-ecosistémica de un grupo funcional en particular	Las metodologías a pesar de que están estandarizadas para este tipo de información, se requiere que sea un monitoreo a largo plazo y en una escala mucho mayor a la que se trabajó, en parte para incluir otras áreas de importancia biológica, por ende, es clave la obtención de recursos económicos para asegurar el monitoreo a largo plazo	El Monitoreo de especies permitirá conocer el recambio de especies en una escala de tiempo, igualmente, conocer los factores bióticos-ecológicos que están determinando el flujo de energía y por ende, los procesos ecosistémicos que definen el equilibrio en un ecosistema.
Se debe caracterizar en un amplio espectro, (cualitativamente y cuantitativamente) las amenazas e impactos generados por causas antrópicas en los ambientes de sabana natural/bosque de galería, incluyendo factores como pérdida de cobertura vegetal, transformación de hábitat, tasa de extracción de recursos (hidrocarburos), cacería, pesca, desplazamiento de comunidades nativas y llegada de colonos	La información para este tipo de actividades desafortunadamente no está cuantificada para muchas áreas de la Orinoquia, por lo anterior, es de alta importancia que este tipo de información sea incluida en los análisis de salud ecosistémica de una región en particular, debido a que la transformación del hábitat es la principal causa de pérdida de especies.	La información a adquirir permitirá conocer la transformación del ambiente a una escala puntual y global, es prioritario, que estos datos se incluyan como variables que determinan la salud ecosistémica de una región.
Integrar la evidencia biótica con abiótica obtenida a partir del levantamiento de información primaria y secundaria, en aras de promover herramientas útiles para definir estrategias para establecer áreas de conservación	Requiere que exista una participación de la comunidad local y organizaciones no gubernamentales, así como entidades del gobierno, que conciben una estrategia eficaz para promover servicios ecosistémicos útiles para la comunidad local, así como el aprovechamiento racional de los recursos de la nación	Agrupar todo tipo de entidades que estén en la capacidad e interés de participar en la promoción de proyectos a largo plazo, que promuevan el uso adecuado de recursos, así como el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades no favorecidas en la región.
Establecer y relacionar los siguientes procesos ecosistémicos: Polinización, dispersión de semillas, predación de vertebrados e invertebrados, carroñeros, aporte de nutrientes, flujo de energía (ecosistemas acuáticos) y biorurbación	Para definir los procesos ecosistémicos se requiere un mapeo de rasgos funcionales que estén asociados directa e indirectamente al proceso (ej, morfología, etología, reproducción). Dicho mapeo requiere el levantamiento de información primaria (campo, colecciones biológicas) que son útiles para este tipo de asociación	Los procesos ecosistémicos definen que está pasando en una región en relación a procesos bióticos y antrópicos

Condición de salud ecosistémica	Rango	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	81-90	Verde
Regular	71-80	Amarillo
Aceptable	61-70	Naranja
Umbral mínimo de conservación	51-60	Purpura
Condición pobre	≤50	Rojo

**Anexo 14.** Formato de registro e información del indicador “Índice de integridad biótica del ensamblaje de anuros (IBEA)”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Índice de integridad biológica del ensamblaje de anuros (IBEA)
¿Que evalúa el indicador?	Integridad biológica del ensamblaje de anuros y Calidad de los servicios ecosistémicos provistos por estos animales
¿Objetivo que evalúa el indicador?	Medida indirecta de los servicios ecosistémicos provisto por las sabanas
Formula de Calculo	$IBEA = \frac{\sum_i^n Ln[(Abundancia\ absoluta\ por\ especie) \times (CE)]}{Ln\ N}$ <p>CE= Coeficientes Ecológicos N= Número de especies (Riqueza)</p> <p>Para evaluar el cambio de este índice en el tiempo se emplea la siguiente fórmula:</p> $\% \Delta IBEA_i = \left( \frac{IBEA_{i(t+1)}}{IBEA_{i(t=0)}} - 1 \right) * 100$ <p>Donde: x = Valor índice IBEA en la estación muestreada en un tiempo o momento después de la medición inicial xi = Valor del índice IBEA en la estación muestreada en un tiempo o momento inicial i = número de estaciones muestreadas en la zona de estudio t = tiempo o momento de la medición del índice, t = 0 es la medición inicial, mientras que t+1 es una medición posterior. %Δxi= Variación en el Tiempo del IBEA</p>
Categoría	Indicador de Resultado
Unidad de Medida	Adimensional, los valores esperados de esta métrica varían entre 0-10 para los niveles bajos 10.1-17 para los niveles medios y mayor a >17.1 para los niveles altos de integridad
Descripción. Explicación sobre que mide el indicador (objeto de la medición)	EL IBEA mide la extensión a la cual el ensamblaje de anfibios de la sabanas inundables se ha desviado de la integridad debido a la transformación, degradación o desintegración de las coberturas naturales por actividades humanas. Es decir, el IBEA mide la calidad del ecosistema mediante la valoración del grado divergencia positiva o negativa del ensamblaje de anfibios entre estados de mayor o menor complejidad ecosistémica, que pueden proveer o no, una mayor cantidad y calidad de bienes y servicios ecosistémicos.
Metodología de medición. Explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición).	Muestreos por encuentros visuales o colecta directa en la que se cubran la mayor cantidad de tipos de coberturas naturales más representativas de las sabanas inundables (morichales, esteros, bajos banquetas bosque de vega y galería, matas de monte etc.), así como los elementos exógenos no nativos (cultivos transitorios de arroz, pastos etc.) y coberturas naturales transformadas (vegetación secundaria alta y baja). La medición se basa en la riqueza y abundancia de las especies que componen el ensamblaje de anfibios de los ecosistemas de sabanas inundables.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información.	Se recomienda realizar los monitoreos del indicador cada dos años. Los muestreos deben realizarse siempre durante la época de lluvias, en especial durante la primeras semanas de las lluvias
Línea base o referencia, valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de política, programa o proyecto.	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador.	YOLUKA ONG, FUNDACIÓN HORIZONTE VERDE, CORPORINOQUÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SIB-Colombia, tesis, artículos publicados

CRITERIOS A TENER EN CUENTA AL UTILIZAR EL IBEA		
REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Buffer mínimo de 5km de radio que intente cubrir la mayor cantidad de tipos de coberturas naturales más representativas de las sabanas inundables (morichales, esteros, bajos banquetas bosque de vega y galería, matas de monte etc.), así como los elementos exógenos no nativos (cultivos transitorios de arroz, pastos etc.) y coberturas naturales transformadas (vegetación secundaria alta y baja).	Áreas de difícil acceso o limitado	Cubrir en los muestreo la mayor cantidad posible de tipos de coberturas naturales y exógenas del ecosistema
Metodo de muestreo búsqueda libre sin restricciones (Rueda, et al. 2006) con salidas diurnas y nocturnas durante ocho horas diarias por un periodo de mínimo 12 días.	El IBEA no considera nuevas especies registradas para la región o para la ciencia	Utilizar literatura de referencia para la determinación de las identidades taxonomicas de las especie, no fotos o entrevistas
Muestreos diurnos de renacuajos en los diferentes cuerpos de agua (temporales o permanentes)	Disponibilidad de cuerpos de agua ara realizar los muestreos	Utilizar literatura de referencia para la determinación de las identidades taxonomicas de las especie, no fotos o entrevistas
Uso de tramas de caída al interior de los bosque de galería o vega, bordes de caños, morichales y matas de montes	Falta de experiencia en el uso de la técnica o en la ubicación de las tramas	Revisar dos veces al día las tramas de caída

Condición de Integridad ecosistémica	Rango	Color
Buena	>17.1	Verde
Regular	10.1-17	Amarillo
Mala	0-10	Rojo

**Anexo 15.** Formato de registro e información del indicador “Diversidad (Dmg) de las comunidades de peces”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Diversidad
Qué se está evaluando	Salud ecosistémica
Objetivo que se evalúa	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare
Fórmula de cálculo	Para medir la diversidad local se calcula el índice de riqueza de Margalef: $D_{Ng} = \frac{S - 1}{\ln N}$ donde S es el número de especies y N el número total de individuos
Categoría	Indicador de producto
Unidad de medida	Valor del índice de riqueza de Margalef
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	Número de especies frente al número total de individuos en un periodo de tiempo determinado por punto de muestreo.
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición)</i>	Se mide a través del cálculo de la fórmula del índice de riqueza de Margalef por periodo y punto de muestreo.
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información .	Dos veces al año como mínimo, periodo de aguas bajas y periodo de aguas altas.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Proyecto Yoluka – Horizonte Verde. Tesis, Informes y artículos publicados.

INDICADOR	CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR		
	REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Diversidad	Estandarización del protocolo de muestreo. Implementación del protocolo de muestreo a lo largo de los cuatro periodos del ciclo hídrico anual (ascenso de aguas, aguas altas, descenso de aguas y aguas bajas).	No estandarizar las metodologías para la estimación de la abundancia (relativa). Establecimiento de protocolo de muestreo en sólo un periodo del ciclo hídrico anual.	Dos veces al año como mínimo, periodo de aguas bajas y periodo de aguas altas.

ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR		
CONDICIÓN SALUD ECOSISTÉMICA	RANGO	COLOR CLAVE
Excelente	4.7->60	Azul
Buena	3.8-4.6	Verde
Regular	3.1-3.7	Naranja
Pobre	0-3.0	Rojo

**Anexo 16.** Formato de registro e información del indicador “Gremios tróficos (GT) de las comunidades de peces”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Gremios tróficos
Qué se está evaluando	Salud ecosistémica
Objetivo que se evalúa	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare
Fórmula de cálculo	Número de especies por gremio (Omn, Isec, Inver, Perifi, Frugi, Herb, Pisc, Car).
Categoría	Indicador de producto
Unidad de medida	Número de especies por gremio (Omn, Isec, Inver, Perifi, Frugi, Herb, Pisc, Car)
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	Del total de especies registradas se determina el número de especies por gremio
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición)</i>	Para cada especie basado en la revisión de información secundaria se establece el gremio al que pertenece (Omn, Isec, Inver, Perifi, Frugi, Herb, Pisc, Car).
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información .	Dos veces al año como mínimo, período de aguas bajas y periodo de aguas altas.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Proyecto Yoluka – Horizonte Verde. Tesis, Informes y artículos publicados.

CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR			
INDICADOR	REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Gremios tróficos	Establecimiento de los métodos para cuantificar la dieta de las especies. Equipos y materiales necesarios para estudiar el contenido estomacal de los peces. Número mayor a 30 individuos por especie y por período hídrico para el análisis de los contenidos estomacales. Aquellas especies que tengan un número de individuos inferior no se deben tener en cuenta para los análisis.	No tener definido los métodos, materiales y equipos para cuantificar la dieta de las especies.	Dos veces al año como mínimo, período de aguas bajas y periodo de aguas altas.

ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR		
CONDICIÓN SALUD ECOSISTÉMICA	RANGO	COLOR CLAVE
Excelente	71-100	Azul
Buena	26-70	Verde
Pobre	0-25	Rojo

Anexo 17. Formato de registro e información del indicador “Uso de hábitat (UH) de las comunidades de peces”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Uso de hábitat
Qué se está evaluando	Salud ecosistémica
Objetivo que se evalúa	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare
Fórmula de cálculo	Número de especies por categoría (bentónicos, reofilicos y pelágicos).
Categoría	Indicador de producto
Unidad de medida	Número de especies por categoría (bentónicos, reofilicos y pelágicos)
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	Del total de especies registradas se determina el número de especies por categoría
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (como se hace la medición)</i>	Para cada especie basado en la revisión de información secundaria se establece la categoría a la que pertenece (bentónicos, reofilicos y pelágicos).
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información .	Dos veces al año como mínimo, período de aguas bajas y periodo de aguas altas.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Proyecto Yoluka – Horizonte Verde. Tesis, Informes y artículos publicados.

CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR			
INDICADOR	REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Uso de hábitat	Establecimiento de protocolo de caracterización de hábitat (p.ej. parámetros fisicoquímicos del agua, tipo de sustrato, velocidad de la corriente, profundidad, ancho, vegetación circundante, porcentaje de sombra).	No tener un protocolo para la caracterización del hábitat. No contar con los equipos para la toma de datos asociados a características del hábitat.	Dos veces al año como mínimo, período de aguas bajas y periodo de aguas altas. Tiene que existir una guía que explique detalladamente como se debe realizar la toma de los datos establecidos en el protocolo

ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR		
CONDICIÓN SALUD ECOSISTÉMICA	RANGO	COLOR CLAVE
Buena	71-100	Verde
Regular	26-70	Amarillo
Mala	0-25	Rojo

**Anexo 18.** Formato de registro e información del indicador “Uso de las comunidades de peces”

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Nombre del indicador	Uso
Qué se está evaluando	Salud ecosistémica
Objetivo que se evalúa	Evaluar la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare
Fórmula de cálculo	Número de especies por categoría de uso (Ninguno, Consumo, Ornamental, Medicinal, Cultural)
Categoría	Indicador de producto
Unidad de medida	Número de especies por categoría de uso (Ninguno, Consumo, Ornamental, Medicinal, Cultural)
Descripción. <i>explicación sobre qué mide el indicador (objeto de la medición)</i>	Del total de especies registradas se determina el número de especies por categoría de uso
Metodología de medición. <i>explicación de los principales aspectos del proceso de medición del indicador (cómo se hace la medición)</i>	Basado en la revisión de información secundaria y encuestas a la población local, se establece la categoría de uso (Ninguno, Consumo, Ornamental, Medicinal, Cultural).
Periodicidad, cada cuanto se recolecta, se produce la información .	Dos veces al año como mínimo, período de aguas bajas y periodo de aguas altas.
Línea Base o Referencia, <i>valor y fecha del indicador al momento de iniciar la ejecución de la política, programa o proyecto</i>	La primera medición consiste en la realizada en las salidas de campo de 2012 por la Alianza Yoluka-FHV
Fuentes de información: entidad, dependencia o grupo que produce o administra la información del indicador	Proyecto Yoluka – Horizonte Verde. Tesis, Informes y artículos publicados.

INDICADOR	CRITERIOS A TENER EN CUENTA EN EL MOMENTO DE INTEPRETAR EL INDICADOR		
	REQUERIMIENTOS	LIMITANTES	CONSIDERACIONES
Uso	Identificar a la población que hace uso de los recursos ícticos de la región. Diseñar entrevistas estructuradas en relación al uso y aprovechamiento de las especies peces. Contar con un catálogo ilustrado asociado a las entrevistas con las especies de peces de la región para que puedan ser identificadas por las personas entrevistadas (pescadores). Realizar visitas a los comercializadores de peces en la región.	Entrevista mal estructuradas y no contar con material didáctico de soporte. Entrevistar a personas no relacionadas con la actividad pesquera de la región.	Las entrevistas tienen que realizarse mensualmente.

ESCALA DE VALOR DEL INDICADOR		
CONDICIÓN SALUD ECOSISTÉMICA	RANGO	COLOR CLAVE
Buena	71-100	Verde
Regular	26-70	Amarillo
Mala	0-25	Rojo

**Anexo 19.** Uso del habitat y rasgos de vida evaluados. Sitios de canto: Cuerpo de agua permanente (CP); Charcos temporales (CT); Huecos en el Barro (HB); Oculta en la Vegetación (OV); Pastizales (P); Sobre

Especie	Habitat Domestico	Habitat del renacuajo	Preferencia de cobertura durante la acuquia	Preferencia de cobertura durante las lluvias	Preferencia de Microhabitat durante la sequia	Preferencia de Microhabitat durante las lluvias	Tamaño adulto (mm)	Estrategia Reproductiva	Sitio de canto	Habitat del renacuajo	Tamaño renacuajo (mm)	Sitio de ovoposición	Tipo de huecos	Tipo de renacuajo	Color de renacuajo
<i>Dendrocyphus maculiventris</i>	Presente	CT, BA, ES	Sabana	Sabana	Bajo la vegetación del Estero	Sobre la vegetación del Estero	Pequeño	Continua	SVP, CP, P	BA, ES, CT	Pequeño	CT, ES	Pequeñas Masas Huecos	Macrodygo	Tenuesmente pigmentados (Amarillo y café)
<i>Elanoides "ovata" (ovata)</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque	Entre la hojarasca	Entre la hojarasca	Pequeño	Explorativa	S	CT	Grande	CT	Laminas superficiales	filtrador de perfiton	
<i>Hypobius basus</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque	Soto bosque	Soto bosque	Grande	Oportunista	SCH, DB	CT	Grande	CT, DOM, RA	Pequeñas Masas	filtrador de perfiton	Tenuesmente pigmentados (crema)
<i>Hypobius reptans</i>	Presente	CT	Bosque	Sabana		Sobre los arbustos o el suelo	Grande	Continua	SV, DB, CT, E, DOM	CT, BA	Grande	CT, DOM, RA	Pequeñas Masas	filtrador de perfiton / heronico	Tenuesmente pigmentados (crema)
<i>Hypobius longifemur</i>	Ausente	CT	Bosque	Bosque		Soto bosque	Grande	Oportunista	SV, DB, CT	CT, BA	Grande	CT	Pequeñas Masas	filtrador de perfiton	Tenuesmente pigmentados (crema)
<i>Hypobius pugnax</i>	Presente	CT	Sabana	Sabana		Sobre los arbustos o el suelo	Grande	Continua	SV, DB, CT	CT, BA	Grande	CT, DOM, RA	Pequeñas Masas	filtrador de perfiton / heronico	Tenuesmente pigmentados (crema)
<i>Lepidocyphus umbelliventris</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque	Entre la biomasa muerta de la base de las palmas	Entre la biomasa muerta de la base de las palmas	Mediano	Oportunista	S, CT	CT, BA	Mediano	CT, BA	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Lepidocyphus fragilis</i>	Presente	CT	Bosque	Sabana	Entre la hojarasca del borde del bosque	Huecos entre el barro	Mediano	Continua	HB	CT, HB	Mediano	CT, HB	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Lepidocyphus fuscus</i>	Presente	CT	Sabana	Sabana	Huecos del suelo	Sobre troncos en el suelo	Mediano	Continua	S	CT, HB	Mediano	CT, HB	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Lepidocyphus intermedius</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque	Sobre los bordes de los caños	Sobre los bordes de los caños	Grande	Oportunista	S, CP	CT, CP	Mediano	CT, CP	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Lepidocyphus lituratus</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque	Entre la hojarasca en la base de los arboles	Entre la hojarasca en la base de los arboles	Mediano	Oportunista	S	CT, CP	Mediano	CT, CP	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Lepidocyphus maculiventris</i>	Ausente	Sabana	Sabana	Sabana	Huecos del suelo	Sobre el suelo cerca de cuerpos de agua	Grande	Oportunista	HB	CP	Mediano	CP	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Oreophthalmus zosterus</i>	Ausente	CT	Bosque	Bosque		Soto bosque y borde de los bosque de galería	Grande	Continua	S, DB	CT	Mediano	CT	Laminas superficiales	Macrodygo Outago	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Physalaera fisheri</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque/arroceria	Huecos del suelo	Sobre el suelo entre los surcos de arado	Pequeño	Continua	S	P, CT, CP	Mediano	CT, SCH	Nido de Espuma	Bentónico	Tenuesmente pigmentados denegro con vientre claro
<i>Physalaera hypochrysalis</i>	Ausente	CT, BA	Bosque	Sabana		Sobre los arboles cerca de cuerpos de agua	Mediano	Oportunista	SV, DB, CP	CT	Grande	SV, DB	Masa	Rapador	Blanco
<i>Physalaera illinoensis</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Sabana/arroceria	Entre la hojarasca	Sobre el suelo entre los surcos de arado	Mixto	Continua	S	CT	Pequeño	CT	Masa		negro con "vientre tenuesmente pigmentado"
<i>Physalaera petiolata</i>	Ausente	BA, CT	Sabana	Sabana		Oculta entre la vegetación de los bajos y esteros	Grande	Continua	OV, SCH, CT	CT, CP, DOM, BA	Gigante	CT, OV	Pequeñas Masas	Macrodygo, necronico o planonico	negro con "vientre tenuesmente pigmentado"
<i>Rhacella bambusa</i>	Presente	CT	Bosque	Sabana	Entre la hojarasca del borde del bosque	Sobre las arillas de charco temporales y carreteras	Mediano	Oportunista	S, CT	CT	Pequeño	CH, E	Masa	Bentónico	negro con "vientre claro"
<i>Rhacella murina</i>	Presente	CT	Sabana	Sabana		Sobre las orillas de charco temporales y carreteras	Grande	Oportunista	S, CT, CT	CT, HB	Mediano	OV, BA	Masa	Bentónico	negro con "vientre claro"
<i>Sinusa blairi</i>	Ausente	Sabana	Bosque	Bosque	Entre los herbales	Soto bosque	Pequeño	Oportunista	SV, DB, CT	CT	Pequeño	CT	Pequeñas Masas	Necronico	
<i>Sinusa kneri</i>	Ausente						Mediano		OV	CT	Pequeño	CT, SCH	Pequeñas Masas		
<i>Sinusa maculata</i>	Presente	CT, BA	Bosque	Sabana	Sobre arbustos del borde del bosque, Bafos de las casas	Sobre los arbustos, herbales o el suelo	Mediano	Continua	SV, DOM	CT	Pequeño	CT, SCH	Pequeñas Masas	Bentónico	verdiazulillo palido con manchas cónicas negras
<i>Sinusa ruber</i>	Presente	CT, BA	Bosque	Sabana	Sobre los herbales, bafos de las casas	Sobre los arbustos o el suelo o bafos de las casas	Mediano	Oportunista	SV, DOM	CT	Pequeño	CT, SCH	Pequeñas Masas	Bentónico	Dorso verde-oliva y vientre blanco iridulcente
<i>Sinusa tanzaniae</i>	Ausente	CT, BA	Bosque	Sabana	Entre los troncos de los arboles	Sobre los herbales	Pequeño	Oportunista	OV, SV, DB	CT, BA	Pequeño	CT, SCH	Pequeñas Masas	Bentónico	Dorso verde-oliva y vientre blanco iridulcente
<i>Sinusa veigae</i>	Ausente		Sabana	Sabana		Sobre los herbales	Mediano	Continua	SV	CT	Pequeño	CT, SCH	Pequeñas Masas	Bentónico	Dorso café, vientre café cremoso
<i>Trochocyphus cyathinus</i>	Ausente	Bosque	Bosque	Bosque		Soto bosque y borde de los bosque de galería	Grande	Explorativa	S, SV, DB, CT	CT	Mediano	CT	Pequeñas Masas		

# LITERATURA CITADA



- Acero, L.E., 2005. Plantas útiles de la cuenca del Orinoco. BP Exploration Company.
- Acosta-Galvis A.R., y J. Alfaro-Bejarano. 138-152pp. Anfibio y Reptiles. En: Usma, J.S., & F. Trujillo (Editores). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C.286pp.
- Adams W.M. 1989. Dam construction and the degradation of floodplain forest on the Turkwel River, Kenya. *Land Degradation & Rehabilitation* 1:189-198
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. 20 de Agosto de 2012. [www.anh.gov.co](http://www.anh.gov.co) (último acceso: 20 de Agosto de 2012)
- Alberico, M., Cadena, A., Hernández-Camacho, J. & Muñoz-Saba, Y., 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, Issue 1, pp. 43-75.
- Albert, J.S. & R.R. Reis (eds). 2011. *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*, 1st ed.; University of California Press: Berkeley, CA.
- Alcaldía de San Luis de Palenque. 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de San Luis de Palenque
- Alcaldía de Tamara (2000) Esquema de Ordenamiento Territorial, Documento Técnico de Soporte. Documento web: [http://www.tamara-casanare.gov.co/apc-aa-files/39643363313863653237313932356134/E.O.T.\\_TAMARA.pdf](http://www.tamara-casanare.gov.co/apc-aa-files/39643363313863653237313932356134/E.O.T._TAMARA.pdf)
- Alcaldía de Trinidad. 2006. Revisión y ajuste del esquema de ordenamiento territorial de Trinidad, Casanare, documento técnico de soporte, volumen 1. Alcaldía de Trinidad, Fundación Iberoamericana.
- Aldana-Domínguez, J., M. Álvarez-Rebolledo, A.M. Umaña- Villaveces, S. Sierra & F. Forero. 2009. Pp. 145- 166. En: Villarreal-Leal H., M. Álvarez-Rebolledo, M. Higuera- Díaz, J. Aldana-Domínguez, J.D. Bogotá- Gregory, F. Villa-Navarro, P. Von Hildebrandt, A. Prieto-Cruz, J. Maldonado-Ocampo, A.M. Umaña-Villaveces, S. Sierra & F. Forero. Caracterización de la biodiversidad de la selva de Matavén (sector centro-oriental) Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Asociación de Cabildos y Autoridades Tradicionales Indígenas de la selva de Matavén (Acatiseima). Bogotá, D.C., Colombia. 186p.
- Alfaro J., A. Acosta-Galvis & M. Bejarano. 2011. Reptiles del Casanare. En: J. Usma & F. Trujillo, (Editores). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C.286pp.
- Alianza Yoluka – Fundación Horizonte Verde. 2012. Proyecto Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del Río Pauto, Casanare 2012.
- Alzate Atehortúa B.E. 2011. Diagnóstico de la Sostenibilidad Ambiental. Bajo un enfoque sistémico de las interrelaciones sociedad-naturaleza, Base teórico-metodológica y aplicación a través de Indicadores Sistémicos Ambientales – ISA espaciales. Instituto de Estudios Ambientales - IDEA, Universidad Nacional de Colombia. Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Bogotá D.C.
- Andrade Pérez G. I., L.G. Castro Gutiérrez, A. Durán., M. Rodríguez Becerra., G. Rudas Lleras., E. Uribe Botero y E. Wills Herrera. 2009. La mejor orinoquia que podemos construir, elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo. Bogotá: Uniandes.
- Angarita- Sierra T., J. Ospina-Sarria, M. Anganoy-Criollo, R. Pedroza-Banda, J.D. Lynch. 2013. Guía de campo de los Anfibios y Reptiles del departamento de Casanare (Colombia). Serie Biodiversidad para la Sociedad No. 2. Universidad Nacional de Colombia, Sede Orinoquia; YOLUKA ONG, Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Bogotá-Arauca.117pp
- Angulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds).2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo No 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C.298pp
- ANH, IAvH, TCN & IDEAM, 2007. Planeación ambiental del sector de hidrocarburos para la conservación de la biodiversidad en los llanos de Colombia (Convenio de cooperación 05-50) Informe Final, Bogotá, Colombia: ANH, IAvH, TNC, IDEAM.
- Arango H. 2012. Modulo Valoración económica y ambiental de los sistemas productivos. Conferencia Universidad de los Llanos, Maestría en producción tropical sostenible.
- Araújo, F, I. Fichberg, B.C.T. Pinto, & M.G. Peixoto. 2003. A preliminary index of biotic integrity for monitoring the condition of the Rio Paraíba do Sul. *Environmental Management*, 32(4): 516-526.
- Arce-Pérez, R. y Morón, MA. 2011. Sinopsis de los Hydrophiloidea de México (Coleoptera: Hydrophilidae, Helophoridae, Epimetopidae, Georissidae e Hydrochidae), con una clave para la identificación de los géneros. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82:491-514.
- Arias Castellanos, J., 1996. Los murciélagos grandes del género *Artibeus*, Chiroptera:Phyllostomidaem de la Orinoquia colombiana. Tesis de Maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Asprilla, S. Ramírez, J. y Roldan, G. 1998. Caracterización limnológica preliminar de la ciénaga de Jotaudó (Chocó, Colombia). *Actualidades Biológicas*. 20(69):87-107.
- Ataroff, M., F. Rada. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29, 440-444. Acosta A.R. 2000. Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) Colombia. *Biota Colombiana* 1 (3): 289-319
- Ávila, R. & Miranda, L., 2011. La educación ambiental como herramienta en la conservación de la Orinoquia. En: J. Usma & F. Trujillo, eds. *Biodiversidad del departamento de Casanare, identificación de ecosistemas estratégicos*. Bogotá, Colombia: Gobernación de Casanare, WWF-Colombia, pp. 247-247.
- Aymard, G. & González, V., 2007. Consideraciones generales sobre la composición florística y densidad de los bosques de los llanos de Venezuela. En: R. Duno, G. Aymard & O. Huber, eds. *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela*. Caracas: FUDENA, Fundación Polar, FIBV, pp. 59-71.
- Baldizán, A., E. Chacón. 2007. Utilización del recurso bosque de los llanos centrales con rumiantes. En: I Simposio de Tecnologías Para La Ganadería de Los Llanos de Venezuela. IUT los llanos, Valle de la Pascua, Estado Guárico, Venezuela.
- Baptiste L. G., Ariza A. 2008. Ecología de las Sabanas Inundables de Casanare (120-140 p). En: Salamanca A., Baleta L., Benítez J. Editores. *Memorias, 1° Congreso Internacional de Producción y Desarrollo Sostenible, Versión Sabanas inundables, 1° Simposio de Recursos Genéticos del Trópico Húmedo*. Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Sede Arauca. Arauca, Colombia. 201p.
- Barnett A. & J. Dutton. 1995. *Expedition Field Techniques: Small Mammals (excluding bats)*. Royal Geographical Society with IBG. Londres. 140 pp.
- Bateman L. & K. Turner. 1992. "Valuation of the Environment, Methods and Techniques: The Contingent Valuation Method"; Capítulo 5 de *Sustainable Environmental Economics and Management*. London and New York: Belhaven.
- Bayley, P., 1995. Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience*, Issue 45, pp. 153-158.
- Bermúdez O. 2008. Memorias de los foros ambientales 2006-2007 realizados por la red temática de Educación ambiental, en el marco de la década de la educación para el desarrollo sostenible propuesta por la UNESCO.
- Begon, M., C.R. Townsend, & J.L. Harper. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4th Edition. Malden, MA: John Wiley & Sons.
- Bokermann, W. C. A. 1967. Três novas especies de Physalaemus do sudeste brasileiro (Amphibia: Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Biologia* 24(2):135-143.
- Botero, P., 1999. Paisajes Fisiográficos Orinoquia-Amazonia (ORAM). En: P. Botero, ed. *Análisis Geográficos*. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, pp. 27-28.
- Botero, C.A. 1998. Listado de aves registradas en una finca en Santa Rita, Vichada.
- Bozzetti, M & U.H. Schulz. 2004. An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil. *Hydrobiologia*, vol. 529, p. 133-144.
- Bueno-Castellanos J.C. 2012. Variación estacional en la composición y abundancia de murciélagos asociados a las sabanas inundables de San Luis de Palenque y Trinidad en Casanare. Tesis de pregrado para optar al título de Biólogo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 32pp.
- Bradshaw, A., 1997. What do we mean by restoration?. En: *Restoration Ecology and Sustainable Development*. University Press, Cambridge.
- Bravo, G. 2004. Listado de aves registradas en la confluencia de los ríos Meta y Orinoco.
- British Petroleum - BP & Fundación para la Conservación del Patrimonio Natural - Biocolombia, 1996. Fauna de vertebrados y su entorno en la región de los campos Cusiana y Cupiagua – departamento de Casanare. Bases para su uso, conservación y manejo. Bogotá.
- Bryce SA, R.M. Hughes, P.R. Kaufman. 2002. Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. *Environmental Management* 30(2): 294-310.
- Cabrera-Amaya D. 2013. Análisis florístico, Estructural y biotopológico foliar de la vegetación leñosa en bosques ribereños de la cuenca del río Pauto (Casanare – Colombia) Tesis de Maestría para optar al título de Master en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. 179pp.
- Cáceres-Andrade S.P., y J.N. Urbina-Cardona. 2009. Ensamble de anuros de sistemas productivos y bosque en el piedemonte llanero, departamento del Meta, Colombia. *Caldasia* 31(1): 175-194.
- Calvacanti, R.B. 1992. The importance of forest edges in the ecology of open country cerrado birds. En: *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*, Eds. P.A. Furley, J. Proctor, & J.A. Ratter, pp. 513-518. Londres: Chapman and Hall
- Camara de comercio de Casanare. 20 de Agosto de 2012. [www.cccasanare.com](http://www.cccasanare.com) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Cao Y., D.P. Larsen, R.M. Hughes, P.L. Angermeier, T.m. Patton. 2002. Sampling effort affects multivariate comparisons of stream assemblages. *Journal of the North American Benthological Society* 21(4): 701- 714.
- Cardona-Cardozo, A., L. Pinzón-Pérez, C. Castellanos-Castro, C. Mora-Fernández, & J.O. Vargas-Ríos. 2011. Amenazas para la conservación de las comunidades vegetales de la cuenca baja del río Pauto, Casanare (Colombia). En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación*, Ed. T. León-Sicard, pp. 191-226. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Cardona-Cardozo A., L. Pinzón-Pérez., C. Castellanos-Castro., C. Mora-Fernández., & J.O. Vargas-Ríos. 2011. Amenazas para la conservación de las comunidades vegetales de la cuenca baja del río Pauto, Casanare (Colombia). En Sicard T. L. (Editor). 2011. *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación*. Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp. Bogotá. 432pp.
- Caro, M. 2006. Caracterización florística y estructural de la vegetación de un morichal en la hacienda Mataredonda, Municipio de San Martín, Meta. Trabajo de grado para optar al título de Ecóloga, Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Caro, C., F. Trujillo & C. S. 2006. Evaluación y oferta regional de humedales de la Orinoquia: contribución a un sistema de clasificación de ambientes acuáticos. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Casatti L., F.B.Teresa, T. Gonçalves-Souza, E. Bessa, A.R. Manzotti, C.S. Gonçalves, & J. Zeni. 2012. From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish? *Neotropical Ichthyology*. 10(1): 205-214.
- Carrasquilla M. & F. Trujillo-González. 2004. Uso de hábitat, comportamiento y dieta de la nuetría gigante (*Pteronura brasiliensis*) en el río Orinoco, Vichada, Colombia. En: T. Diazgranados & F. Trujillo-González, eds. *Estudios de fauna silvestre en ecosistemas acuáticos en la Orinoquia colombiana*.

- Bogotá: Fundación Javeriana de Artes Graficas, pp. 179-202.
- Cassel-Gintz M. 2003. Reflecciones on the síndrome approach for the NCCR North-South: The link between Sustainable Development, Systems Theory and the Syndrome Approach. NCCR N-S Dialogue Paper. <http://www.nccr-north-south.unibe.ch>.
- Castelblanco-Martínez D. & A. Bermúdez. 2004. Manatías del Orinoco: Factores, riesgos y consecuencias para su conservación. En: T. Diazgranados & F. Trijullo-González, eds. Estudios de fauna silvestre en ecosistemas acuáticos en la Orinoquia Colombiana. Bogotá: Fundación Javeriana de Artes Graficas, pp. 159-174.
- Castellanos-Castro C., L. Pinzón-Pérez., A. Cardona-Cardozo., C. Mora-Fernández & O. Vargas-Ríos. 2011. Estado de conservación de la vegetación del bajo río Pauto, Casanare, Colombia. Págs 155-190 en: León-Sicard, T. (ed.). Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación. Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, AlangeEnergy Corp. Bogotá.
- Castro, F., 2009. Caracterización de las reservas de la sociedad civil; La Esperanza y La Gloria en el municipio de Paz de Ariporo. Informe técnico, Yopal: The Nature Conservancy, RESNATUR, Fundación Horizonte Verde.
- Castro, F., 2011. Informe técnico. Caracterización de 6 reservas de la sociedad civil en el departamento de Casanare: La Palmita y La Macarena (Trinidad), San José (Paz de Ariporo), Agua Verde (Hato Corozal), Las Delicias y Campo Alegre (San Luis de Palenque), Yopal: Fundación Horizonte Verde.
- Castro, F. & Córdoba, M., 2012. Caracterización de los ecosistemas en el predio Altamira, propiedad de aceites manuelita - Orocué, Casanare, Bogotá: The Nature Conservancy, Manuelita.
- CEDERENA. 2002. Pago por servicios ambientales. Una alternativa que contribuye al manejo y conservación de bosques y páramos. Quito: Ibarra.
- Cei, J.M. 1980. Amphibians of Argentina. Italian Journal of Zoology, Monografía 2: 1-609.
- Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo- IDRC Salud, un enfoque ecosistémico. PO Box 8500 Ottawa, ON, Canadá K1G 3H9 [www.idrc.ca/info@idrc.ca](http://www.idrc.ca/info@idrc.ca) ISBN 1-55250-174-4.
- Centro para la sostenibilidad ambiental. 2011. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Chacón, E., H. Merchena, J. Rodríguez, A. Alvarado, 2006. Uso de leguminosas en sistemas de producción con bovinos de Doble Propósito en Venezuela. En: II Simposium En Recursos y Tecnologías Alimentarias Para La Producción Bovina a Pastoreo En Condiciones Tropicales. San Cristóbal, Venezuela, pp. 128-149.
- Chacón, E., J. Orozco. 2006. Manejo de sabanas infértiles mal drenadas en el alto Apure. Estudio de caso. En: II Simposium En Recursos y Tecnologías Alimentarias Para La Producción Bovina a Pastoreo En Condiciones Tropicales. San Cristóbal, Venezuela, pp. 179-189.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. Vol. I, de Capital Natural de México, Vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad, de CONABIO, 87-108. México.
- Chaves, H. & Santamaría, M., 2006. Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la Biodiversidad 1998-2004. Tomo 2. Bogotá, Colombia: Instituto de investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt.
- Chaves, M. & Arango, N., 1998. Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997-Colombia, Bogotá, Colombia: Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio de Ambiente.
- Chow, Ven T, David R Maidment, y Larry W Mays. Hidrología Aplicada. Bogotá: McGraw-Hill, 1994.
- Cochran, C.J. Goin. 1970. Frogs of Colombia United States National Museum Bulletin Smithsonian Institution Press 288:655pp.
- Colwell, R. & J. Coddington. 1994. Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. Philosophical Transaction: Biological Science 344: 101-108.
- Colwell, R. K., C. X. Mao, & J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology 85, 2717-2727.
- Comisión Regional de Competitividad de Casanare. 2010. Plan Regional de competitividad de Casanare. Informe final, Gobernación de Casanare, El Yopal, Casanare: Gobernación del Casanare.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. Science 199:1302-1310.
- Costanza R., H.E. Daly. 1992. Natural Capital and Sustainable Development. Conservation Biology 6: 37-46.
- Costanza R., y Mageau M. 1999. What is healthy ecosystem? Aquatic Ecology 33: 105-115. Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
- Córdova-Avalos, A., J.L- Alcántara-Carbajal, R Guzmán-Plazola, GD Mendoza-Martínez, V González-Romero. 2009. Desarrollo de un índice de integridad biológica avifaunístico para dos asociaciones vegetales de la reserva de la biosfera pantanos de centla, Tabasco. [www.ujat.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia) 25(1):1-22
- Córdoba, M., 2010. Caracterización florística de la reserva natural de la sociedad civil Palmarito, Orocué - Casanare, bogotá: Fundación Omacha.
- Córdoba-Sánchez M., L. Miranda-Cortes., R. Avila-Avilan & C. Pérez-Rojas. 2011. Flora de Casanare. 82-101 pp. En: Usma, J.S.& F. Trujillo Editores. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C. 286 p.
- CORPORINOQUIA. 2008. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pauto. PMCA, Environmental Ingenieros Consultores Ltda., El Yopal: Corporinoquia, PNN, Gobernación de Casanare, Convenio Andres Bello, Perenco
- CORPORINOQUIA Y CORPOBOYACÁ (2004) Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Pauto. Corporinoquia, Corpoboyacá, Dirección de Parques Nacionales Naturales, Gobernación del Casanare, Perenco, Environmental consultores ingenieros Ltda.
- CORPORINOQUIA. 2012. [www.corporinoquia.com](http://www.corporinoquia.com) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Correa, H., Rios, S. & Arévalo, L., 2006. Plan de acción de biodiversidad de la cuenca del Orinoco - Colombia 2005-2015. Bogotá, Colombia: Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitropico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF-Colombia, GTZ-Colombia.
- Correa, H., Rios, S. & L. Arévalo. 2006. Plan de acción de biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de las áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. - Colombia 2005-2015. Bogotá, Colombia: Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitropico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF-Colombia, GTZ-Colombia.
- Cortes, J. & P. Sánchez. 2011. Diversidad de reptiles en el bloque Cubiro y amenazas para su conservación. En: T. León-Sicard, ed. Mamíferos, reptiles y ecosistemas del bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la conservación. Bogotá, Colombia: Instituto de estudios ambientales, Universidad

- Nacional de Colombia, pp. 246-276.
- Croonquist MJ, Brooks RP. 1991. Use of avian and mammalian guilds as indicators of cumulative impacts in riparian – wetland areas. *Environmental Management* 15(5): 701-714.
- Cuaron, A. D. 2000 Effects of Land-Cover Changes on Mammals in a Neotropical Region: A Modeling Approach. *Conservation Biology*, 4:1676-1692
- Cuatrecasas, J., 1958. Aspectos de la vegetación natural en Colombia. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, 10(40), pp. 225-264.
- Cushman, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus, *Biological Conservation* 128: 31-240
- Cummins, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* 24:631–641.
- DANE (2005) Censo general 2005. Documento web: <http://www.dane.gov.co/index.php/demograficas/censo>
- DANE. 2012. [www.dane.gov](http://www.dane.gov) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Daniel, T.C., Sharpley, A.N. y Lemunyon, J.L. 1998. Agricultural phosphorus and eutrophication: a symposium overview. *Symposium papers. J. Environ. Qual.* 27:251-257.
- Defler, T. & Rodríguez-Mahecha, J., 2003. *Primates de Colombia. Serie de guías tropicales de campo No.4.* Bogotá, Colombia: Conservación Internacional.
- Diazgranados-Pitti, M. & Trujillo-González, F., 2004. Estudios de fauna silvestre en ecosistemas acuáticos en la Orinoquia colombiana. Bogotá, Colombia: Fundación Omacha, IAvH, GTZ, Pontificia Universidad Javeriana, IDEADE, DET. Serie de Investigación.
- Diaz-Olarte, J. y S. Duque. 2009. Ensamblajes algales en un microecosistema natural de la planta carnívora tropical *Utricularia foliosa* L. *Caldasia* [online]. vol.31, n.2, pp. 319-337. ISSN 0366-5232.
- Dixon, J. R. y M. A. Staton. 1976. Some aspects of the biology of *Leptodactylus macrosternum* Miranda-Ribero (Anura, Leptodactylidae) of the Venezuelan llanos. *Herpetologica* 32: 227-232.
- DNP. 2011. Departamento Nacional de Planeación. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 - Prosperidad Para Todos. Bogotá D.C.
- DNP. 2011. Retos y metas para el sector minero-energético. Documento web: <http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=r6xQE9fkGPI%3D&tabid=82>
- DNP. 2009. Departamento Nacional de Planeación, Guía Metodológica para la Formulación de Indicadores.
- DNP. Departamento Nacional de Planeación. 2012. [www.dnp.gov](http://www.dnp.gov) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Duellman, W. E. 2001. *The Hylid Frogs of Middle America.* Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York.
- Dumont, E.R. 2003. Bats and Fruit: an ecomorphological approach. Págs. 308-428 en: T. Kunz & Fenton H. R. (eds.). *Bat Ecology.* The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Duno de Stefano, R., Aymard, G. & Huber, O., 2007. Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela. Caracas, Venezuela: FUNDENA, Fundación Polar, FIBV.
- Dureau F. & C.E. Flórez. 2000. Aguaitacaminos: Las transformaciones de las ciudades de Yopal, Aguazul y Tauramena durante la explotación petrolera de Cusiana-Cupiagua. Bogotá: Tercer Mundo y Uniandes.
- ECOPETROL. ECOPETROL. Ecopetrol. 20 de Agosto de 2012. [www.ecopetrol.com](http://www.ecopetrol.com) (último acceso: 20 de Agosto de 2012).
- Emmons, L. & F. Feer. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2ª ed., 307p
- Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2009
- ECOPETROL. ECOPETROL. Ecopetrol. 20 de Agosto de 2012. [www.ecopetrol.com](http://www.ecopetrol.com) (último acceso: 20 de Agosto de 2012).
- Ehleringer, J.R., T.E. Cerling, & B.R. Helliker. 1997. C4 photosynthesis, atmospheric CO2, and climate. *Oecologia* 112(3):285–299.
- Emmons, L. H. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical. Una guía de campo. Santa Cruz de la Sierra: Editorial F.A.N.
- Emmons, L. & Feer. F. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2ª ed., 307p
- ENA. 2009. Encuesta Nacional Agropecuaria. Bogotá D.C.
- Fandiño M., Arango H. 2010. Proyecto Incentivos a la conservación. Fondo Patrimonio Natural – Embajada Real de Países Bajos.
- FAO. 1965. Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales, Colombia. Vol. II. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fauth, J. E., J. Bernardo, M. Camara et al. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist* 147: 282-286.
- FEDEARROZ. 2008. III Censo Nacional Arrocero, Zona llanos orientales Cubrimiento Cosecha A – B, 2007. Bogotá: Fedearroz.
- FEDEARROZ. 2011. Dinámica del sector arrocero de los llanos orientales de Colombia. Bogotá: Fedearroz.
- Feldman, A. D. 2000. Hydrologic Modeling System HEC\_HMS Technical Reference Manual. Davis: US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
- Fenton, M. B. Acharya, L., Audet, D. Hickey, M. B. C., Merriman, C., Obrist, M. K., Syme, M. & Adkins, B. 1992 Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24:440-446
- Fernández, A., 2007. Los morichales de los llanos de Venezuela. En: R. Duno, G. Aymard & O. Huber, eds. Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela, Parte I: Introduccion geobotánica. Caracas: FUDENA, Fundación Polar, FIBV, pp. 91-98.
- Fernández, A. 2007. Los morichales de los Llanos de Venezuela. En: Catálogo Anotado e Ilustrado de la Flora Vascular de los Llanos de Venezuela, Parte I: Introduccion geobotánica, Eds. R. Duno de Stefano, G. Aymard, & O. Huber, pp. 91–98. Caracas: FUDENA – Fundación Empresas Polar – FIBV.
- Fernández, A. y otros, 2010. Capitulo 5: Flora y Vegetación. En: C. Lasso, J. Usma, F. Trujillo & A. Rial, eds. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander von Humboldt, WWF-Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de estudios de la Orinoquia-Universidad Nacional de Colombia, pp. 124-195.
- Fernández, A., Gonto, R., Rial, A., Rosales, J., Salamanca, B., Córdoba, M. et al. 2010. Flora y Vegetación de la cuenca del río Orinoco. Capítulo 5. 125 – 195 p. En: Lasso, C. A., Usma, J. S., Trujillo, F. y Rial, A. (eds). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la

- Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia. 609 p.
- Ferreira, C.D. & L. Casatti. 2006. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Biota Neotropica*, 6(3): 1-25.
- Ferreira, A., F.R.P. Paula, S.F.B. Ferraz, P. Gerhard, E.A.L. Kashiwaqui, J.E.P. Cyrino & L.A. Martinelli. 2012. Riparian coverage affects diets of characids in neotropical streams. *Ecology Freshwater Fish* 21:12-22.
- Ferrer Pérez A, M Beltrán, Ap Díaz-Pulido, F Trujillo, H Mantilla-Meluk, O Herrera, Af Alfonso And E Payán. 2009. Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana* 10: 179 - 207
- Fierro, K. 2009. Aves migratorias en Colombia. Pp. 63- 75. En: Naranjo, L.G. & J.D. Amaya (Eds.). Plan nacional de las especies migratorias. Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y WWF Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- Fisher M.J., W. Trujillo. 2000. Fijación de Carbono por Pastos Tropicales en las Sabanas de Suelos Acidos Neotropicales. En: Intensificación de La Ganadería En Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales. CATIE/FAAO/SIDA, San José, Costa Rica.
- Fleming, T.H. 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. In A. Estrada and T. H. Fleming (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*, pp. 105-116. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Foley, J., Botta, A., Coe, M. & Costa, M., 2002. El niño-Southern Oscillation and the climate, ecosystems and rivers of Amazonia. *Global Biogeochem. Cycles*, 16(1132).
- Fonseca, H., M. Ataroff. 2005. Dinámica hídrica en la selva nublada de la cuenca alta del río Cusiana y un pastizal de reemplazo, Cordillera Oriental, Colombia. En: *Dinámica Hídrica En Sistemas Neotropicales*. ICAE, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Franklin, J. F. 1993. Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? *Ecological Applications*, 3: 202-205.
- Frost D. R, T. Grant, J. Faivovich, R.H. Bain, A. Haas, C. Haddad, De Sa' R., A. Channing, M. Wilkinson, S.C. Donnellan, C.J. Raxworthy, J.A. Campbell, B.L. Blotto, P. Moler, R.C. Drewes, R.A. Nussbaum, J.D. Lynch, D.M. Green and D. Wheeler. 2006. The Amphibian Tree Of Life. *Bulletin Of The American Museum Of Natural History*, No. 297: 370pp.
- Fundación Puerto Rastrojo. 2005. Caracterización ecológica rápida del corregimiento La Hermosa, Municipio de Paz de Ariporo, Departamento de Casanare, Colombia. Informe Interno para WF Colombia y Parques Nacionales de Colombia.. Bogotá, D.C., Colombia. 33p.
- Gallopin, G. 2003. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. División de desarrollo sostenible y asentamientos humanos. Proyecto evaluación de la sostenibilidad en América Latina y el Caribe. CEPAL/ Gobierno de los países bajos. Santiago de Chile.
- Galvis, G. y otros, 2007. Peces de la Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental.. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, INCODER, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de ciencias naturales.
- García, S. M., A. Zerbi, C. Aliaume, T. Do Chi, y G. Lasserre. 2003 The ecosystem approach to fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper Num 443*. FAO. Roma.
- García-Fayos, P., 2008. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En: *Ecología Del Bosque Mediterráneo En Un Mundo Cambiante* (2a Edición). Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, Madrid, pp. 311–336.
- Giannini, N.P. & E. Kalko. 2004. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos* 105: 209: 222
- Giraldo-Kalil L., 2012. Caracterización florística y estructural de las sabanas intervenidas en la cuenca del Pauto (Casanare, Colombia). Tesis de pregrado para optar al título de Biólogo. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Bogotá. 58pp.
- Glaser M., G. Krause, B. Ratter, M. Welp. 2008. Human/Nature Interaction in the Anthropocene. Potencial of Social-Ecological Systems Analysis. *GAIA* 17:77-80 URL: [http://www.dg-humanoeekologie.de/pdf/DGH-Mitteilung/GAIA200801\\_77\\_80.pdf](http://www.dg-humanoeekologie.de/pdf/DGH-Mitteilung/GAIA200801_77_80.pdf)
- Gobernación del Casanare. Gobernación del Casanare. 20 de agosto de 2012. [www.casanare.gov.co](http://www.casanare.gov.co) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Gómez, Y., J. Paolini, R.M. Hernández. 2008. Sustitución de la sabana nativa con plantaciones de *Pinus caribaea* (Pinaceae) en Venezuela: efecto sobre parámetros indicadores de cambios en el carbono del suelo. *Revista de Biología Tropical* 56, 2041–2053.
- Gómez-Baggethun, E., R. de Groot, 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Revista Ecosistemas* 16, 4–14.
- González-Boscán V.C. 1987. Los morichales de los Llanos Orientales: un enfoque ecológico. Caracas, Venezuela: Ediciones Corpoven.
- González J.C. 2013. Capítulo 18. Historia y problemática ambiental de las sabanas inundables asociadas a la cuenca media y baja del río Pauto (Casanare-Colombia). En: Mora-Fernández C. & L. Peñuela Recio. 2013. Documento Técnico "Evaluación de la Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto". 500pp
- González J.C. 2013. Capítulo Caracterización socioeconómica de las sabanas inundables. En: Mora-Fernández C. & Peñuela Recio, L. 2013. Documento técnico "Evaluación de la Salud Ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto" 500pp.
- González-Hernández, A., 2001. Análisis de la variabilidad fenotípica de una población de *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) ante las condiciones ambientales del Parque Nacional el Tuparro. Departamento del Vichada, Colombia. Tesis de pregrado en Biología.. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Goseen, D., 1964. Geomorfología de los Llanos Orientales. *Revista de la Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 12(46), pp. 129-140.
- Gossen, D., 1971. Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia. Sol Offsetdruk, Amsterdam: Publications of the Internacional Institute for Aerial Survey and Herat Sciences, B(64).
- Guerrero-Bolaño, F., Manjarrés-Hernández, A. y Núñez-Padilla, N. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*. 8(2):43-55.
- Halffter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 2. Zaragoza, 80 pp.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2004. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, art. 4.
- Hassan, R., R. Scholes, N. Ash. 2005. Ecosystems and human well-being: current state and trends : findings of the Condition and Trends Working Group. The millennium ecosystem assessment series; V. 1Island Press.47pp

- Heyer, R. W. 1969. The adaptive ecology of the species groups the genus *Leptodactylus* (Amphibians, Leptodactylidae). *Evolution*, 23: 421-428.
- Hernández-Camacho, J., Pachón, R. & Rodríguez, J., 1983. Evaluación de las poblaciones de chigüiro en los hatos Brasilia, Guamito, La Aurora, La Borra, El Danubio, La veremos y Mapurisa, municipio de Hato Corozal, Casanare., Bogotá: s.n.
- Hilty, S.L. and W.L. Brow. 1986. *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Hilty, S. & Brown, W., 2001. *Guía de las aves de Colombia*. Bogotá: Universidad del Valle, SAO.
- Hilty, S.L. 2003. *Birds of Venezuela*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Holdridge, L., Espinal, L. & Montenegro, E., 1963. *Mapa de formaciones vegetales de Colombia*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Hoogmoed, M. S. y S. F. Gorzula. 1979. Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of tree-frog (Hylidae, Anura). *Zoologische Mededeling* 54: 183-216.
- Hoogmoed, M. S. y S. F. Gorzula. 1979. Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of tree-frog (Hylidae, Anura). *Zoologische Mededeling* 54: 183-216.
- Hoogmoed, M. 1979. The Herpetofauna of the Guianan Region. Pp. 241-279. En: W. E. Duellman (Ed.), *The South American herpetofauna: its origin, evolution and dispersal*. pp. 281-298. Lawrence, Kansas: Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas N°7
- Howell SNG, S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University. Press, Oxford. 851 pp.
- Huber, O. & Alarcón, C., 1988. *Mapa de Vegetación de Venezuela*. Caracas, Venezuela: MARNR, The Nature Conservancy.
- Hued, A.C. & M.D.A. Bistoni. 2005. Development and validation of a biotic index for evaluation of environmental quality in the central region of Argentina. *Hydrobiologia*, 543: 279-298.
- Hugueny, B., S. Camara, B. Samoura & M. Magassouba. 1996. Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia*, 331: 71-78.
- IDEAM. 2010. *Estudio Nacional del Agua (ENA)*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C.
- IGAC. 1983. *Mapa de bosques*. Departamento de Boyacá – Meta – Intendencias de Arauca – Casanare – Comisaria del Vichada. Bogotá, D. C. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC, 1983. *Atlas Regional Orinoquia-Amazonia*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC, 1993. *Suelos departamento de Casanare*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC, 1999. *Paisajes Fisiográficos. Orinoquia-Amazonia (ORAM) Colombia*
- IGAC, 2002. *Geomorfología y dinámica fluvial de un sector de los ríos Casanare, Cusiana, Manacacías y Pauto*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Instituto de Ecología INECOL. *Manglares y dunas de Veracruz, México*. <http://www3.inecol.edu.mx/maduver/index.php/servicios-ambientales/2-clasificacion.html>
- Jaramillo, D. 2002. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Medellín. Pág. 109-112.
- Jiménez-Ortega, A & Mantilla-Meluk, H. 2008. El papel de la tala selectiva en la conservación de bosques neotropicales y la utilidad de los murciélagos como indicadores de disturbio. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*; 27(1): 100-108
- Joaquín Vilora de la Hoz. 2009. *Geografía económica de la Orinoquia*. Documentos de trabajo sobre economía regional.
- Johansson, M., C. Nilsson, & E. Nilsson. 1996. Do rivers function as corridors for plant dispersal? *Journal of Vegetation Science* 7:593-98.
- Johnson, R & D. Hering. 2009. Response of taxonomic groups in streams to gradients in resource and habitat characteristics. *Journal of Applied Ecology*. 46, 175-186
- Jongman, H.G, Smith, J.K, Chacon-Moreno, EJ y Loedeman, JHI, 2008. Assessing flooding patterns in llanos of the Apure region (Venezuela) using radar images. *Ecotropicos* 21.
- Jørgensen SE., Fu-Liu Xu & R. Costanza. 2010. *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. Second Edition. Series Applied Ecology and Environmental Management. Editor Series. Jørgensen S.E. Copenhagen University, Denmark
- Junk, W. J., P. B. Bayley, y R. E. Sparks. 1989. The flood-pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Special Publication* 106. (Proceedings of the international large river symposium (LARS)), 1989: 110-127.
- Junk, W. & Watzon, K., 2004. The Flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-and update.. En: R. Welcomme & T. Peter, eds. 2nd. Int. Symp. Management of Large Rivers for Fisheries. Volume II. RAP Publication 2004/17.. Bangkok, Thailand.: FAO Regional Office for Asia and the Pacific., pp. 117-140pp.
- Kalko E., C. Handley & D. Handley. 1996. Organization, Diversity, and Long-Term Dynamics of a Neotropical Bat Community. Pp: 503-553 En: *Long-term studies in vertebrate communities*. Academic Press, Los Angeles.
- Kangas, P. 1994. Riparian influences on a tropical river ecosystem in Belize, Central America. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 20:109-118.
- Kanninen, M., 2000. Secuestro de Carbono en los Bosques: El papel de los bosques en el Ciclo Global de Carbono. En: *Intensificación de La Ganadería En Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales*. CATIE/FAO/SIDA, San José, Costa Rica.
- Kates, R.W., W.C. Clark, R. Corell, M. Hall, C.C. Jaeger, I. Lowe, J.J. McCarthy, H.J. Schellnhuber, B. Bolin, N.M. Dickson, S. Faucheux, G.C. Gallopin, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N.S. Jodha, R.E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Matson, H. Mooney, B. Moore III, T.O'Riordan, U. Svedin. 2001. Sustainability science. *Science* 292:641-642.
- Krebs C. 1989. *Ecological methodology*. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.
- Kunz T.H. Braun de Torrez E., Bauer D, Lobova, T, Fleming, T.H. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of The New York Academy Of Sciences*. 1223:1-38
- Kunz, T.H. & Parsons (Eds). 2009. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 920p.
- Kunz, T., L. Lumsden. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. En: *Bat Ecology*. Ed. by T. H. Kunz and M. B. Fenton. Chicago: The University

of Chicago Press. Pp. 3-89.

Lasso, C., Usma, J., Trujillo, F. & Rial, A., 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá. Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF-Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle, Instituto de Estudios en la Orinoquia de La Universidad Nacional de Colombia.

Lasso, C. y otros, 2011. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco II: Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, WWF-Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia Universidad Nacional de Colombia.

Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres & A. I. Sanabria Ochoa (Editores). 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp

León-Sicard, T., & A. Palacios-Fernández. 2011. Los suelos del bloque Cubiro en los municipios de San Luis y Trinidad, Casanare-Colombia. En: Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación, Ed. T. León-Sicard, pp. 75–96. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.

León Sicard, T., 2011. Mamíferos, reptiles y ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare) Educación ambiental para la conservación. Bogotá: Instituto de estudios ambientales, Universidad Nacional de Colombia.

Lewis, W., 2008. Physical and chemical features of tropical flowing water. En: D. Dudgeon, ed. Tropical Stream Ecology. Amsterdam, Holanda: Elsevier, pp. 1-21pp.

Lim B.K. & M.D. Engstrom. 2001. Bat community structure at Iwokrama Forest, Guyana and the Guianan subregión: implications for conservation. Biodiversity Conservation. 10:613-657.

Longstaff, P. H., N.J. Armstrong, K.A. Perrin; May Parker, Whitney y M. Hildek. 2010. Community Resilience: A function of resources and adaptability. Syracuse: INSCT.

Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. A Wiley-Interscience Publication. New York. 337 pp.

Lynch J. D., M. A. Vargas. 2000. Lista preliminar de especies de anuros del Departamento del Guainía, Colombia. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Naturales 24 (93): 579-589.

Lynch, J.D. 2006a. The tadpoles of frogs and toads found in the lowlands of Northern Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 30(116): 443-457.

Lynch, J. D. 2006b. The amphibian fauna in the Villavicencio region of eastern Colombia. Caldasia vol.28 (1): 135-155

Lynch, J. D. y A. Suarez-Mayorga. 2011. Clave ilustrada de los renacuajos en las tierras bajas al oriente de los Andes con énfasis en Hylidae. Caldasia v.33 fasc.1 p.139 – 174.

Lyons, J., Gutierrez-Hernandez, A., Díaz-Pardo, E., Soto-Galera, E., Medina-Nava, M. & Pineda-López, R. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. Hydrobiologia, 418: 57-72.

Machado-Allison, A. 1990. Ecología de los peces de las áreas inundables de los Llanos de Venezuela. Interciencia 15:411–423.

Madeira N. J., Asano de Medeiros M., Tavares de Arruda F. 1998. Valoración económica del medio ambiente: ¿ciencia o empirismo?

Magurran, A. 1988. Diversidad Ecológica y su Medición. Primera edición. Ediciones Vedral. Barcelona.

Magurran AE. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Malden, MA. 256 pp.

Magurran A.E, S. Khachonpisitsak & A.B. Ahmad. 2011. Biological diversity of fish communities: pattern and process. Journal of Fish Biology 79, 1393–1412.

Maldonado-Ocampo, J., Bogotá-Gregory, J. & Villa-Navarro, F., 2009. Peces. En: H. Villareal-leal, y otros edit. Caracterización de la biodiversidad de la selva de Mataven (Sector Oriental) Vichada, Colombia. Bogotá: Instituto de investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt y Asociación de Cabildos y autoridades Tradicionales Indígenas de la selva de Mataven, pp. 171-181.

Maldonado-Ocampo, J., 2000. Peces de Puerto Carreño: Lista ilustrada, Bogotá: Fundación Omacha.

Maldonado-Ocampo, J. & Bogotá-Gregory, J., 2007. Peces. En: H. Villareal-Leal & J. Maldonado-Ocampo, edit. Caracterización biológica del parque nacional natural el Tuparro (Sector NE), Vichada, Colombia. Bogotá, Colombia: Instituto de investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt, pp. 237-245.

Maldonado-Ocampo, J. & Usma-Oviedo, J., 2006. Estado del conocimiento sobre peces dulceacuicolas en Colombia Tomo II. En: M. Chaves & M. Santamaría, edit. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la Biodiversidad 1998-2004. Bogotá, Colombia: Instituto de investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt, pp. 174-194.

Maldonado-Ocampo, J., Vari, R. & Usma-Oviedo, J., 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. Biota Colombiana, 9(2), pp. 143-237.

Mantilla-Meluk, H., Jiménez-Ortega, A. & Baker, R., 2009. Phyllostomid bats of Colombia: Annotated checklist, distribution and biogeography. Special Publications Museum of Texas Tech University, Volumen 56, pp. 1-37.

Marín, G.R. 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas. 1ª ed. Editorial Díaz de Santos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España. 310 p.

Marreno, C. 2011. La vegetación de los humedales de agua dulce de Venezuela. BioLlania Edición Esp. 10:250–263.

Martín-López B., E.Gómez-Baggethun, C. Montes. 2009. Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un marco cambiante. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible (CUIDES) 9: 229-258

Martín-López B., González J.A., Vilardy S. 2012. Guía Docente Ciencias de la Sostenibilidad. Centro de estudios de América Latina (CEAL), Laboratorio de Socioecosistemas Universidad Autónoma de Madrid, Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, Universidad Del Magdalena.

Matteucci, S., Colma, A., 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (OEA), Washington D.C., USA.

Mayunga, J. 2007. Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital-based approach. Working paper for the academy for social vulnerability and resilience building.

McDiarmid, R.W. & R. Altig. (eds.). 1999. Tadpoles: The biology of anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago, US, 444 p.

- McNish, T., 2007. Las aves de los llanos de la Orinoquia. Bogotá: MyB Riqueza Natural.
- Meade, Robert H, José M Rayol, Sylvio C Da Conceicao, y José R Natividade. «Backwater effects in the Amazon River basin of Brazil.» *Environmental Geology and Water Sciences* 18, n° 2 (Septiembre/Octubre 1991): 105-114.
- Medellín, R. A., M. Equihua, M.A. Amin. 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation Biology*, 14: 1666–1675.
- Medellin, R.A., & K.H. Redford. 1992. The role of mammals in neotropical forest-savanna boundaries. En: *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*, Eds. P.A. Furley, J. Proctor, & J.A. Ratter, pp. 519–548. Londres: Chapman and Hall.
- Melo, H., y M. Camacho. 2005. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 156 p.
- Miller SJ, D.H. Wardrop, W.M. Mahaney, R.P. Brooks. 2006. A plant-based index of biological integrity (IBI) for headwater wetlands in central Pennsylvania. *Ecological Indicators* 6(2): 290-312.
- Ministerio de hacienda. 2012. [www.minhacienda.gov.co](http://www.minhacienda.gov.co) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Ministerio de minas y energías 2012. [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- Misión Rural, 1998. Desarrollo Rural De La Orinoquia Colombo- Venezolana. IICA Biblioteca Venezuela.
- Modesto-iregui M., G. Guillot., R. Donato., & M. Ortegón. 2002. Dimensión fractal área superficial/volumen de algas de fitoplancton de lagos colombianos. *Caldasia* 24 (1), pp.121-134
- Molles, M.C. 2009. *Ecology: concepts and applications*. McGraw-Hill.
- Montoya, J. V., Castillo, M. M., Sánchez, L. 2011. La importancia de las inundaciones periódicas para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas inundables de grandes ríos tropicales: Estudios en la cuenca del Orinoco. *Interciencia*. Vol. 36 (12): 899-907
- Mooney H., (co- chair), Cropper A.,(co-chair), Evaluación de Ecosistemas del Milenio, documento síntesis, 2005.
- Mora-Fernández, C. & Borrás, M., 2011. Propuesta de un área Ramsar en las Sabanas Inundables del Departamento de Casanare-Colombia aplicando herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Tesis de Grado. Bogotá: Centro de Investigaciones en Información Geográfica (CIAF), Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Mora-Fernández, C., C. Castellanos-Castro, A. Cardona-Cardozo, L. Pinzón-Pérez, & J.O. Vargas-Ríos. 2011. Geología, geomorfología, clima y vegetación. pp. 49–73. En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación*, Ed. T. León-Sicard. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Mora-Fernández, C. C. Castellanos-Castro, A. Cardona-Cardozo, L. Pinzón-Pérez, & J.O. Vargas-Ríos. 2011a. Historia de transformación del paisaje, de la cuenca baja del río Pauto, Casanare (Colombia). Pp. 17-46 En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación*, Ed. T. León-Sicard. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Mora-Fernández, C., C. Castellanos-Castro, L. Pinzón, A. Cardozo, and O. Vargas. 2011. El medio natural: los llanos de Casanare y área de estudio. Pp-47-96 En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare): Educación Ambiental para la Conservación*, Ed. T. León-Sicard. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Mouchet, M A. S. Villéger, N. Mason, D. Mouillot. 2010 Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology*. 24: 867–876
- Muñoz-Saba, Y., Cadena, A. & Rangel-CH., J.O. 1997. Ecología de murciélagos antófilos del sector La Curía, Serranía La Macarena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21: 473-486.
- Muñoz Villarreal Carlos. 2007. Bienes y servicios ambientales en México: caracterización preliminar y sinergias entre protección ambiental, desarrollo del mercado y estrategia comercial. Series Medio Ambiente y Desarrollo. CEPAL.
- Murillo-Pacheco M. I. 2005. Evaluación de la distribución y estado actual de los registros ornitológicos de los llanos orientales de Colombia. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Programa biología con énfasis en ecología. San Juan de Pasto.
- Muscarella R & T.H. Fleming. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews*. 82: 573–590.
- Naiman, R.J., & H. Decamps. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28(1):621–658.
- Naiman, R.J., H. Décamps, & M.E. McClain. 2005. *Riparia: Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities*. San Diego: Elsevier/Academic Press.
- Naiman, R.J., H. Decamps, & M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3:209–212.
- Naranjo, L.G., S. Restrepo, J. Zamudio. 2008. Avifauna de la Estrella Fluvial Inírida. Informe técnico. WWF Colombia. 36p.
- Nieff, J., 1990. Ideas para la interpretación ecológica. *Interciencias*, Issue 15, pp. 424-441.
- Nieff, J.J., S.L. Casco, & J.C. Arias. 2004. Glosario de Humedales Latinoamericanos. En: *Humedales de Iberoamérica.*, Ed. J.J. Nieff, pp. 336–380. Cuba: CYTED, Subprograma XVII – Red Iberoamericana de Humedales.
- Nieto, MJ. 1999. Estudio preliminar de las especies del Género *Scinax* (Amphibia: Anura: Hylidae) en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23: 339-346.
- Nogueira M.R & A.L. Peracch. 2003. Fig-seed predation by 2 species of *Chiroderma*: discovery of a new feeding strategy in bats. *Journal of Mammalogy*, 84:225–233
- Nogués-Bravo, D., M.B. Araújo, T. Romdal & C. Rahbek. 2008. Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. *Nature* 453, 216–220.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355-364.
- Noss, R. F. 1996. Conservation of biodiversity at the landscape scale. In: *Biodiversity in managed landscapes*. R. C. Szaro y D. W. Johnston, Eds. Oxford University Press, Oxford. Pp. 574-589.
- Novoa, D., 2002. Los Recursos Pesqueros del Eje Fluvial Orinoco-Apure: Presente y Futuro. Caracas, Venezuela: Inapesca.
- O'Connell TJ, L.E. Jackson, R.P. Brooks. 1998. A bird community index of

- biotic integrity for the Mid-Atlantic highlands. *Environmental Monitoring and Assessment* 51(1-2): 145-156.
- O'Neill, R.V., J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L. DeAngelis, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. Chirstensen, V. H. Dale and R. L. Graham. 1988. Indices of landscape pattern, *Landscape Ecology* 1:c153-162
- Ortega-Lara, A., 2005. Biodiversidad ictiológica de la reserva Bojonawi, cuenca del río Orinoco, municipio de Puerto Carreño-Vichada, Bogotá: Fundación Omacha.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analysing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325:419-422
- Pagani G., 2012. Uso delle piante nelle comunità del bacino del fiume Pauto, Casanare (Colombia). Tesis de Maestría para optar al título de Master en Ecología. Universidad de Roma, Italia. 98pp.
- Palmer, M.A., A.P. Covich, B. Finlay, J. Gibert, K.D. Hyde, R.K. Johnson, T. Kairesalo, P.S. Lake, C.R. Lovell, R.J. Naiman, C. Ricci, C., F.F. Sabater & D.L. Strayer. 1997. Biodiversity and ecosystem function in freshwater sediments. *Ambio*, 26, 571–577.
- Patlak M. 2003. Breakthroughs in Bioscience. *FASEB*. 1-13 pp.
- Peterson R.T., E.L. Chalif. 1989. *Aves de México: Guía de campo*. Ed. Diana. D. F. 479 pp.
- Patterson, B.D., M.R. Willig, R. Stevens. 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecology organization.
- Pavan Sukhdev, Heidi Wittmer, Christoph Schröter-Schlaack, Carsten Neschöver, Joshua Bishop, Patrick ten Brink, Haripriya Gundimedha, Pushpam Kumar, Ben Simmons y Aude Neuville. TEEB, La Economía de los ecosistemas y la biodiversidad. ISBN 978-3-9813410-3-4
- Pedroza-Banda R., y T. Angarita-Sierra. 2011. Herpetofauna de los Humedales La Bolsa y Charco de Oro, Andalucía, Valle del Cauca. *REV. ACAD. COLOMB. CIENC.: Volumen XXXV, Número 135*. 243-260 pp.
- Peñuela, L., F. Castro, N. Ocampo-Peñuela. 2011a. Las Reservas Naturales del Nodo Orinoquia en su rol de conservación de la biodiversidad. Fundación Horizonte Verde y Resnatur, Colombia.
- Peñuela, L., A.P. Fernández. 2010. La ganadería ligada a procesos de conservación en la sabana inundable de la Orinoquia. *Orinoquia* 14 sup, 5–17.
- Peñuela, L., A.P. Fernández, F. Castro, A. Ocampo. 2011b. Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. Convenio de cooperación interinstitucional entre The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Horizonte Verde (FHV), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad de España y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia), Colombia.
- Pesci R. 2009. Foro Latinoamericano de ciencias ambientales, Paradigmas y sustentabilidad.
- Petchey, O.L. & K.J. Gaston. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecological Letters*. 9: 741–758.
- Peterjohn, W.T., & D.L. Correll. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology* 65:1466–1475
- Peterson R.T., E.L. Chalif. 1989. *Aves de México: Guía de campo*. Ed. Diana. D. F. 479 pp.
- Phillips, J., 2007. Identificación de áreas con alto valor de conservación (AAVC) en áreas de expansión palmera en la Orinoquia colombiana. Contrato no. 07-07-206-0337. Informe final para WWF Colombia e IAvH, Bogotá, Colombia: WWF-Colombia y IAvH.
- Pinto BCT, F.G. Araújo. 2007. Assessing of Biotic Integrity of the Fish Community in a Heavily Impacted Segment of a Tropical River in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(3): 489-502.
- Pinzón-Pérez, L., C. Castellanos-Castro, A. Cardona-Cardozo, C. Mora-Fernández, & O. Vargas-Ríos. 2011. Caracterización de las comunidades vegetales presentes en el bloque Cubiro, cuenca baja del Río Pauto, Casanare (Colombia). En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare)*: Educación Ambiental para la Conservación, Ed. T. León-Sicard, pp. 97–150. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Pinzón-Melo, V., Baptiste, L. & Ballera, L., 2004. Transformación del paisaje de piedemonte y sus influencia en la disponibilidad de hábitat para cuatro especies de primates (*Allouata seniculus*, *Callicebus cupreus*, *Cebus apella* y *Saimiri sciureus*), eje Villavicencio-Puerto López (Meta). Bogotá: Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad Pontificia Javeriana.
- Pinilla-Buitrago G. 2011. Síntesis y análisis de tres bases de datos de colecciones mastozoológicas en la Orinoquia Colombiana. In: Departamento de Biología, p. 49. Universidad Nacional de Colombia
- Pinzón-Pérez, L., C. Castellanos-Castro, A. Cardona-Cardozo, C. Mora-Fernández, & O. Vargas-Ríos. 2011. Caracterización de las comunidades vegetales presentes en el bloque Cubiro, cuenca baja del Río Pauto, Casanare (Colombia). En: *Mamíferos, Reptiles y Ecosistemas del Bloque Cubiro (Casanare)*: Educación Ambiental para la Conservación, Ed. T. León-Sicard, pp. 97–150. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia, Alange Energy Corp.
- Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Pauto (POMCA).
- Plan Regional de Competitividad de Casanare. 2010. Comisión Regional de Competitividad de Casanare.
- Plan Vial del Departamento de Casanare 2010 -2019. Gobernación de Casanare.
- PNN. 2012. [www.parquesnacionales.gov.co](http://www.parquesnacionales.gov.co) (último acceso: 20 de agosto de 2012).
- PNUD. 2011. Informe nacional de desarrollo humano 2011: Colombia Rural, razones para la esperanza. Bogotá: PNUD.
- Poff, N. y otros, 1997. The natural flow regime. *BioScience*, Volumen 47, pp. 769-784.
- Postel, S. & Richter, B., 2003. *Rivers for life. Managig Water for People and NAture..* Washington: Island Press.
- Prado, C.P. de A. & A. d'Heursel. 2006. The tadpole of *Leptodactylus elenae* (Anura: Leptodactylidae), with the description of the internal buccal anatomy. *South American Journal of Herpetology*, 1, 79–86.
- Presidencia de la República. 2008. Diagnóstico Socioeconómico para el Departamento del Casanare. Alta Consejería para la Reintegración.
- Quintero M. 2010. Servicios ambientales hidrológicos en la región andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales. Lima, IEP, CONDESAN.
- Quiroga R. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: Estado del arte y perspectivas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.
- Ramia, M., 1967. Tipos de Sabanas de los Llanos de Venezuela. *Venez. Ci. Nat.*, 27(112), pp. 264-288.
- Ramírez C., J. García., C. Cruz., L. Barba., J. Holguín., P. Patiño. et al. 2004.

- Identificación de parámetros críticos en el río Cauca y sus principales ríos tributarios, tramo Salvajina – La Virginia. Caracterización y modelación matemática del río Cauca –PMC Fase II. Volumen IX. Corporación autónoma regional del Valle del Cauca. Convenio 0168 de 2002. Cali. 348 p.
- Ramírez, B. & Roa-López, N., 2011. Educación ambiental en Casanare: retos y oportunidades para el manejo de recursos naturales en el piedemonte y la zona andina. En: J. Usma & F. Trujillo, eds. Biodiversidad del departamento de Casanare, identificación de ecosistemas estratégicos. Bogotá, Colombia: Gobernación de Casanare. WWF-Colombia, pp. 235-245.
- Rangel, O. y otros, 1995. Región de la Orinoquia. En: Colombia Diversidad Biotica Volumen I.. Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia, IDEAM, pp. 239-254.
- Rangel-Ch., J.O., A. Velásquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. En: Colombia Diversidad Biótica II, Tipos de Vegetación En Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ratter, J.A., J.F. Ribeiro, & S. Bridgewater. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80(1):223–230
- Rastrojo, F. P., 2005. Caracterización ecológica rápida corregimiento la Hermosa, municipio de Paz de Ariporo, departamento de Casanare, Colombia., Bogotá, Colombia: WWF-Colombia y Unidad administrativa especial del sistema de Parques Nacionales Naturales.
- Redondo T, Sergio. 2011. Análisis de incertidumbre hidrológica en caudales ambientales en el ámbito colombiana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Grupo de Investigación en Ingeniería de los Recursos Hídricos (GIREH).
- Remsen Jr JV. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *Auk* 111(1): 225-227.
- Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. 2013. A classification of the bird species of South America. *American Ornithologists' Union*. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Rennó-Braga, H. Bornatowski & j. Simões-Vitule. 2012. Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. *Rev Fish Biol Fisheries* 22:915–929.
- Restrepo-Calle, S. & V. Peña-Herrera. 2005. Análisis de información registrada sobre riqueza, distribución, abundancia, amenazas y oportunidades para la conservación de las aves migratorias en la cuenca del río Orinoco. Informe Asociación Calidris presentado a WWF-Colombia, Resnatur, TNC, Fudena y Aprinatura. Cali, Colombia. 54p.
- Restrepo-Calle, S. 2007a. Listado preliminar de la avifauna de dos comunidades en la Selva de Matavén (Pueblo Escondido y Sarrapia). Informe técnico no publicado. Cali, Colombia.
- Restrepo-Calle, S. 2007b. Caracterización de dos reservas privadas de interés para la conservación de aves migratorias en la Orinoquia colombiana; La Reserva Natural Bojonawi y La Reserva Natural Santa Teresita. Informe Técnico Proyecto “Brindando Refugio Seguro: conservación de hábitats para las aves migratorias en la Cuenca del Orinoco”. TNC, WWF, Fudema, Resnatur, Aprinatura. Cali, Colombia. 50p.
- Restrepo-Calle, S. 2007c. Listado revisado Reserva de Biósfera el Tuparro (Puerto Carreño - Puerto Ayacucho). Informe técnico Proyecto “Brindando Refugio Seguro: conservación de hábitats para las aves migratorias en la Cuenca del Orinoco”. TNC, WWF, Fudena, Resnatur.
- Restrepo-Calle, S. 2009. Avifauna de la Reserva Natural Palmarito (Casanare). Informe Técnico Proyecto Informe Técnico Asociación Calidris, Fundación Palmarito, Fundación Omacha, WWF-Colombia. Cali, Colombia. 22p
- Restrepo-Calle, S., Lentino, M. & Naranjo, L., 2010. Aves. En: C. Lasso, J. Usma, F. Trujillo & A. Rial, eds. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bogotá: Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander von Humboldt, WWF-Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia, Universidad Nacional de Colombia, pp. 291-309.
- Rippstein, G., Escobar, G. & Motta, F., 2001. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos orientales de Colombia. Cali, Colombia: Centro Internacional de agricultura Tropical.
- Rippstein, G., E. Amézquita, G. Escobar, & C. Grollier. 2001. Condiciones Naturales de la Sabana. En: Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia, Eds. G. Rippstein, G. Escobar, & F. Motta, pp. 1–21. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Rivera, D., 2005. La Orinoquia de Colombia. Banco de Occidente Credencial.
- Rivera, R., Palacios, O., Chávez, J., Belmont, M., Nikolski, I., De La Isla de Baeur, Ma., Guzmán, A., et al. 2007. Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la Cuenca del Valle de México. *Rev. Int. Contam. Ambient* v.23 n.2 México.
- Rizo-Patrón, F. Kumarb, A., McCoy Coltonc, M., Springerd, M. y Trama, F. Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological Indicators*. 29:68–78.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. Coronel & D.C. Taphorn. 2006. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology*, 4(3): 319-328.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., F. Arjona-Hincapié, T. Muto, J. N. Urbina-Cardona, P. Bejarano-Mora, C. Ruiz-Agudelo, M.C. Diaz Granados, E. Palacios, M.I. Moreno, A. Gomez Rodriguez & Geothinking Ltda. 2013. Ara Colombia. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de la Gestión Institucional Estatal (Módulo Otus Colombia) y la Afectación a la Biodiversidad Sensible y al Patrimonio Cultural (Módulo Tremarctos-Colombia). Versión 2.0 (13.08.2013) Conservación Internacional-Colombia & Contraloría General de la República e Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Bogotá Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Ciencias Naturales (accedido a través del portal de datos del SIB Colombia, <http://data.sibcolombia.net/datasets/resource/22>, 2013-05-05)
- Rodríguez-Mahecha, J. M. Alberico., M. Trujillo, & J. Jorgeson. 2006. Libro Rojo de los mamíferos de Colombia. Primera edición ed. Bogotá, Colombia: Conservación Internacional, Ministerio de Medio Ambiente.
- Rodríguez, M. & otros. 2009. La mejor Orinoquia que podemos construir, elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo. Yopal, Colombia: Corporinoquia, Universidad de Los Andes, Foro Nacional Ambiental, Fescol.
- Rodríguez, M. y otros, 2011. La mejor Orinoquia que podemos construir, elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo. Yopal, Colombia: Corporinoquia, Universidad de Los Andes, Foro Nacional Ambiental, Fescol.
- Romero-Duque, L., Castro-Lima, F. & Rentería, A., 2012. Diversidad Florística del municipio de Orocué (Casanare, Colombia). Facultad de Ingeniería geográfica y ambiental.
- Romero, M., Galindo, G., Otero, J. & Armenteras, D., 2004. Ecosistemas de la cuenca del Orinoco Colombiano. Bogotá: Instituto de Investigaciones en recursos biológicos Alexander von Humboldt.
- Romero-Ibarra, M.E. 1988. Ensayos orinoquenses. Orinoquia Siglo XXI.
- Romero-Martinez, H. J., Vidal-Pastrana, C., J.D Lynch, y P. Duenas. 2008.

- Estudio preliminar de la fauna Amphibia en el cerro Murrucucú, PNN Paramillo y Zona amortiguadora, Tierralta, Córdoba. v.30 (1): 209 - 229
- Romero-Ruiz, M.H., Flantua S.G.A., Tansey, K & J.C. Berrio 2012. Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/ cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography* 32. 766-776
- Rueda, J. V., F. Castro & C. Cortez. 2006. Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios: Una Compilación. 135-172, En Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Maecha & E. La Marca, Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2, Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, Colombia.
- Rugeles-Lugo, M., Vasques, L. & Bayona, C., 2007. Catalogo de peces ornamentales comerciales de Arauca, s.l.: Universidad Nacional de Colombia - Sede Orinoquia.
- Salamaca, S., 1984. La vegetación de la Orinoquia-Amazonia: Fisiografía y formaciones vegetales. *Colombia Geografica*, 10(2), pp. 5-31.
- San José, J., R. Montes. 2001. Evaluación de los efectos del uso de la tierra sobre el contenido y flujos de carbono en los Llanos del Orinoco. En: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de La Captura de Carbono En Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile.
- Sánchez Castro R. & G. Galvis. 1999. Similitud de la composición ictica entre dos ambientes del río Yuca, sistema del río Meta, Colombia. *Revista Académica colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, Issue 23, pp. 576-574
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Marquez, R. & Zambrano, L. (Editores). 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-U.S. Fish & Wildlife Service-Unidos para la Conservación, A. C. - Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México. 287 p.
- Sánchez - Palomino, P., P. Rivas-Pava & A. Cadena. 1993. Composición, Abundancia y Riqueza de especies de la comunidad de murciélagos en Bosques de galería en la Serranía de la Macarena (Meta-Colombia) *Caldasia* 17: 301-313.
- Sarmiento, G., 1984. Ecology of Naotropical Savannas. Harvard University Press, Volumen XII, p. 235.
- Sarmiento, G. 1990. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. En: Las sabanas americanas: aspecto de su biogeografía, ecología y utilización, Ed. G. Sarmiento. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Sarmiento, G., 1994. Sabanas naturales: génesis y ecología. En: Sabanas Naturales de Colombia, pp. 17-55. Cali: Banco de Occidente.
- Sarmiento, G., 1996. Aspectos de la biodiversidad de las sabanas tropicales de Venezuela. En: G. Sarmiento & M. Cabido, edits. Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina. Mérida, Venezuela: CYTED-CIELAT, pp. 299-318.
- Sarmiento, G., M. Monasterio, & J. Silva. 1971a. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales I. Las unidades regionales. *Acta Científica Venezolana* 22:52-61.
- Sarmiento G., M. Monasterio & J. Silva 1971b. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales IV. El oeste del Estado Apure. *Acta Científica Venezolana* 22:170-180.
- Sastre, H. & Huertas, H., 2006. Fomento de Rescate del ganado criollo Casanare. Yopal: s.n.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. University of Chicago Press, Chicago. 934pp.
- Scheibler, E., Pozo, V. y Paggi, A. 2008. Distribución espacio-temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) en un arroyo andino (Uspallata, Mendoza, Argentina). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 67(3-4):45-58.
- Schmera, D, T. Erős & J. Podani. 2009. A measure for assessing functional diversity in ecological communities. *Aquatic Ecology* 43:157-167.
- Schöngart, J. & Junk, W., 2007. Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices. *J. Hydrol.*, Issue 335, pp. 124-132.
- Shulse C. D., R. D. Semlitsch, and K. M. Trauth. 2009. Development of an amphibian biotic index to evaluate wetland health in Northern Missouri, World Environmental and Water Resources Congress 2009, 2657-2667pp.
- Segnini, S. y Chacón, M. 2005. Caracterización fisicoquímica del hábitat interno y ribereño de ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela. *Ecotropicos* 18(1): 38-65.
- Shaw, J. H., Machado-Neto, J., Carter, Tracy S. 1987. Behavior of Free-Living Giant Anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) *Biotropica*, 19: 255-259
- Short, A. E. Z. y Hebauer, F. 2006. World Catalogue of Hydrophiloidea - additions and corrections. I (1999-2005). en: Oliva, A. 2007. Distribución de Berosini (Coleoptera: Hydrophilidae) en América del Sur. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 66(3-4):47-56.
- Sigafos, R. S. 1964. Botanical evidence of floods and flood-plain deposition. PP - 485-A. United States Geological Survey. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/pp485A>.
- Solari S. J.J. Rodríguez, E. Vivar and P.M. Velazco. 2002. A framework for Assessment and Monitoring of Small Mammals in a Lowland Tropical Forest. *Environmental Monitoring and Assessment*. 76: 89-104.
- Soriano, J. 2000. Functional Structure of Bat Communities in Tropical Rainforest and Andean Cloud Forest. *Ecotropicos* 13:1-20
- Srivastava, D.S. & M. Vellend. 2005. Biodiversity-Ecosystem Function Research: Is It Relevant to conservation? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:267-94
- Stanford, J., Lorang, M. & Hauer, R., 2005. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. *Verhand. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, Issue 29, pp. 123-136.
- Stein, H., Springerb, M. y Kohlmann, B. 2008. Comparison of two sampling methods for biomonitoring using aquatic macroinvertebrates in the Dos Novillos River, Costa Rica. *ecological engineering* 34:267-275.
- Stiles, G. 1998. Listado de las aves de una zona del río Inírida. Informe ICN a CDA.
- Suárez-Castro, A. & Sánchez-Palomino, P., 2011. Diversidad de mamíferos presentes en el bloque Cubiero y amenazas para su conservación. En: T. León-Sicard, ed. Mamíferos, reptiles y ecosistemas del bloque Cubiero (Casanare): Educación ambiental para la conservación. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia, pp. 277-300.
- Sukhdev, P. y otros. La Economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB). TEEB, 2008.
- Swartz, S. M.; P.W. Freeman, E.F. Stockwell. 2003. Ecomorphology of bats: Comparative and experimental approaches relating structural design to ecology. En: *Bat Ecology*. Ed. by T. H. Kunz and M. B. Fenton. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 257-300.
- Táramo, Z. 2010. Advertisement calls calling habits of frogs from a flooded savanna of Venezuela. *South American Journal of Herpetology*. 5(3): 221-240
- Tejerina-Garro, F. L., M. Maldonado, C. Ibañez, D. Pont, N. Roset & T. Oberdorff. 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 91-108.

- TEEB – La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para los responsables de la elaboración de Políticas Nacionales e Internacionales Resumen: Responder al valor de la naturaleza 2009.
- Tocker, K. & Stanford, J., 2002. Riverine flood plain: present state and future trends. *Environmental Conservation*, Issue 29, pp. 208-330.
- Trujillo-González, J.M., M.A. Torres-Mora, E. Santana-Castañeda. 2011. La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* L. f), un ecosistema estratégico. *ORINOQUIA* 15, 62–70.
- Trujillo F, Garavito-Fonseca J, Gutiérrez K, Rodríguez-Maldonado MV, Combariza R, Solano-Perez L, Pantoja G & Ávila-Guillen JP. Mamíferos del Casanare. En: Usma, J.S., & F. Trujillo (Editores). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C. 286p.
- Trujillo F. & otros. 2011. Mamíferos del Casanare. En: J. Usma & F. Trujillo, eds. Biodiversidad del Casanare: ecosistemas estratégicos del departamento. Bogotá: Gobernación del Casanare, WWF-Colombia, pp. 181-2010.
- Tuomisto H. 2013. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Journal compilation, Ecography* 33: 2-22.
- Turkwel River, Kenya. *Land Degradation & Rehabilitation* 1:189–198
- Umaña, A., M. Álvarez & J. Parra. 2007. Aves. Pp. 123- 139. En: Villareal-Leal, H. & J.A. Maldonado-Ocampo (comp.). Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (sector noroeste), Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 292p. Aprinatura. Cali, Colombia.
- Unesco. 2009. Cátedra UNESCO de Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental EASAC.
- United Nations. 2010. The millenium development goals - Report 2010. New York.
- Universidad de los Llanos, Fundación Internacional Universitaria del Trópico Americano (Unitrópico), Pontificia Universidad Javeriana, Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia), Fundación Horizonte Verde, Fundación Omacha, Fondo Mundial para la Naturaleza WWF Colombia, Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Macarena (Cormacarena), Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo. 2008. Biodiversidad y desarrollo en ecorregiones estratégicas de Colombia: Orinoquia.
- Urbano-Bonilla, A., J. Zamudio, J.A. Maldonado-Ocampo, J.D. Bogotá-Grégory, G. Cortés-Millán. & López. 2010. Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana* 10: 149-162.
- Urbano-Bonilla, A., Zamudio, J., Maldonado-Ocampo, J. & Cortés-Millán, G., 2009a. Estudio preliminar de la laguna del Tinije Aguazul (Casanare). *Colombia\_Diversidad y Aspectos ecologicos. Actualidades Biológicas*, 31(1), p. 217.
- Usma, J. & Trujillo, F., 2011. Biodiversidad del Casanare: ecosistemas estratégicos del departamento.. Bogotá: Gobernación de Casanare, WWF-Colombia.
- Van der Hammen, T. & O. Rangel. 1997. El estudio de la vegetación en Colombia. Pp. 17-57. En: Rangel O., P. Lowy & M. Aguilar (Eds.) *Colombia Diversidad Biotica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas-Barón, G., 1996. Cuentos, mitos y leyendas del Llano. H.G Impresores, Bogota.
- Vega, L., 2004. Dieta y preferencias alimenticias del Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en el Hato Chaparrito, Casanare, Colombia, Bogotá, Colombia: s.n.
- Vega, L. 2005. Hacia la sostenibilidad ambiental del desarrollo. Construcción de pensamiento ambiental práctico a través de una política y gestión ambiental sistémica. Ecoe ediciones.
- Veneklaas, E., A. Fajardo, S. Obregón & J. Lozado. 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography* 28: 236-252.
- Viloria de La Hoz, Joaquín. 2009. Geografía Económica de la Orinoquia. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Banco de la República. No. 113. Cartagena.
- Villa-Navarro, F., A. Urbano-Bonilla, A. Ortega-Lara, D.C. Taphorn. & J.S. Usma Oviedo. 2011. Peces del Casanare. Págs. 120-137 en: J.S. Usma & F. Trujillo (eds), Biodiversidad del departamento del Casanare, identificación de ecosistemas estratégicos. Gobernación del Casanare, WWF, Bogotá D.C.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad, Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Viña, G., Restrepo, R. & Mojica, J., 1991. Estudios ecológicos de las zonas afectadas por derrames de petróleo durante 1988, en el área de influencia del oleoducto Caño Limón-Coveñas. *Ecopetrol-DCC. Informe final*, Cucuta, Colombia: Ecopetrol.
- Viña, G. y otros, 1997. Programa de monitoreo biológico campos Cusiana-Cupiagua y Bloque Pedemonte: Resultados de los estudios de Fauna y Flora acática. , Bogotá, Colombia: BP. Exploration.
- Voss, R.S. & L.H. Emmons. 1996. Mammalian diversity in Neotropical Lowland Rainforest: a preliminary assessment. *Bulletin of The American Museum of Natural History* 230: 115 pp
- WBGU 1997. *World in Transition: The Research Challenge . Annual Report of the German Advisory Council on Global Change (WBGU)*. Springer, Berlin.
- WBGU. 1999. *World in Transition: Conservation and Sustainable Use of the Biosphere*. Earthscan Publications Ltd. London and Sterling, VA.
- Welcomme, R., 1979. *Fisheries ecology of flood-plain rivers*. Longman, London, RU: s.n.
- Wells, K. D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press. 1085pp
- Willig, M. R., B. D. Patterson, and R. D. Stevens. 2003. Patterns of range size, richness, and body size in the Chiroptera. Pp. 580–621, en: *Bat Ecology* (T. H. Kunz and M. B. Fenton, eds.). University of Chicago Press, Chicago
- Winemiller K. 2004. Floodplain river food web: Generalizations and implications for fisheries management.. En: R. Welcomme & T. Peter, eds. 2nd Int. Symp. Management of Large Rivers for Fisheries. Vol. II. Bangkok, Thailand: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, pp. 285-309pp.
- Winemiller, K.O., A. A. Agostinho & E. Pellegrini Caramaschi. 2008. Chapter 5: Fish ecology in tropical streams, Pages 107-146 in: *Tropical Stream Ecology*, D. Dudgeon, editor, Elsevier/Academic Press, San Diego, CA.
- Zamudio, J. A. Ortega, L. F. & Castillo L. F. 2011. Aves del Casanare. Pp. 168-180. En: Usma, J.S. & F. Trujillo (Eds.). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C. 286pp.
- Zuñiga H., M. Pinto Nolla., J. Hernández-Camacho & O. Torres-Martínez. 2002. Revisión taxonómica del género *Cavia* (Rodentia: Caviidae) en Colombia. *Acta zoológica Mexicana*, Issue 87, 1-111 pp.

La Orinoquia colombiana, ahora considerada como uno de los grandes polos de desarrollo del país en los sectores hidrocarburos, minería y agroindustria, ha generado una mayor demanda de los bienes y servicios ambientales. Este libro, aborda el tema de salud ecosistémica de las sabanas inundables a partir de la oferta y demanda de los servicios ambientales, teniendo como ejes de acción el agua, suelo y sus interacciones con las dimensiones bióticas, físicas y socioculturales. Finalmente se proponen indicadores que sirven como herramienta para la toma de decisiones, a nivel local y regional, así como para los diferentes procesos de desarrollo sostenible que son fundamentales para el país. Esta publicación está dirigida a un público amplio para apropiar conocimiento sobre la región orinocense.



### Proyecto

“Evaluación de la salud ecosistémica de las sabanas inundables de la cuenca media y baja del río Pauto, Casanare”



Con el apoyo de:

