

Sistemas Agroforestales y Restauración Ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña



Caso piloto

Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático – INAP – Componente B



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Acción Social
Agencia Presidencial para la Acción Social
y la Cooperación Internacional



**CONSERVACIÓN
INTERNACIONAL**
Colombia

Sistemas Agroforestales y Restauración Ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña

Caso piloto

Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático – INAP – Componente B



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Acción Social

Agencia Presidencial para la Acción Social
y la Cooperación Internacional



CONSERVACIÓN
INTERNACIONAL

Colombia



JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

Presidente de la República de Colombia

FRANK JOSEPH PEARL GONZÁLEZ

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

SANDRA BESSUDO LION

Alta Consejera Presidencial para la Gestión Ambiental,
Biodiversidad, Agua y Cambio Climático

ADRIANA SOTO CARREÑO

Viceministra de Ambiente

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

Director General
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

LUZ MARINA ARÉVALO SÁNCHEZ

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental IDEAM

MARGARITA GUTIÉRREZ ARIAS

Subdirectora de Estudios Ambientales - IDEAM

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Patricia Jaramillo Martínez

CORRECCIÓN DE ESTILO

Juliana Curcio Valencia

DISEÑO DE LA CARÁTULA

Bibiana Andrea Alturo Mendoza

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Bibiana Andrea Alturo Mendoza

Jovana Noguera Velasco

RETOQUE DE IMÁGENES

María Camila Pinzón Garcés

FOTOGRAFÍA DE LA CARÁTULA

Klaus Schütze Páez- Portada: Participantes del Festival de la
Cuenca del Río Blanco presentando su oferta gastronómica.

REPRODUCCIÓN DE CD E IMPRESIÓN Y EMPAQUE

Alen Impresores

Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones
y Publicaciones del IDEAM
Septiembre de 2011, Colombia
Distribución Gratuita
ISBN: 978-958-8067-36-0

CÍTESE COMO

IDEAM, Sistemas agroforestales y restauración ecológica
como medidas de adaptación al cambio climático en alta
montaña, Caso piloto, Proyecto Nacional de Adaptación
al Cambio Climático –INAP– componente B, IDEAM y
Conservación Internacional, Bogotá, 2011.

2011, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales – IDEAM. Todos los derechos reservados. Los
textos pueden ser usados parcial o totalmente citando
la fuente. Su reproducción total debe ser autorizada
por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales – IDEAM.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Instituto de Hidrología Meteorología y
Estudios Ambientales – IDEAM**

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN
Director General

CAROLINA CHICHILLA TORRES
Secretaria General

CONSEJO DIRECTIVO

FRANK JOSEPH PEARL GONZÁLEZ
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible
GERMÁN CARDONA GUTIÉRREZ
Ministro de Transporte
HERNANDO JOSÉ GÓMEZ RESTREPO
Director Departamento Nacional de Planeación - DNP
LUIS ALFONSO ESCOBAR TRUJILLO
Representante de las CAR
OSCAR JOSÉ MESA SÁNCHEZ
Representante del Consejo Nacional de Ciencia y
Tecnología
JORGE BUSTAMANTE ROLDÁN
Director del Departamento Administrativo Nacional
de Estadística - DANE

DIRECTIVAS

MARGARITA GUTIÉRREZ ARIAS
Subdirectora de Estudios Ambientales
LUZ MARINA ARÉVALO SÁNCHEZ
Subdirectora de Ecosistemas e Información
OMAR FRANCO TORRES
Subdirector de Hidrología
ERNESTO RANGEL MANTILLA
Subdirector de Meteorología
MARIA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ
Jefe Oficina Pronósticos y Alertas
LILIANA MALAMBO MARTÍNEZ
Jefe Oficina Asesora de Planeación
MARTHA DUARTE ORTEGA
Jefe (E) Oficina de Control Interno
MARCELA SIERRA CUELLO
Grupo de Comunicaciones
ALICIA BARÓN LEGUIZAMÓN
Jefe (E) Oficina de Informática
FERNEY BAQUERO FIGUEREDO
Jefe Oficina Asesora Jurídica

**Proyecto Nacional Piloto de Adaptación al Cambio
Climático -INAP- Componente B “Alta Montaña”**

Juan Manuel Santos Calderón
Presidente de la República de Colombia

Sandra Bessudo Lion
Alta Consejera Presidencial para la Gestión Ambiental,
Biodiversidad, Agua y Cambio Climático

Frank Joseph Pearl González
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diego Andrés Molano Aponte
Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación
Internacional

Dirección general

Ricardo José Lozano Picón
Director Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales -IDEAM-

Fabio Arjona Hincapié
Director ejecutivo. Conservación Internacional Colombia

Dirección técnica

Luz Marina Arévalo Sánchez
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental
IDEAM

Ernesto Rangel Mantilla
Subdirector de Meteorología IDEAM

Margarita Gutiérrez Arias
Subdirector de Estudios Ambientales IDEAM

Omar Franco Torres
Subdirector de Hidrología IDEAM

Claudia Paricia Galvis Sánchez
Asesora Director General

Ángela Andrade Pérez
Coordinadora Proyecto INAP

Equipo ejecutor Proyecto INAP

Componente B “Alta Montaña”

Coordinador

Klaus Schütze Páez

Profesionales INAP Componente B

José Ville Triana, Fredy Prieto, María M. Medina, Héctor F. Mafla, Luz Helena Hernández, Angélica Cardona, Ana M. Arriaga, Jeimmy Avendaño, Félix Ignacio Meneses, Fabián Caicedo y Alejandro Ayala Rodríguez.

Auxiliares en campo

Rosario Martínez, Carolina Vera, Nelly Parra, Rolando Zamora, Karol Martínez, Jairo Cifuentes, Maira Esperanza Martínez, Ana María Raigozo, Rosalba Martínez, Margarita Alayón, Jhon Freddy León, Aldemar Pulido, María Inés Flórez, Blanca Luz Parra, Héctor Flórez, José María Avella, Anaís Hortúa, Alexander Rodríguez Pulido, Julio Cesar Martínez, Reynaldo Silva, Nelly Cubillos y María del Carmen Vargas.

Grupo de carbono IDEAM

Claudia Patricia Olarte Villanueva
Coordinadora Grupo de Carbono

María Cecilia Cardona Ruiz

Adriana Paola Barbosa Herrera

Sandra Patricia Cruz Arguello

Reinaldo Sánchez López

Luis Mario Moreno Amado

Jeimmy Avendaño Reyes

Profesional

Profesional

Profesional

Profesional

Profesional

Consultora INAP

Grupo de modelación hídrica IDEAM

Oscar Martínez Sarmiento

Coordinador Grupo de modelación hídrica

Fabián Caicedo Sarmiento

Consultor INAP

Grupo de glaciares IDEAM

Jorge Luis Ceballos Liévano

Coordinador grupo glaciares

Félix Ignacio Meneses Arias

Consultor INAP

Edgard Leonardo Real Núñez

Firmas consultoras

EPAM S.A. E.S.P, Corporación Sunahisca y Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.

Equipo administrativo

Blanca Dorelly Estepa

Directora Administrativo Conservación Internacional

Rocío Arjona

Asesora Jurídica Conservación Internacional

Omar Martínez

Especialista en Adquisiciones Proyecto INAP

Magda Corredor

Asistente Administrativo Conservación Internacional

Investigadores y Compiladores

Klaus Schütze Páez, Ángela Andrade Pérez, Angélica Cardona, Luz Helena Hernández, Héctor Mafla y José Ville Triana.

Fotografías

Klaus Schütze Páez

Cartografía

José Ville Triana

Agradecimientos

Al Global Environment Facility -GEF-. En el Banco Mundial, Washington. D.C. muy especialmente al Dr. Walter Vergara, Dr. Robert Damania y Dra. Adriana Soto.

A Carlos Costa Posada, exdirector del IDEAM y Fernando Salazar Holguín exsubdirector de ecosistemas e información ambiental del IDEAM.

A los funcionarios del IDEAM de las subdirecciones de Ecosistemas e Información Ambiental, Mónica Cuellar, Vicky Guerrero; en Hidrología, Nelsy Verdugo; en Meteorología y Estudios Ambientales, Claudia Milena. A los funcionarios y asesores de la Oficina Jurídica Claudia Galvis y Ricardo Galezo. A los funcionarios de la Oficina de Comunicaciones, Marcela Sierra, Bibiana Lissette Sandoval Báez, Carmen Briceida Rodríguez y Wilson Becerra; a los funcionarios de secretaría general, control interno, almacén, conductores y servicios generales del IDEAM.

Comunidades integrantes de los “Planes de Vida Adaptativos” de las veredas de El Manzano, El Cerro, Mundo Nuevo, Jangada, La Hoya del municipio de La Calera y las veredas de La Caja, El Rosario y Chatasugá, junto con las veredas de Potrero Grande y La Victoria del municipio de Choachí y comunidades en general de la cuenca de Río Blanco.

Oficinas de Planeación Municipal de las Alcaldías de La Calera y Choachí, Comité Ambiental Municipal de La Calera – CAM–, Sistema Integral de Gestión Ambiental – SIGAM–, Comité Interinstitucional de Educación Ambiental – CIDEA– y Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA– de La Calera. Oficina de Planeación Municipal de Choachí y Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA– de Choachí; Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera, Juntas de Acción Comunal y de Acueductos veredales de los municipios de La Calera y Choachí, Comité Local de Prevención y Atención de Desastres- CLOPAC– de la Calera y Choachí.

Gobernación de Cundinamarca, Unidad Administrativa Especial del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN – parques nacionales naturales Chingaza, de Los Nevados, Cocuy, Guicán y Chita, Universidad Nacional Facultad de Agronomía.

Pontificia Universidad Javeriana, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB–, Escuela de Ingeniería de Antioquia, EPAM S.A. E.S.P, Corporación Suna Hisca y Reconocer.

Contenido

Introducción.....	11
Capítulo 1. Marco conceptual.....	15
Enfoque Ecosistémico -EE-.....	16
Adaptación Basada en Ecosistemas -AbE-.....	17
Servicios Ecosistémicos -SE-.....	21
Sistemas Agroforestales -SAF-.....	23
Restauración Ecológica Participativa -REP-.....	29
Capítulo 2. Alta montaña y sistemas productivos en la cuenca de Río Blanco.....	37
Contexto nacional de la alta montaña.....	38
Cambio climático en alta montaña.....	44
Vulnerabilidad y adaptación nivel nacional.....	47
Contexto local.....	49
Localización de la cuenca de Río Blanco -Caso piloto-.....	49
Descripción general de la cuenca del Río Blanco.....	52
Coberturas de la tierra en la cuenca del Río Blanco.....	53
Cambio de cobertura de la cuenca de Río Blanco 1950 – 2010.....	56
Capítulo 3. Análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la cuenca de Río Blanco.....	59
Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-.....	66
Servicios ecosistémicos y su relación con la EETA.....	68
Mantenimiento del recurso hídrico y la EETA.....	68

Capítulo 4. Sistemas productivos en la cuenca de Río Blanco.....	74
Caracterización y mapeo de los sistemas de producción.....	76
Actividades agroecológicas.....	81
Restauración Ecológica Participativa -REP-.....	86
Capitulo 5. Medidas de adaptación implementadas en la cuenca de Río Blanco.....	88
Acciones agroecológicas.....	89
Restauración Ecológica Participativa y los acuerdos locales.....	94
Objetivos de la Restauración Ecológica Participativa en la cuenca.....	95
Implementación de las cinco líneas del Plan de restauración ecológica participativa en la cuenca del Río Blanco.....	98
Resultados en la implementación de las acciones para el mejoramiento de los sistemas de producción en la cuenca de Río Blanco.....	103
Capítulo 6. Análisis de viabilidad financiera y análisis de ingresos de las medidas de adaptación en la cuenca de Río Blanco.....	105
Clasificación de los sistemas agroforestales.....	106
Limitaciones de los sistemas agroforestales.....	110
Principales elementos de la teoría económica de los sistemas agroforestales	112
1. Gestión de los objetivos en el sector agroforestal.....	112
2. Componentes retorno en el sector agroforestal.....	113
3. Razonamiento de inversión en el sector agroforestal.....	113
4. Valor Esperado -VE-.....	114

Análisis económico.....	118
Criterios de selección de los sistemas agroforestales	118
Descripción de las especies valoradas.....	122
Análisis costo–beneficio de los SAF	127
Valor estimado para los servicios ecosistémicos de bosques tropicales	128
Valor de la producción.....	130
Resultados de la valoración económica.....	131
Capítulo 7. Retos, recomendaciones y conclusiones.....	137
Conclusiones generales de la experiencia del componente B del INAP	138
Bibliografía.....	147
Anexo I.....	158

Introducción

Con la primera comunicación nacional¹ sobre cambio climático de 2001, en Colombia se evidenció que el cambio global está ocasionando múltiples alteraciones sobre el medio biofísico de zonas costeras, masas glaciares, suelos, coberturas vegetales y recurso hídrico, lo que incrementa la probabilidad de ocurrencia de amenazas como inundaciones, deshielo de masas glaciares, sequías, desertificación y degradación de suelos, incendios y deterioro en ecosistemas forestales, especialmente en zonas de alta montaña. Por este motivo, el IDEAM y Conservación Internacional Colombia suscribieron con el Banco Mundial el Acuerdo de donación de recursos provenientes del Fondo Mundial para el Medio Ambiente -GEF-, con el fin de beneficiar a la República de Colombia a través de la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional en la ejecución del Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático -INAP-.

El objetivo del INAP fue apoyar la definición e implementación de medidas piloto de adaptación específicas y proponer opciones de política para prever anticipadamente los impactos del Cambio Climático -CC- en ecosistemas de alta montaña, áreas insulares del caribe colombiano y salud humana (dengue y malaria). De acuerdo con el Acuerdo de Donación, a la ejecución del Componente B “Alta Montaña” le correspondió el “Diseño e implementación de un programa de adaptación que soporte el mantenimiento de los servicios ambientales en el Macizo de Chingaza”.

En el desarrollo de este componente, y a partir de un análisis de vulnerabilidades frente a los impactos del Cambio Climático Global -CCG-, desde 2007 y hasta mediados del 2011 se diseñó e implementó un programa de Adaptación en el Macizo de Chingaza, cuenca de Río Blanco. Este se enfocó en desarrollar cuatro medidas de adaptación, las cuales se sustentaron conceptualmente en la aplicación del enfoque ecosistémico y en la adaptación basada en ecosistemas, aplicando la metodología de Investigación Acción Participante -IAP-. Estos enfoques conceptuales y metodológicos tuvieron como objetivo lograr la participación y apropiación por parte de las comunidades de la cuenca de Río Blanco y las instituciones públicas y privadas que inciden en el ordenamiento territorial de los municipios de La Calera y Choachí, las cuales hacen parte de la cuenca en el Macizo de Chingaza.



1 IDEAM, 2001, p. 185.

Las medidas de adaptación implementadas se resumen así:

La primera medida de adaptación tuvo como objetivo la generación de información sobre CC para la planeación y manejo en el Macizo de Chingaza y el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas, incluido el potencial hidroeléctrico.

La segunda medida de adaptación tuvo como objetivo la reducción de los impactos adversos en la regulación hídrica de la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza, a partir de un análisis de los cambios de las coberturas de la tierra, sus vulnerabilidades y la definición de la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-, además de la formulación de un plan de restauración para las coberturas vegetales de alta montaña en la cuenca.

La tercera medida de adaptación tuvo como objetivo proponer modelos de planificación del uso de la tierra que incorporaran los impactos del CC. Dichos modelos de planificación fueron implementados con los municipios de La Calera y Choachí en el departamento de Cundinamarca.

La cuarta medida de adaptación buscó adaptar los agro-ecosistemas productivos en la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza a los impactos del CC. Este comenzó con la caracterización participativa de los sistemas de producción de la cuenca para estimar su vulnerabilidad a los impactos de CC y para buscar medidas que permitieran su adaptación a dichos impactos. De esta forma se implementaron de forma participativa experiencias de agroecología, agroforestería y planeación predial.

Con la experiencia y lecciones aprendidas en la implementación de las cuatro medidas de adaptación para el componente B “Alta Montaña” del INAP, se realiza el presente documento para brindar una herramienta que aumente la resiliencia y reduzca la vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña, los sistemas productivos de altura y las comunidades que se benefician de sus servicios a los impactos del CCG, a través de la implementación de acciones agroecológicas encaminadas hacia el establecimiento de sistemas agroforestales y procesos de Restauración Ecológica Participativa -REP-.

El documento tiene como objetivo específico presentar una herramienta que permita aumentar la resiliencia de los ecosistemas de alta montaña como páramos y bosques andinos. Para ello se propone implementar procesos de REP, realizar acciones agroecológicas encaminadas al mejoramiento de los sistemas productivos hacia sistemas agroforestales y/o silvopastoriles

como medidas de adaptación a los impactos del CCG y reducir la presión de la ampliación de la frontera agrícola hacia los ecosistemas de la alta montaña en Colombia.

El análisis tuvo en cuenta e incluyó la descripción del proceso técnico y metodológico realizado por el equipo de profesionales del proyecto INAP con el apoyo de la Corporación Suna Hisca para el caso de los sistemas productivos y con la firma EPAM E.S. E.S.P. para el levantamiento del mapa de coberturas y la definición del Plan de restauración ecológica participativa en la cuenca de Río Blanco.

Diseñar e implementar acciones agroecológicas encaminadas hacia el establecimiento de sistemas agroforestales y procesos de REP en las zonas de alta montaña, son consideradas medidas de adaptación por excelencia; dichas medidas, además de fortalecer y aumentar la resiliencia, reduciendo la vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña y de los sistemas productivos de altura, son opciones con sostenibilidad financiera para las comunidades locales y regionales.

Igualmente, la incorporación de estas actividades en los planes de desarrollo a nivel municipal y departamental, en armonía con los instrumentos de ordenamiento, permite aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad territorial a los impactos del CCG.

Los resultados y experiencias logrados en el contexto de la cuenca del Río Blanco en el Macizo de Chingaza se pueden extrapolar, ajustar y replicar en otros contextos de alta montaña en Colombia, teniendo en cuenta que 494 municipios presentan características similares. Estos municipios se encuentran en 23 departamentos, bajo la jurisdicción de 28 autoridades ambientales y sustentan una población de 26`400.000 personas que corresponden al 58% de la población nacional.

Este documento guía tiene como población objetivo las autoridades e instituciones del sector agrícola, pecuario, forestal, ambiental y académico de nivel nacional, regional y local, así como personas y entidades públicas y privadas interesadas en desarrollar procesos participativos orientados a contrarrestar los impactos del CC en alta montaña.

El documento se estructura en siete capítulos, en el primero se describe el marco conceptual del Enfoque Ecosistémico -EE-, la Adaptación basada en Ecosistemas -AbE-, los Servicios Ecosistémicos -SE-, los Sistemas Agroforestales -SAF- y la Restauración Ecológica Participativa -REP-.

En el segundo capítulo denominado “Alta montaña y sistemas productivos” se describe el contexto nacional de la alta montaña, los impactos del CC y su vulnerabilidad. Igualmente se presenta la alta montaña y sus ecosistemas en un contexto local en la cuenca de Río Blanco y se muestra su localización, la descripción general de la cuenca con sus coberturas de la tierra y el cambio que se ha presentado en el periodo 1050- 2010, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y pérdida de ecosistemas.

En el tercer capítulo, “Vulnerabilidad de la cuenca de Río Blanco”, se presenta la forma como se define la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-, su relación con los SE, los objetivos de conservación, el mantenimiento del recurso hídrico y, finalmente, se describe las categorías de la EETA desarrolladas en la cuenca de Río Blanco.

En el siguiente capítulo, “Sistemas productivos de la cuenca de Río Blanco”, se describe la caracterización y mapeo de los sistemas productivos y las actividades agroecológicas y de REP desarrolladas por el componente B del INAP.

En el quinto capítulo, “Medidas de adaptación implementadas en la cuenca de Río Blanco”, se muestran las acciones de agroecología implementadas y las cinco líneas contempladas en el Plan de restauración en la cuenca de Río Blanco con sus resultados.

En el sexto capítulo, “Análisis de viabilidad financiera y análisis de ingresos de los SAF en la cuenca de Río Blanco”, se incluye la clasificación de los SAF, sus limitaciones y principales elementos de la teoría económica para su análisis. Igualmente, se presenta un análisis económico con los criterios de selección de los SAF y la descripción de las especies valoradas (aliso y chachafruto). Finalmente se describe el análisis costo beneficio realizado con la descripción de variables, el valor estimado para los SE de bosques tropicales y los resultados de la valoración realizada.

En el último capítulo se identifican algunos retos, recomendaciones y conclusiones de esta experiencia.

Teniendo en cuenta que la definición de medidas de adaptación e implementación de acciones en agroecológica y REP son procesos ante todo participativos, este documento se publica en formato digital para ser divulgado ampliamente entre las diferentes autoridades, organizaciones y personas que inciden en el ordenamiento territorial de la alta montaña en Colombia.

Capítulo 1



Como cada uno de nosotros, cada ave, árbol, flor, cada gota de agua tienen razón de ser y de estar; al igual que cada uno de ellos, somos eslabones más en la entramada cadena de la vida.

Capítulo 1

Marco conceptual

El marco conceptual se basa en cuatro aspectos claves: el EE, el reconocimiento de los servicios que los ecosistemas prestan, la AbE y la participación, educación e investigación de actores locales y regionales durante el proceso.

Enfoque Ecosistémico -EE-

El EE es una estrategia desarrollada en el ámbito del Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas -CBD-, con el fin de promover la conservación y el uso sostenible de los recursos de la tierra, el agua y los seres vivos². Se fundamenta en una visión holística que busca articular la conservación de la biodiversidad y el desarrollo socio-económico, teniendo en cuenta aspectos sociales y culturales.

El EE reconoce que los seres humanos forman parte de los ecosistemas. La CBD (2000) entiende por ecosistema un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales, de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. Esta definición se refiere a cualquier



Arrayanes y pasturas, vereda El Volcán municipio de La Calera. 2011.

unidad de funcionamiento y a cualquier escala, determinada según el nivel de acción requerido para resolver un problema particular.

El EE incluye 12 principios de acción, los cuales son complementarios y están relacionados entre sí. Su adecuada implementación permite contar con una aproximación integrada de la gestión ecosistémica en el territorio y la construcción de resiliencia social y ecológica ante los impactos del CC³.

Adaptación Basada en Ecosistemas -AbE-

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático -IPCC- se refiere a la adaptación como: los “ajustes a los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos actuales o esperados del clima o sus efectos para moderar los daños o explotar las oportunidades benéficas”. En términos de la diversidad biológica, la adaptación exitosa es un ajuste que hace un ecosistema o comunidad a un ambiente nuevo o cambiante sin una simplificación, pérdida en su estructura, funciones y componentes”⁴.



3 Andrade, A. et al., 2011.

4 Convenio de Diversidad Biológica, Cuaderno Técnico N.º 25, 2006.



Cultivo de papa, vereda Quisquiza municipio de La Calera. 2011.

La Adaptación basada en Ecosistemas – AbE se fundamenta en una visión holística que busca articular la conservación de la biodiversidad y el desarrollo socio-económico, teniendo en cuenta aspectos sociales y culturales.



Cosecha de papa, vereda Quisquiza municipio de La Calera. 2011.

El manejo adaptativo es uno de los principios del EE y está orientado a responder a las cambiantes condiciones sociales y ecológicas. Se sustenta en el hecho que el cambio es inevitable y, por tanto, debe ser tenido en cuenta en cualquier acción de manejo ecosistémico. La AbE es un enfoque para construir resiliencia⁵ y reducir el riesgo en los ecosistemas, la biodiversidad y las comunidades locales. Tiene por objeto demostrar que soluciones naturales basadas en los ecosistemas pueden permitir abordar de forma más efectiva los impactos del CC, proporcionando beneficios de bienestar social y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad⁶. Se basa en el principio de que los ecosistemas “bien manejados” apoyan la adaptación a los impactos del CC, mediante el aumento de su resiliencia y la disminución de la vulnerabilidad de la población y su sustento.

La AbE se centra en las decisiones del hombre y la sociedad para construir resiliencia tanto de la comunidad como del territorio ante los inevitables efectos del CC. Hace especial énfasis en los servicios de los ecosistemas que ayudan a la sociedad a adaptarse.



- 5 En ecología de comunidades y ecosistemas, el término resiliencia indica la capacidad de absorber perturbaciones sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado. La resiliencia, desde un punto de vista social, es la capacidad que tiene una persona o un grupo de recuperarse frente a la adversidad para seguir proyectando el futuro. En ocasiones, las circunstancias difíciles o los traumas permiten desarrollar recursos que se encontraban latentes y que el individuo desconocía hasta el momento. http://es.wikipedia.org/wiki/Resiliencia_%28ecolog%C3%ADa%29.
- 6 Andrade, 2009.

Algunos de los aspectos principales de la AbE han sido propuestos así:

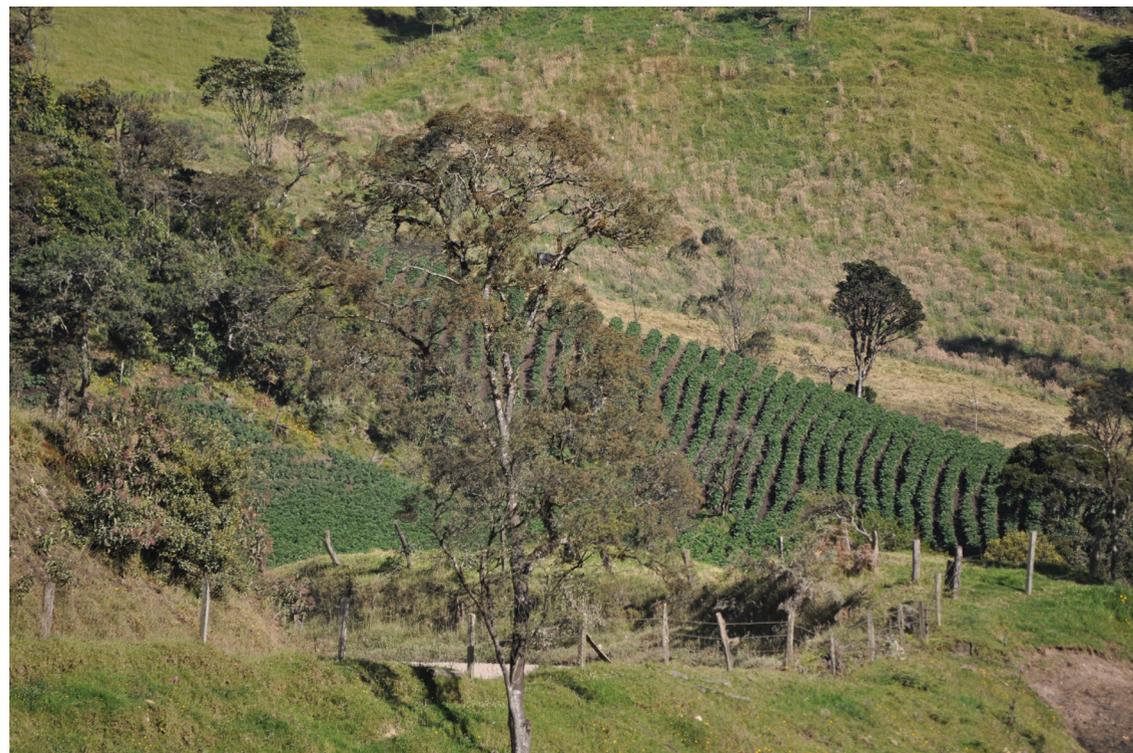
- Maneja de forma balanceada riesgos climáticos y no climáticos, aumentando la resiliencia y disminuyendo la vulnerabilidad.
- Permite enfrentar de manera más adecuada los efectos de la variabilidad y el CC.
- Es descentralizado al nivel de gestión más bajo. Se construye de abajo hacia arriba y se sustenta con la participación de las comunidades locales.
- Empodera a las comunidades locales, especialmente para enfrentar los impactos del CC.
- Propone soluciones integrales a la adaptación y asegura la participación de diferentes sectores y actores relevantes que intervienen tanto en la política como en la planificación.
- Evita acciones inapropiadas de la adaptación y tiene en cuenta el principio precautelador, evitando riesgos que puedan tener impactos negativos en los ecosistemas, derivados de la implementación de acciones no adaptativas.

A nivel ecológico esta aproximación se sustenta en el rol que representa la “infraestructura ecológica” o “natural” de los ecosistemas como base para abordar la adaptación, por ejemplo, la gestión a nivel de cuenca hidrográfica. Considera las relaciones espaciales y funcionales entre los ecosistemas y su articulación con ecosistemas adyacentes.


7 Andrade, 2009.

Se basa en el principio que los ecosistemas “bien manejados” apoyan la adaptación a los impactos del CC, mediante el aumento de su resiliencia y la disminución de la vulnerabilidad de la población y su sustento.

Uno de los ámbitos más relevantes en los cuales se puede aplicar la AbE es en el contexto de los Planes de Ordenamiento Territorial -POT- a nivel de los municipios. En este contexto se busca involucrar criterios de adaptación que contribuyan a reducir la vulnerabilidad de ecosistemas y poblaciones, mediante la introducción de acciones que tengan en cuenta entre otros: la gestión integral del agua, la rehabilitación o restauración de ecosistemas degradados, la conservación de ecosistemas en su estado natural, el establecimiento de conectividad entre áreas naturales y sus paisajes circundantes, la promoción de SAF y restauración ecológica de las coberturas vegetales para ampliar la capacidad de recuperación del ecosistema y sus servicios, el establecimiento de corredores riparios, el establecimiento de áreas protegidas a nivel local, la reducción de riesgos, el empoderamiento de comunidades locales y el desarrollo y fortalecimiento de instituciones locales que contribuyan a reducir la vulnerabilidad, entre otros⁸.



Cultivos de papa asociados a remanentes de bosque andino, vereda Quisquiza municipio de La Calera. 2011.



8 Andrade, 2009.

Servicios Ecosistémicos -SE-

Antes de clasificar o valorar es importante definir qué es un servicio ecosistémico. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio⁹ clasificó en 4 grupos los diferentes tipos de SE:

- **Suministro:** los productos de los ecosistemas, sean en forma de materia o energía, incluyen alimento, agua y otros productos.
- **Regulación:** son los servicios que los ecosistemas suministran al actuar como reguladores.
- **Hábitat o servicios de soporte:** constituyen la base de casi todos los demás servicios. Los ecosistemas suministran espacios vivos para plantas y animales, y también mantienen la diversidad de los mismos.
- **Servicios culturales:** incluyen los beneficios no materiales que la gente obtiene de su contacto con los ecosistemas, incluyen beneficios estéticos, espirituales y psicológicos, entre otros.

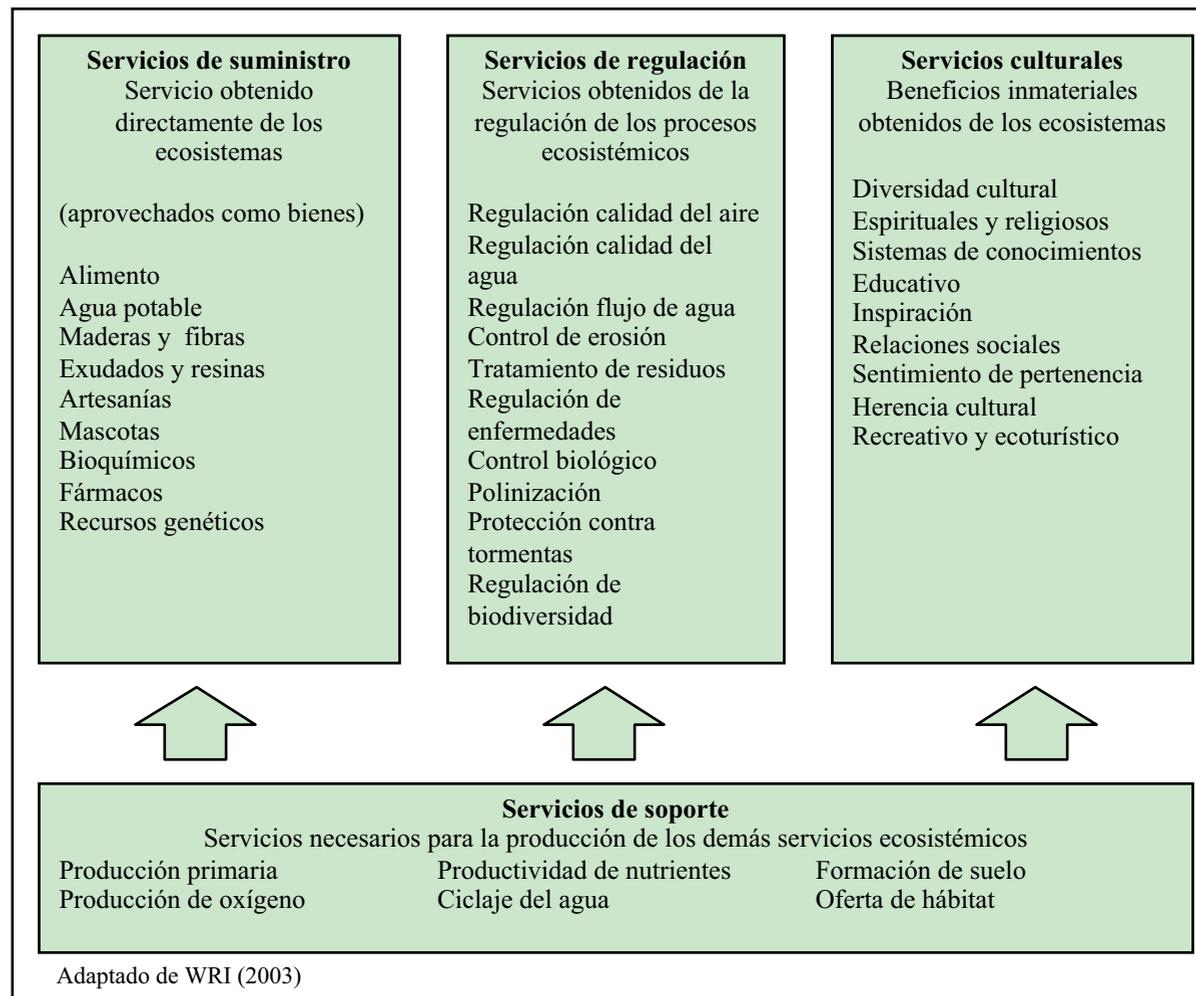


9 Millennium Ecosystem Assessment, 2005, disponible en: <http://www.maweb.org/en/Synthesis.aspx>.



Sendero ecoturístico en páramo, sector de Laguna Seca, Parque Nacional Natural Chingaza. 2010.

Figura 1. Servicios ecosistémicos



Fuente: Ortega P. *et al.*, 2010.

Sistemas Agroforestales -SAF-

La agroforestería es un área interdisciplinaria que incluye interacciones entre árboles, personas y agricultura¹⁰, manejando una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan la producción de cultivos con especies forestales y/o animales¹¹, de forma tal que sea posible demostrar una influencia ecológica mutua¹². Sus diferentes componentes interactúan bio-económicamente en zonas o mezclados, tanto en ecosistemas frágiles como estables, a escala de campo agrícola, finca o región, usados para subsistencia o comercialización¹³ en función del tiempo y el espacio sobre la misma superficie de terreno, ya sea de forma simultánea o secuencial¹⁴. Este sistema presentan los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, ingresos y egresos, interacciones, relación jerárquica con la organización de la finca y una dinámica Montagnini¹⁵.

Los SAF se establecen con el fin de optimizar la producción total por unidad de superficie, aumentando su rendimiento



- 10 Sinclair, 2004; Kass, 1992.
- 11 Iglesias, 1999; ICRAF, 1983.
- 12 Maydell, 1984.
- 13 Anon, 1982; Stocking *et al.*, 1990.
- 14 Nair, 1993; Sotomayor, 1990.
- 15 Montagnini *et al.*, 1992.



Salud y seguridad alimentaria, prioridad de la producción agroecológica. 2010.

total, basado en la combinación de la producción de egresos múltiples con la protección de la base de recursos, respetando así el principio de rendimiento sostenible¹⁶ y aplicando prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas socioculturales de la población local y que deben servir para mejorar las condiciones de la región¹⁷.

Sotomayor (2008) recalca que los SAF favorecen una cierta armonía entre la actividad del hombre y las fuerzas naturales de la sucesión, dado que son una forma de utilizar la tierra bajo el principio de uso múltiple, en forma integral, satisfaciendo las necesidades humanas.

Desde el punto de vista socio-económico, el uso de prácticas agroforestales puede proveer diversos beneficios, dado que los componentes arbóreos y su biodiversidad intrínseca cumplen un sinnúmero de objetivos tales como: producción de madera, combustible, follaje, alimentos, medicinas, artesanías, gomas, resinas y fibras. De esta forma se genera la posibilidad de disminuir los riesgos económicos con base en la diversificación de la producción y la creación de nuevos puestos de trabajo en tareas de viveros, recolección y propagación de especies, siembras, mantenimiento de áreas, mejoramiento estético y recreacional etc.

Ayensu (1981) comenta que ciertos productos forestales como leña y carbón pueden tornarse importantes en regiones que antes no lo eran, debido a las crisis energéticas que ha causado cambios en los patrones tradicionales de energía, haciendo que el cultivo de árboles asociados a pastos o a otra planta se torne de mayor interés. Por otra lado, gran parte del desarrollo industrial global está fundamentado en la petroquímica, pero debido al costo creciente del petróleo parte del consumo ahora tiende a orientarse hacia el uso de la biomasa y de los productos naturales de origen vegetal¹⁸.

La agroforestería es un área interdisciplinaria que incluye interacciones entre árboles, personas y agricultura, manejando una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan la producción de cultivos con especies forestales y/o animales, de forma tal que sea posible demostrar una influencia ecológica mutua.

16 Iglesias, 1999; Budowski, 1984; Kass, 1992.

17 ICRAF, 1983; Anon, 1982.

18 Plotkin, 1980.

Uno de estos casos es el uso de fertilizantes nitrogenados, que ha generado la necesidad de emplear plantas con capacidad de fijar nitrógeno como fuente de este importante elemento para reducir costos de mantenimiento de diversos cultivos¹⁹.

Otro motor que ha llevado a impulsar la creación de modelos forestales alternativos es el interés de que los pequeños productores agrícolas enfrenten sus necesidades en forma compatible con su identidad cultural, su sistema de vida y con la conservación de los recursos naturales. Esta medida busca que las familias de agricultores permanezcan en el campo, dado que son el elemento central del desarrollo rural, y evitar la migración a la ciudad, situación que se presenta no sólo en Colombia sino en otros países como Chile²⁰.

19 Fournier, 1980.
20 Sotomayor, 2008.

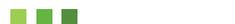


Hembra y juvenil de venado coliblanco, sector de Palacio, Parque Nacional Natural Chingaza. 2009.



En general, los sistemas agroforestales favorecen el mantenimiento de los SE (figura 2) por medio de: **1.** El mantenimiento de la fertilidad del suelo/reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes; **2.** La conservación del agua (cantidad y calidad), al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua; **3.** La captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles, y **4.** La conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados²¹.

Desde el punto de vista biológico, las técnicas agroforestales permiten combinar especies con requisitos ambientales diferentes para mejorar el aprovechamiento de la energía radiante, utilizando tanto el espacio vertical como horizontal. Debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas y cultivos con diferentes requerimientos de luz, protegiendo al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan al trópico²².



21 Beer et al., 2003.

22 Iglesias, 1999.

Habitante de la vereda Chatasugá recolectando hojas de achira para la elaboración de envueltos, municipio de Choachí. 2010

Además, el hecho de aumentar la diversidad del sistema hace que este se asemeje más a las condiciones naturales del bosque. El suelo se aprovecha mejor favoreciendo los ciclos biogeoquímicos con el uso de plantas con capacidad de absorber nutrientes y con raíces que penetren a diferentes profundidades en el perfil del suelo²³.

El mejoramiento del suelo en SAF está vinculado al crecimiento de los árboles fijadores de nitrógeno o de árboles/arbustos de raíces profundas, que aumentan la disponibilidad de los nutrientes a través de la fijación biológica, reciclaje de nutrientes desde capas profundas hacia la superficie del suelo (especialmente en zonas secas) y acumulación de materia orgánica en el suelo²⁴.

Los árboles en los SAF influyen en el ciclo del agua al incrementar la intercepción de la lluvia y de nubes (goteo debido a la condensación al chocar las nubes con la vegetación) y al modificar la transpiración y la retención del agua en el suelo, reduciendo así la escorrentía e incrementando la infiltración. Además, pueden reciclar los nutrientes en forma conservadora, previniendo su pérdida por lixiviación²⁵ y evitando que la escorrentía superficial (conteniendo sustancias contaminantes) llegue a los cursos de agua, lo que reduce la contaminación



Intercambio de experiencias entre las comunidades de la cuenca de Río Blanco y visitantes nacionales del Perú y Bolivia. 2011.



23 Fournier, 1980.

24 Beer, 1988; Rao *et al.*, 1998.

25 Imbach *et al.*, 1989.

Los SAF proveen hábitat y recursos para especies de plantas y animales, manteniendo la conectividad en el paisaje y reduciendo los procesos de fragmentación, lo que facilita el movimiento de animales, semillas y polen. Esto permite reducir los efectos de bordes en los fragmentos forestales remanentes, además de amortiguar áreas protegidas³⁰.

de las aguas freáticas por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente y la salud humana. Con la reducción de la escorrentía y lixiviación, las microcuencas con buena cobertura del suelo (forestal o de SAF) producen agua de alta calidad²⁶.

Un servicio ecosistémico de los SAF es el secuestro de carbono (C) en suelos y biomasa leñosa sobre y bajo suelo. Por ejemplo, actualmente el manejo ganadero tradicional involucra monocultivos de pastos, los cuales se degradan aproximadamente cinco años después de ser establecidos, liberando cantidades significativas de C a la atmósfera.

Si los sistemas agroforestales y silvopastoriles están bien manejados pueden mejorar la productividad total²⁷ y además secuestrar C²⁸. Esta cantidad de C fijado en los sistemas variará según las especies de árbol/ arbusto seleccionado, la densidad y la distribución espacial de los organismos, y la tolerancia de las especies herbáceas a la sombra²⁹.

Los SAF proveen hábitat y recursos para especies de plantas y animales, manteniendo la conectividad en el paisaje y reduciendo los procesos de fragmentación, lo que facilita el movimiento de animales, semillas y polen. Esto permite reducir los efectos de bordes en los fragmentos forestales remanentes, además de amortiguar áreas protegidas³⁰.



- 26 Stadtmüller, 1994; Fournier, 1981.
- 27 Bustamante *et al.*, 1998; Bolívar *et al.*, 1999.
- 28 Andrade, 1999; López *et al.*, 1999.
- 29 Nyberg & Hogberg, 1995; Jackson & Ash, 1998.
- 30 Schroth *et al.*, en imprenta.

Restauración Ecológica Participativa -REP-

Restaurar ecológicamente un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido es el proceso de asistir la sucesión vegetal hasta alcanzar nuevamente la estructura y función del ecosistema, utilizando como marco de referencia el ecosistema original o predisturbio y la teoría ecológica³¹. De forma general, los principios de la restauración ecológica de ecosistemas terrestres son los mismos que los de la sucesión ecológica, a partir de la dinámica sucesional intrínseca de la comunidad vegetal. La sucesión vegetal es la tendencia de las comunidades de plantas a cambiar a través del tiempo, involucrando reemplazo de especies, cambios en la estructura de las poblaciones y variación en la disponibilidad de recursos tales como luz y nutrientes entre otros³².

La regeneración natural es la mejor y más rápida estrategia de restauración ecológica para ambientes que no sufren daños irreversibles en



31 SER, 2004.

32 Krebs 1985; Luken, 1990; Sorzano, 2001; Barrera y Ríos, 2002; Vargas, 2002; Meli, 2003; Vargas et al., 2007a; Vargas et al., 2007b.



Venado Rojo, *Mazama americana*, habitante de los bosques andinos, vereda El Cerro municipio de La Calera. 2010.

Para la consecución de los objetivos de la restauración ecológica es necesaria la intervención y designación de estrategias que aceleren y direccionen el proceso natural de regeneración vegetal.

el suelo y en la biota. Sin embargo, en la mayoría de los sitios afectados por diversos disturbios existen barreras o factores que limitan y retardan la velocidad del proceso sucesional y que están muy influenciados por aspectos de tipo físico (poca disponibilidad de agua y luz, compactación del suelo, presencia de fuego), químico (baja fertilidad o exceso de compuestos tóxicos en el suelo) y biológico (poca capacidad de dispersión, alta predación de semillas, defoliación por insectos, competencia con especies oportunistas o invasoras). Estos factores afectan la velocidad de recuperación de la vegetación en mayor o menor medida de acuerdo con la intensidad, magnitud, duración y frecuencia del disturbio previo³³.

Ejemplo de ello se presenta cuando áreas utilizadas en agricultura y ganadería intensiva son abandonadas, el proceso de sucesión actúa dirigiendo la regeneración natural, pero generalmente especies invasoras colonizan impidiendo la germinación del banco de semillas e inhibiendo la estabilización de plántulas³⁴, esto hace que el proceso sucesional no responda a la escala temporal a la que suelen plantearse los objetivos de la restauración ecológica, haciendo necesario la intervención del ecosistema.

Uno de los factores que afecta con mayor frecuencia la regeneración natural es la disponibilidad de semillas, debido principalmente a que en muchos sitios disturbados la densidad de semillas de especies arbóreas es baja, la llegada de nuevas semillas es limitada y la predación es alta y tiene severas consecuencias sobre los bancos de semillas³⁵. Otros



33 Guariguata, 2000; Barrera y Ríos, 2002; Meli, 2003; Varga *et al.*, 2007c.

34 Quintana-Ascencio *et al.*, 1996; Grime, 1989; Sorzano, 2001.

35 Wijdeven & Kuzze, 2000; Vargas *et al.*, 2007a; Vargas *et al.*, 2007b; Cardona y Vargas, 2004.

factores limitantes pueden ser la corta viabilidad de las semillas, que según estudios afecta a la mayoría de las especies tropicales; la predación y herbívora, llegándose a registrar en pastizales un porcentaje de predación de más del 80%; la deficiencia en las condiciones edáficas, relacionada con la ausencia de micorrizas, escasez de nutrientes y compactación del suelo; la matriz de pastos en áreas dedicadas a la ganadería, la cual se comporta como una barrera de tipo físico que impiden la incorporación de semillas al suelo, además de afectar la supervivencia y crecimiento de las plántulas emergentes al competir por nutrientes, agua y luz, y las condiciones extremas del clima, como la mayor incidencia de los periodos de sequía a consecuencia del CC³⁶.

Por otro lado, la extinción de especies tanto de fauna como de flora es un factor que incide negativamente en la recuperación de un ecosistema, siendo en este sentido más fácil recuperar la estructura que la composición de los ecosistemas fuertemente disturbados³⁷. Esta puede ser una limitante importante, por lo cual los objetivos de la restauración están dirigidos no solamente a la recuperación de la estructura del bosque, sino también hacia la composición del mismo³⁸.

Por consiguiente, para la consecución de los objetivos de la restauración ecológica es necesaria la intervención y designación de estrategias que aceleren y direccionen el proceso natural de regeneración vegetal. Con este fin se han desarrollado estrategias de intervención tales como: la instalación de estructuras que funcionan como perchas para aves dispersoras, la



36 Zimmerman *et al.*, 2000; Holl, 1999; Holl *et al.*, 2000; Wijdeven y Kuzze, 2000; Meli, 2003.

37 Aide *et al.*, 2000; Vargas *et al.*, 2007a.

38 Holl *et al.*, 2000; Wijdeven y Kuzze, 2000.



Reconocimiento del territorio y visita a lugares de interés cultural por parte de las comunidades de la cuenca de Río Blanco en el marco del Festival de la Cuenca "Cambio Climático-Cambio Cultural". 2010.

siembra de plántulas de árboles pioneros nativos, la utilización de parches remanentes de vegetación como núcleos de regeneración y el manejo del banco de semillas germinable como precursor del establecimientos de especies pioneras³⁹.

La definición de las estrategias y técnicas que se emplean en un proceso de restauración ecológica, así como los objetivos del mismo dependerán en gran medida de la intensidad del disturbio a escala del paisaje, del nivel de degradación del ecosistema (figura 2) y de la deseada celeridad del proceso de restauración ecológica⁴⁰.

Vargas (2007a) propone trece pasos fundamentales a tener en cuenta en un proceso de restauración ecológica (figura 3), los cuales no necesariamente se deben desarrollar en un orden determinado, sino que su desarrollo depende de las particularidades del sitio, las escalas y los objetivos, que para el caso de la cuenca de Río Blanco fueron el aumento de la resiliencia de los ecosistemas alto andinos y el mantenimiento de sus SE. Uno de los pasos importantes para la restauración ecológica es la selección de las especies “claves”, entendidas como aquellas que por evolución se han adaptado a cierto tipo de ambiente, desarrollando una serie de Rasgos de Historia de Vida -RHV-, con los cuales son capaces de modificar ese ambiente. La razón por la cual una planta es capaz de crear nuevas condiciones de acuerdo a los cambios en su entorno, depende de sus RHV vida físicos, morfológicos y de dispersión⁴¹.

En programas de restauración ecológica se aprovechan los RHV de las especies claves para iniciar o acelerar el proceso de sucesión, dado que generalmente las especies adaptadas a ambientes con frecuentes disturbios, naturales o antrópicos, desarrollan ciertos RHV que ayudan en la recuperación de la vegetación de áreas disturbadas⁴².



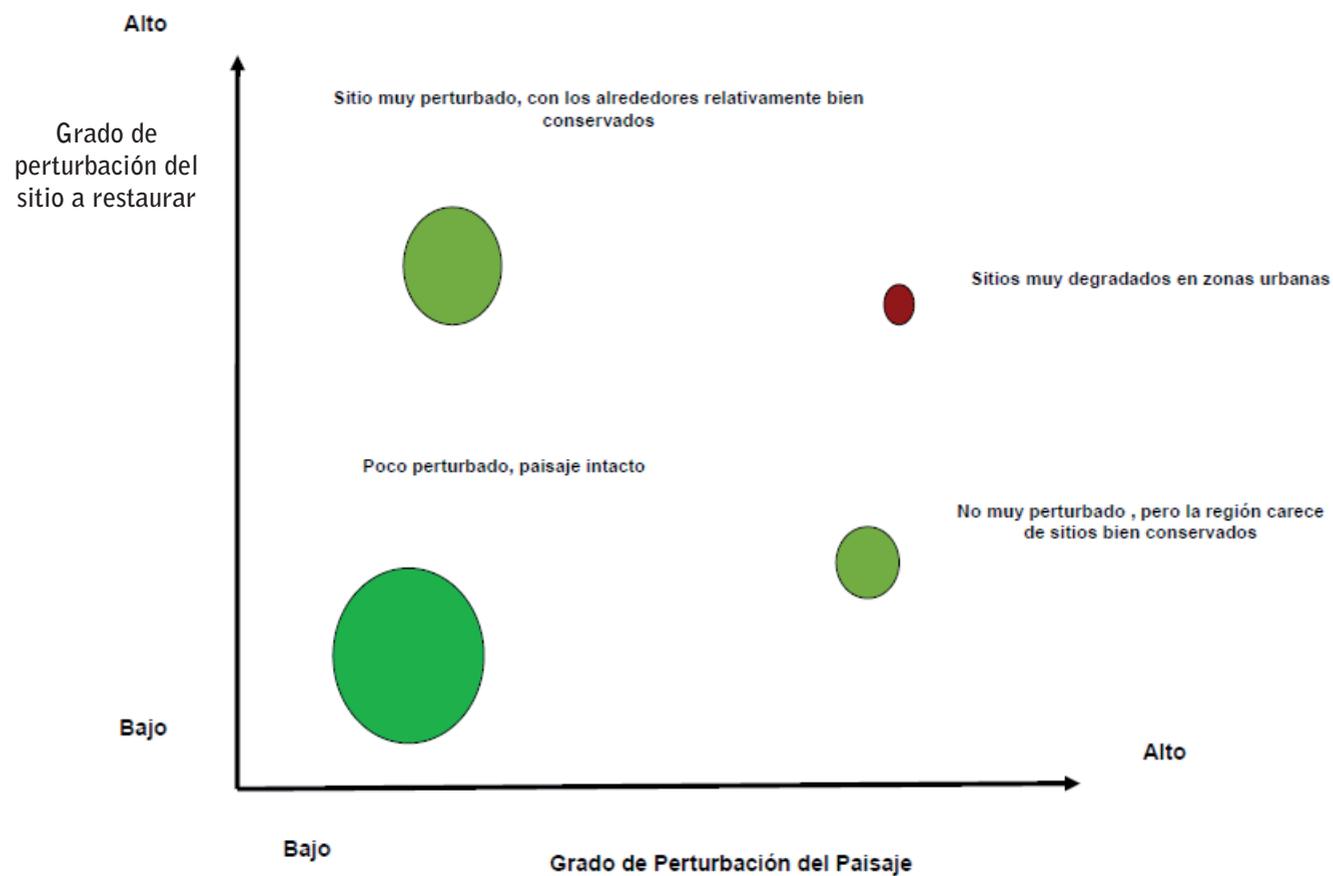
39 Zimmerman *et al.*, 2000; Holl *et al.*, 2000, Wijdeven y Kuzze, 2000; Vargas *et al.*, 2007a; Cardona y Vargas, 2011.

40 Aide *et al.*, 2000; Barrera y Ríos, 2000; Meli, 2003; Vargas *et al.*, 2007a.

41 Rosenthal, 2003.

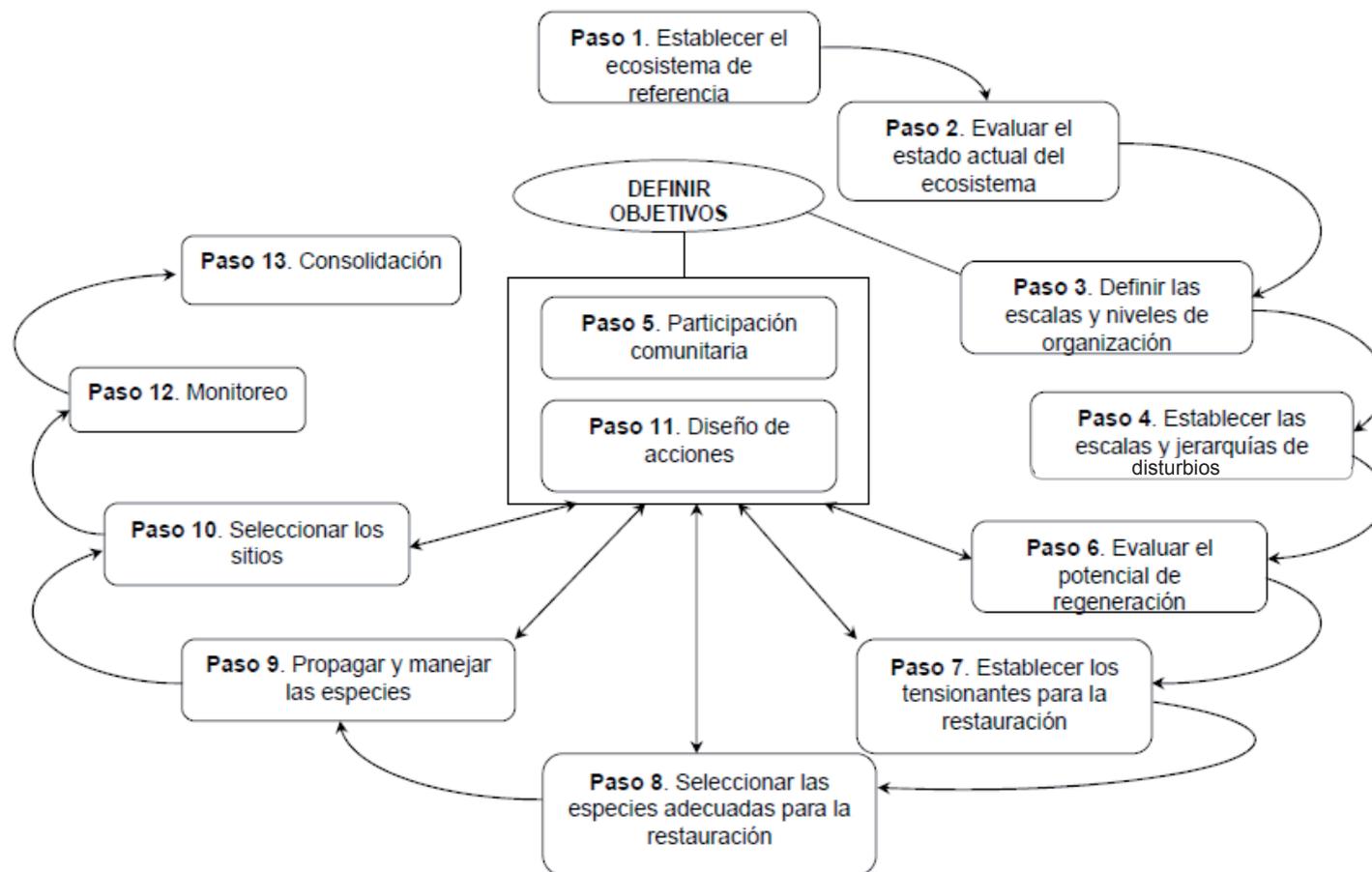
42 Holl *et al.*, 2000; Florentine & Westbrooke, 2004; Goosem & Tucker, 1995; Vargas *et al.*, 2007a; Cardona *et al.*, 2007; Cardona, 2007.

Figura 2. Relación entre el nivel de degradación del sitio a restaurar y el grado de perturbación del paisaje o ecosistema



Fuente: Vargas *et al.*, 2007a.

Figura 3. Pasos fundamentales para el desarrollo de un programa de restauración ecológica



Fuente: Vargas *et al.*, 2007a.

Los aspectos dentro de los cuales generalmente se evalúan los RHV son: la forma de vida, la fenología, la regeneración, la biología de la semilla, la asociación ambiental y la vegetación asociada. El nivel de importancia de estas habilidades se relaciona con la etapa de restauración o el estado de la sucesión del ecosistema; es así como la habilidad de colonización es muy importante al inicio de la restauración, pero a medida que avanza la sucesión, la habilidad competitiva y el poder de establecimiento se hacen más importantes⁴³. En ecosistemas de montaña andinos, diversos estudios han establecido una serie de especies claves para la restauración ecológica, indicando aproximadamente unas doscientas especies con diversos RHV de importancia para los primeros estadios de la restauración⁴⁴, las cuales, por sus características adaptativas y de colonización, pueden llegar a ser menos vulnerables a los impactos del CC.

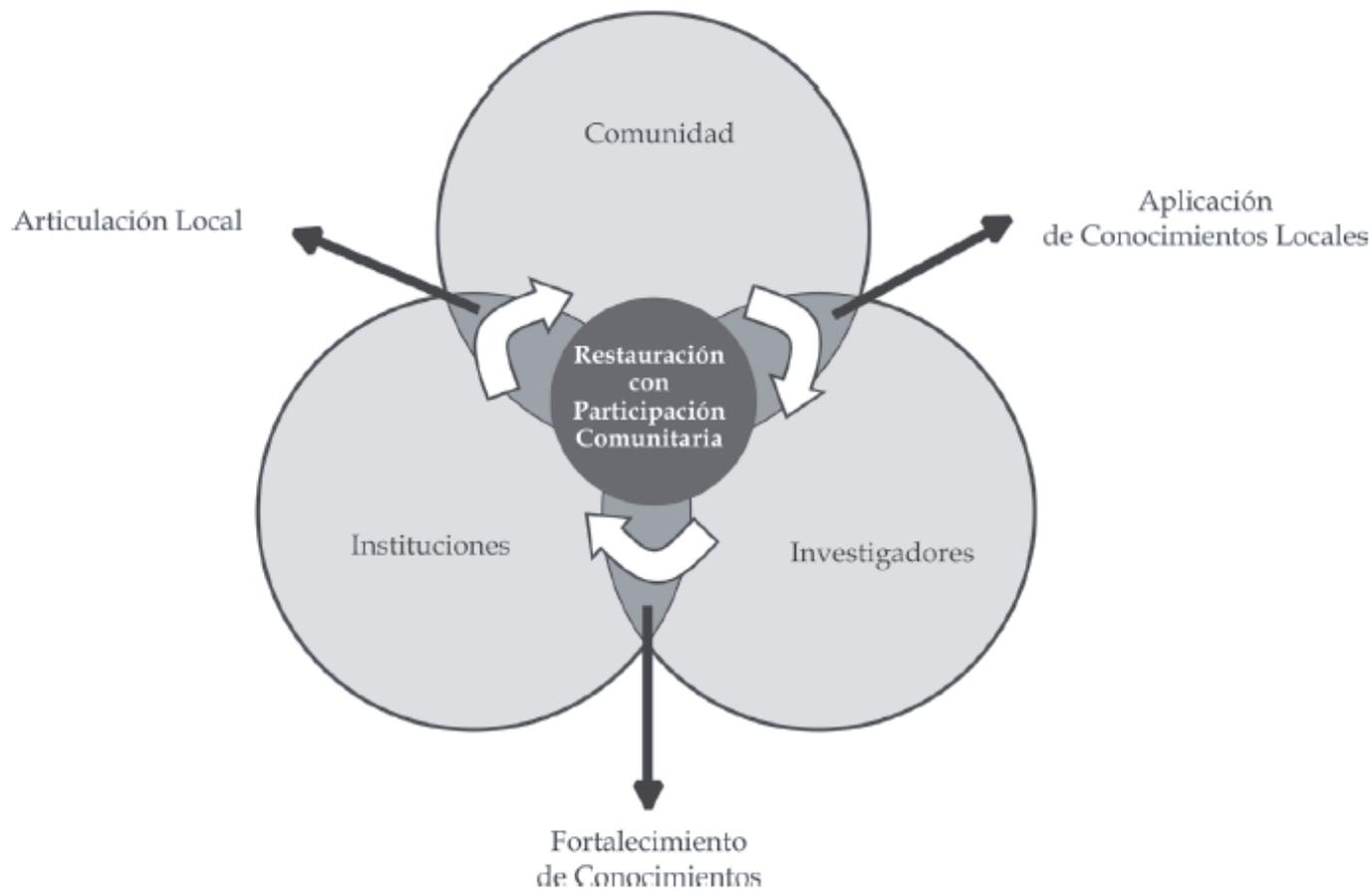
La participación comunitaria es importante e imprescindible para el éxito de la restauración ecológica y es uno de los pasos centrales del proceso, tal como lo indica Vargas y sus colaboradores (2007a) (figura 3). Vincular a las comunidades locales en los procesos de determinación de especies, propagación e implementación de estrategias, además de fortalecer el sentido de pertenencia del territorio y el sentido de apropiación del ecosistema y sus recursos, puede garantizar que una restauración continúe en el tiempo y se puedan replicar en otros sitios (figura 4). El énfasis que se le da a este paso en los diferentes proyectos de restauración es lo que le otorga la connotación de participativa a la restauración ecológica, haciéndola más accesible a las comunidades y fácilmente replicable.

El concepto de REP surge a nivel nacional de la estrategia desarrollada por la Unidad de Parques Nacionales Naturales⁴⁵, con el fin de generar propuestas estratégicas de acción participativa que permitan la disminución gradual de la presión antrópica y de las amenazas, evitando la fragmentación de los ecosistemas y propendiendo por la restauración ecológica de las zonas degradadas dentro de las áreas protegidas.



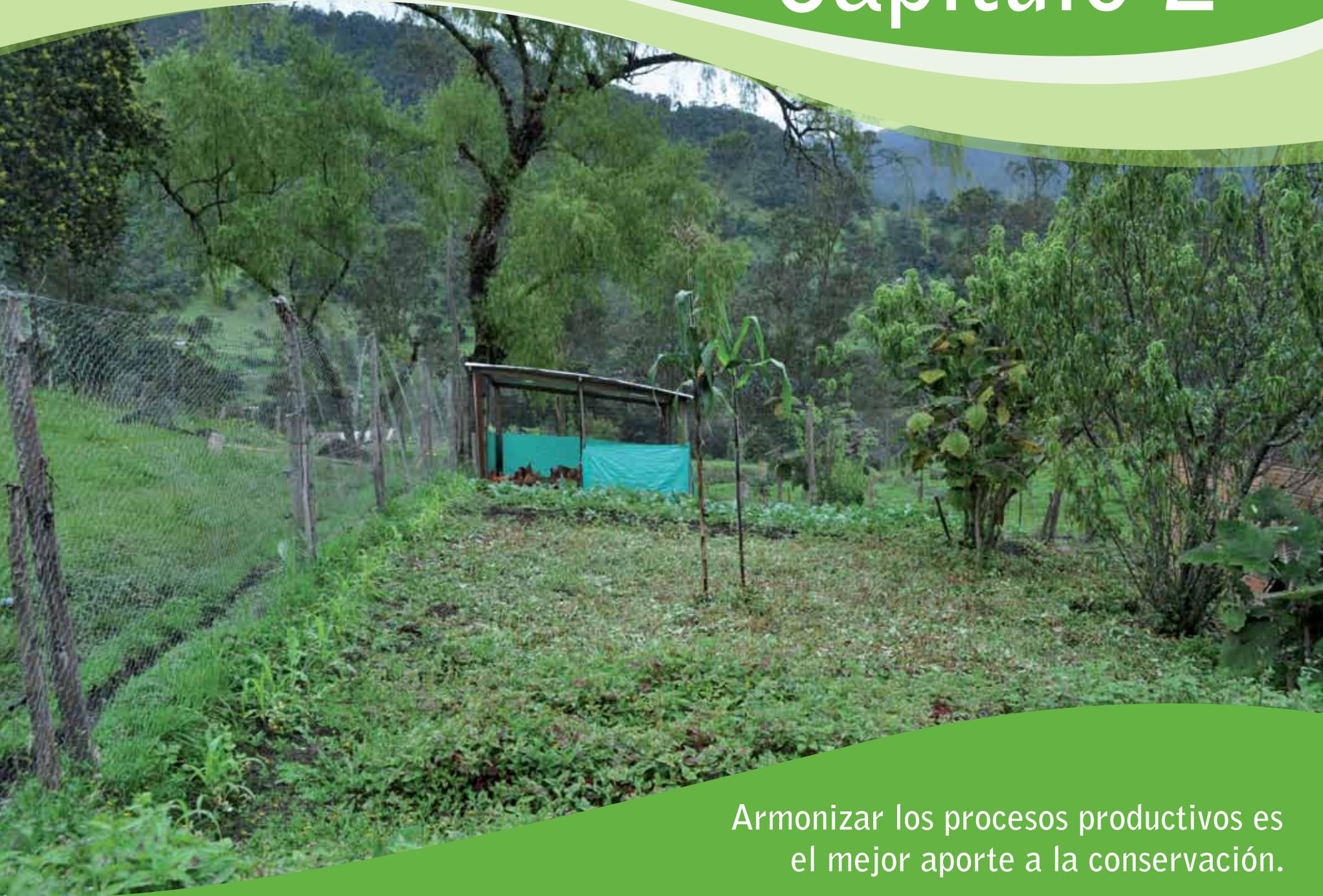
- 43 Pywell *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2004; Florentine & Westbrooke, 2004.
44 DAMA, 2003; Romero & Vargas, 2005; Cardona *et al.*, 2007; Jarro, 2005.
45 Camargo, 2007.

Figura 4. Relación entre comunidad y actores en procesos de restauración ecológica participativa



Fuente: Cano y Zamudio, 2007.

Capítulo 2



Armonizar los procesos productivos es el mejor aporte a la conservación.

Capítulo 2

Alta montaña y sistemas productivos en la cuenca de Río Blanco

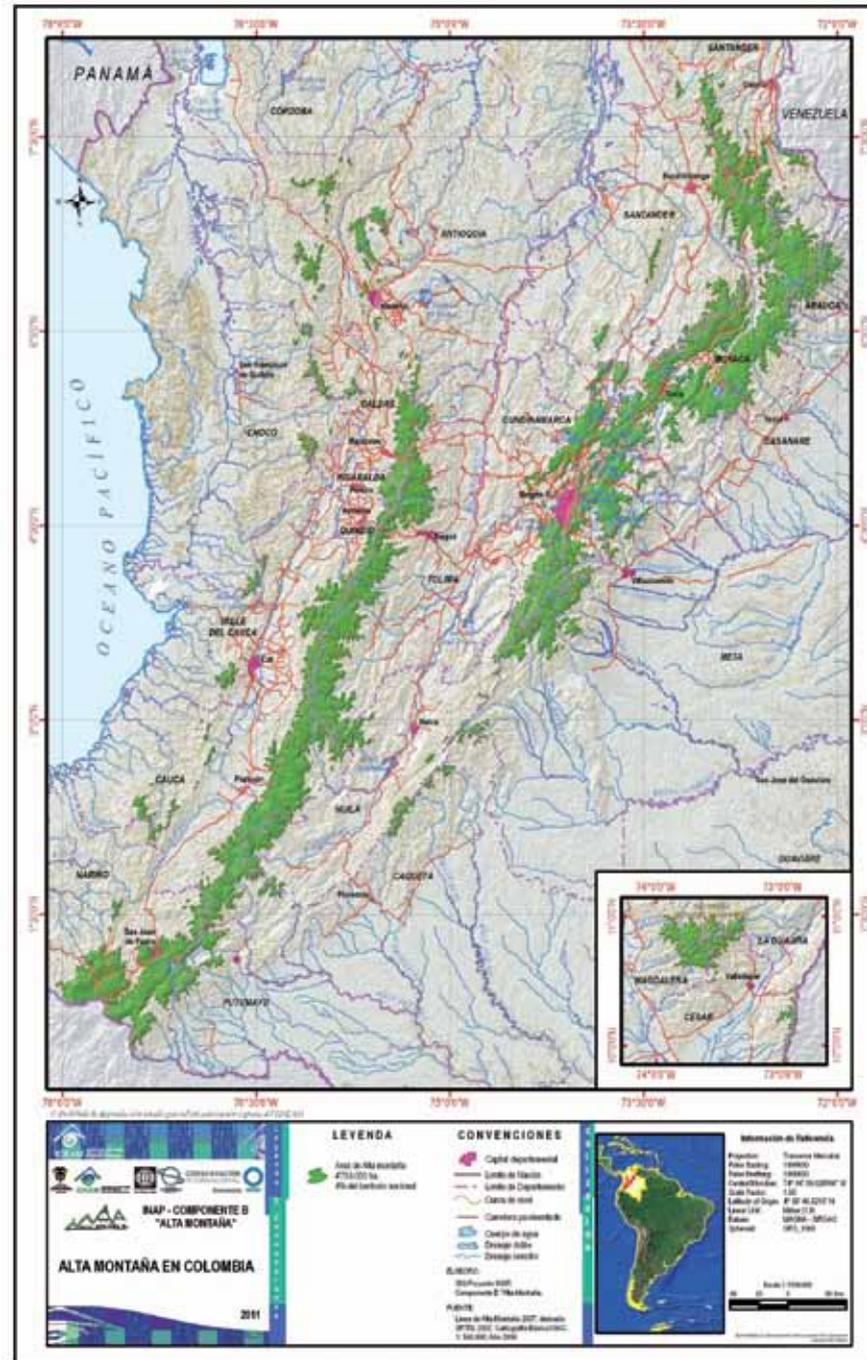
Contexto nacional de la alta montaña

El área de alta montaña en Colombia está localizada a lo largo de las tres cordilleras Oriental, Central y Occidental que atraviesan el territorio nacional de suroccidente a nororiente; también se encuentra en el sistema montañoso aislado de la Sierra Nevada de Santa Marta, como se muestra en el siguiente mapa.



Primer plano huerta con cultivo de *Lupinus sp*, al fondo población de Mundo Nuevo municipio de La Calera. 2011.

Mapa 1. Ecosistemas de alta montaña en Colombia



Para el caso colombiano, en algunas de las culminaciones altitudinales de las montañas se encuentran los pisos bioclimáticos glacial (nieves perpetuas, zonas nevadas o nivales), páramo y alto-andino, los cuales coinciden aproximadamente con los pisos morfogénicos de la alta montaña: glaciar, periglaciar, modelado glaciar heredado y montaña alto-andina inestable.

Thomas Van der Hammen definió el área que enmarca los páramos de Colombia como *alta montaña* y sugirió como límite inferior la curva de nivel de 2.800 msnm. Dentro de la cartografía disponible en 2002 se contaba con la Carta Digital del Mundo a escala 1:1'000.000; la cota más aproximada a la definición de alta montaña era la de 9.000 pies, correspondiente a 2.740 msnm. Por esta razón el componente B del INAP tomó esta curva como límite inferior del área de estudio, la cual cubre una extensión aproximada de 4'210.000 hectáreas, cerca del 3,7% de la superficie continental del país⁴⁶.

En cuanto a la división política, de los 32 departamentos de Colombia, 23 contienen ecosistemas de alta montaña y dentro de la misma se encuentran 3 capitales departamentales, Bogotá D.C., Tunja y San Juan de Pasto, y 41 cabeceras municipales: Boyacá 18, Nariño 14 y Cundinamarca 5; las otras 4, en 4 departamentos diferentes.



Bosque alto andino quebrada La Canal, cuenca de Río Blanco. 2010.

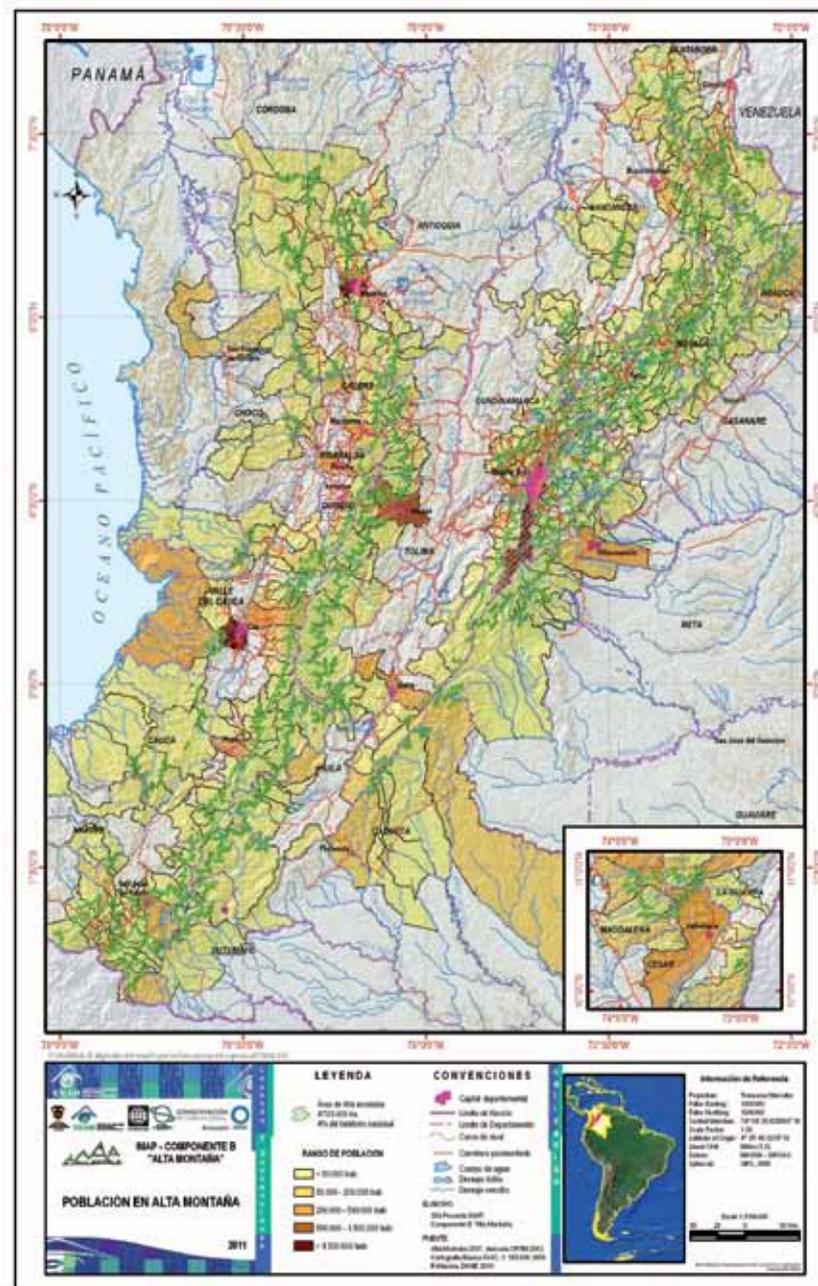
Son 494 los municipios con jurisdicción en alta montaña distribuidos en los 23 departamentos, mencionados anteriormente, que se presentan así: Boyacá (104), Cundinamarca (73) y Antioquia (49) los de mayor aporte, y Magdalena (4) y Arauca (2) los de menor.

Teniendo en cuenta que la población total del territorio nacional es de 45'508.205 habitantes, 26'404.972 habitantes están ubicados o tienen injerencia sobre las zonas de alta montaña, es decir el 58% de la población colombiana. Estas personas dependen de los servicios ambientales que nos brindan los ecosistemas de alta montaña y están distribuidas así: Bogotá D.C. con el 27,9%, Antioquia con 14,6% y Valle del Cauca con 13,3%, los cuales suman el 55,8% del total de la población con influencia en alta montaña en Colombia.



Humedal y páramo en las inmediaciones del río La Playa, Parque Nacional Natural Chingaza. 2011.

Mapa 3. Población en alta montaña



» Cambio climático en alta montaña

El calentamiento global hace referencia al aumento de la temperatura media global y el CC se refiere a la modificación de los promedios de las variables climatológicas (temperatura y humedad del aire, precipitación, vientos, frecuencia de fenómenos meteorológicos) en diferentes regiones del planeta. Por ejemplo, el ascenso del nivel del mar no es un fenómeno del CC, sino producto del calentamiento global. En la actualidad se está presentando un calentamiento global como resultado de la suma de los procesos del sistema climático natural y de la intervención humana⁴⁷; este calentamiento provocará un CC que será más marcado con el transcurrir del siglo XXI⁴⁸.

Con la primera comunicación nacional, presentada en 2001, se evidenció que el cambio global va a ocasionar múltiples alteraciones sobre el medio biofísico de zonas costeras, masas glaciares, suelos, coberturas vegetales y el recurso hídrico, lo que incrementará la probabilidad de ocurrencia de amenazas como inundaciones, deshielo de masas glaciares, sequías, desertificación y degradación de los suelos e incendios y deterioros en los ecosistemas forestales, especialmente en las zonas de alta montaña⁴⁹.

El calentamiento del sistema climático es una realidad, evidenciado principalmente en los incrementos en la temperatura promedio global del aire y del océano, en el derretimiento de la nieve glacial y del hielo en los polos, y en el aumento en el nivel del mar⁵⁰.

47 IPCC, 2007.

48 MAVDT, 2008, p. 8.

49 IDEAM, 2001, p. 185.

50 IDEAM, 2010, p. 202.



Detalle del cogollo de frailejones afectados por orugas y hongos. 2009.



Frailejones afectados por orugas y hongos. 3.200 msnm quebrada Calostros, Parque Nacional Natural Chingaza. 2009.

Según un análisis realizado por el IDEAM con alrededor de 600 estaciones en el país, usando la serie comprendida entre 1971 a 2000, se encontró para la lluvia una tendencia lineal negativa, la cual se traduce en una reducción de las precipitaciones en amplios sectores de la zona andina, sur de la región del Pacífico y piedemonte llanero de la Orinoquia. Asimismo, se obtuvo una tendencia lineal positiva que se refleja en el incremento de las precipitaciones de la zona Caribe, resto de la región del Pacífico y la Amazonia colombiana⁵¹.

Teniendo en cuenta los escenarios de CC elaborados por el IDEAM en el marco del proyecto INAP – Componente A, se estimó que en la zona andina:

- La precipitación para el periodo 2071–2100 disminuirá entre el 10 y 30% en los escenarios optimista (A2) y pesimista (B2).

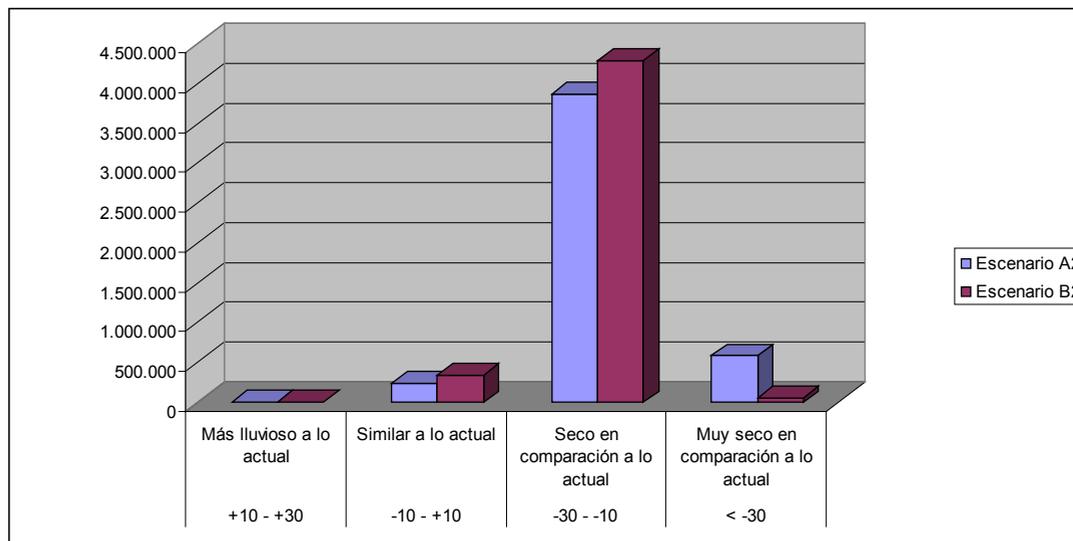


Gráfico 1. Precipitación 2071–2100

El calentamiento global –CG– hace referencia al aumento de la temperatura media global y el Cambio Climático –CC– se refiere a la modificación de los promedios de las variables climatológicas (temperatura y humedad del aire, precipitación, vientos, frecuencia de fenómenos meteorológicos) en diferentes regiones del planeta.

- La temperatura para el periodo 2071–2100 aumentará entre 2 y 4 °C en los escenarios optimista (A2) y pesimista (B2).

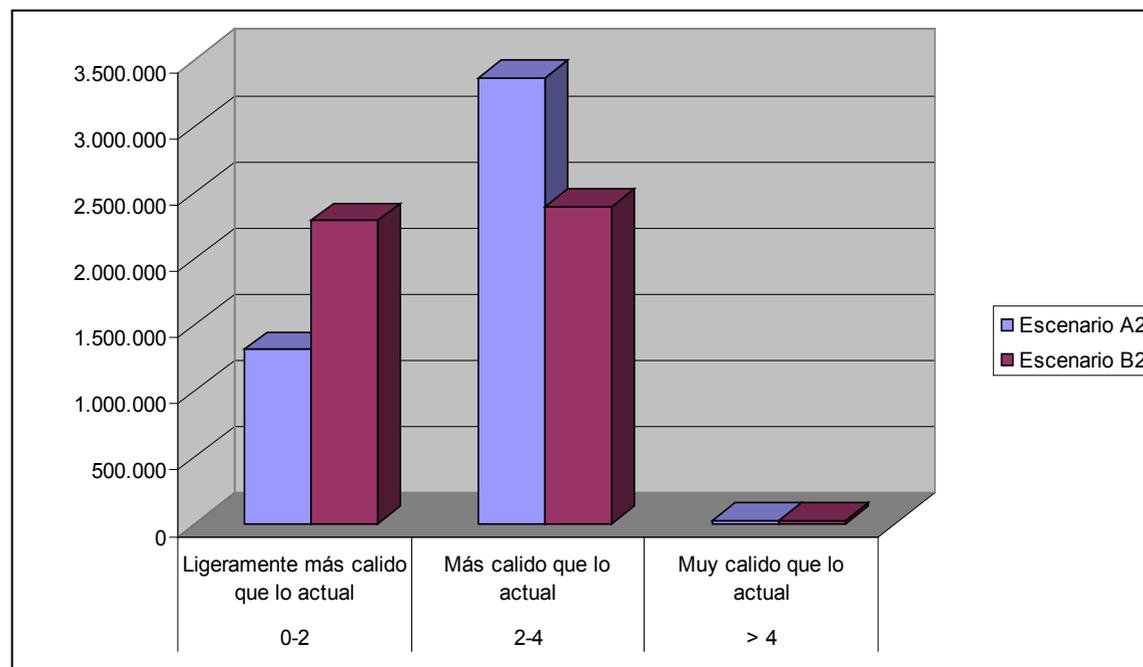


Gráfico 2. Temperatura 2071-2100

Como resultado del análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgos realizado por el IDEAM en el marco de la 2.ª Comunicación Nacional, se identificó que el Orobioma Alto Andino, al cual pertenece cerca del 85% de la alta montaña, es de los sectores que mayor prioridad de conservación presenta por los siguientes motivos:

46

- Los impactos potenciales del cambio de temperatura muy alto y alto que se podrían dar en estos ecosistemas para el periodo 2011 a 2070 cubren más del 70% del Orobioma Alto Andino. Tales impactos potenciales, analizados en función de los bienes y servicios ambientales prestados a la mayor concentración de la población y a los sistemas

productivos que dependen de él, representan importantes consecuencias, máxime si se tiene en cuenta la presión por el avance de la frontera agrícola con la sobre utilización y la conversión de los ecosistemas naturales en campos de cultivo y pastoreo.

- En el Orobioma Alto Andino se encuentran grandes extensiones de bosque natural y arbustales que cumplen una importante función en la regulación de la escorrentía; estos estarían significativamente comprometidos con altos y muy altos impactos.

Teniendo en cuenta el alto y muy alto impacto potencial del aumento de temperatura y cambio en la precipitación que se espera sobre estos ecosistemas, junto con las demandas y deterioros conocidos por los sistemas tradicionales de explotación agropecuaria, es prioritario tener en cuenta la conservación del Orobioma Alto Andino que representa ecosistemas estratégicos como los bosques alto andinos y los páramos y permitir adelantar las medidas necesarias para su protección y restauración, evitando que se presenten deterioros significativos en dichos ecosistemas y los servicios ambientales asociados a ellos.

» Vulnerabilidad y adaptación nivel nacional

Teniendo en cuenta los diferentes estudios sobre CC y sus potenciales efectos sobre las poblaciones y los ecosistemas de alta montaña en Colombia, podemos afirmar que dichos ecosistemas se encuentran en una alta o muy alta vulnerabilidad a los impactos del CCG.



Niño expresando conocimientos tradicionales en el marco del Festival de la cuenca de Río Blanco "Cambio Climático-Cambio Cultural". 2010.

Entre las amenazas más frecuentes encontramos: el aumento de los eventos extremos como granizadas, heladas, sequías, cambio en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, aumento de temperatura y de la humedad relativa. Dichas amenazas, provocarán el aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones y los ecosistemas a fenómenos naturales como por ejemplo “El Niño” y “La Niña”, pérdida de biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas, afectación en la salud humana y disminución de la regulación hídrica, entre otros.

Hoy sabemos que el clima de alta montaña va de templado seco a extremadamente frío húmedo, predominando el clima muy frío seco; en el caso en que precipitación disminuya y la temperatura aumente, según los escenarios tendenciales, se presentará un cambio en los regímenes climáticos de la alta montaña. Dicho cambio generará amenazas sobre los sistemas productivos y en general impactará a todo el territorio.

Entre las amenazas más frecuentes encontramos: el aumento de los eventos extremos como granizadas, heladas, sequías, cambio en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, aumento de temperatura y de la humedad relativa. Dichas amenazas, provocarán el aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones y los ecosistemas a fenómenos naturales como por ejemplo “El Niño” y “La Niña”, pérdida de biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas, afectación en la salud humana y disminución de la regulación hídrica, entre otros.

Los ecosistemas de alta montaña como los bosques alto andinos, páramos y humedales se reducirán en extensión, las especies podrán ascender en altitud variando su patrón de distribución, los humedales tenderán a la desecación por el aumento de la evaporación del agua y la disminución de la extensión de los glaciares que, al retroceder, propiciarán deshielos, avalanchas, inundaciones y disminución del caudal hídrico. Estos cambios aumentarán dada la presión de actividades humanas cada vez más alta⁵².

Teniendo en cuenta el alto y muy alto impacto potencial del CCG que se espera sobre estos ecosistemas y su alta vulnerabilidad, resulta pertinente el diseño e implementación de medidas de adaptación como el establecimiento de SAF y la restauración ecológica de las coberturas



52 MAVDT, 2008, pp. 17 a 18.

vegetales que permitan mitigar dichos impactos, aumentando la resiliencia de las poblaciones y los ecosistemas en la alta montaña de Colombia.

Contexto local

» Localización de la cuenca de Río Blanco -Caso piloto-

La cuenca hidrográfica de Río Blanco hace parte del sistema hidrográfico del Orinoco. Tiene influencia muy marcada del clima predominante en los Llanos Orientales y la Amazonia, a pesar de encontrarse muy cerca de Bogotá. Esta cuenca hace parte del Parque Nacional Natural Chingaza, el río nace en el Alto de Buitrago y desemboca en el Río Negro, el cual es afluente del Río Guayuriba.

Un porcentaje del agua de la cuenca hidrográfica de Río Blanco es utilizado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EEAB- para abastecer el acueducto de la ciudad de Bogotá D.C.

La cuenca de Río Blanco tiene un área total de 40.528 ha, el río nace en la vereda Trinidad San Francisco en el municipio de Guasca (Cundinamarca) a la altura de 3.600 msnm. Del área total de la cuenca, 24.272 ha, es decir el 60%, corresponde a alta montaña por encontrarse por encima de los 2.740 msnm, el resto del área está por debajo de esta altura, en total 16.256 ha (el 40%). Los municipios con jurisdicción en la cuenca pertenecen al departamento de Cundinamarca y son: Choachí con el 54%, La Calera con el 31%, Guasca con el 14% y Fómeque con el 1%. Vale mencionar que el municipio de Choachí se encuentra totalmente dentro de la cuenca, al igual que el 40% del área del municipio de La Calera.

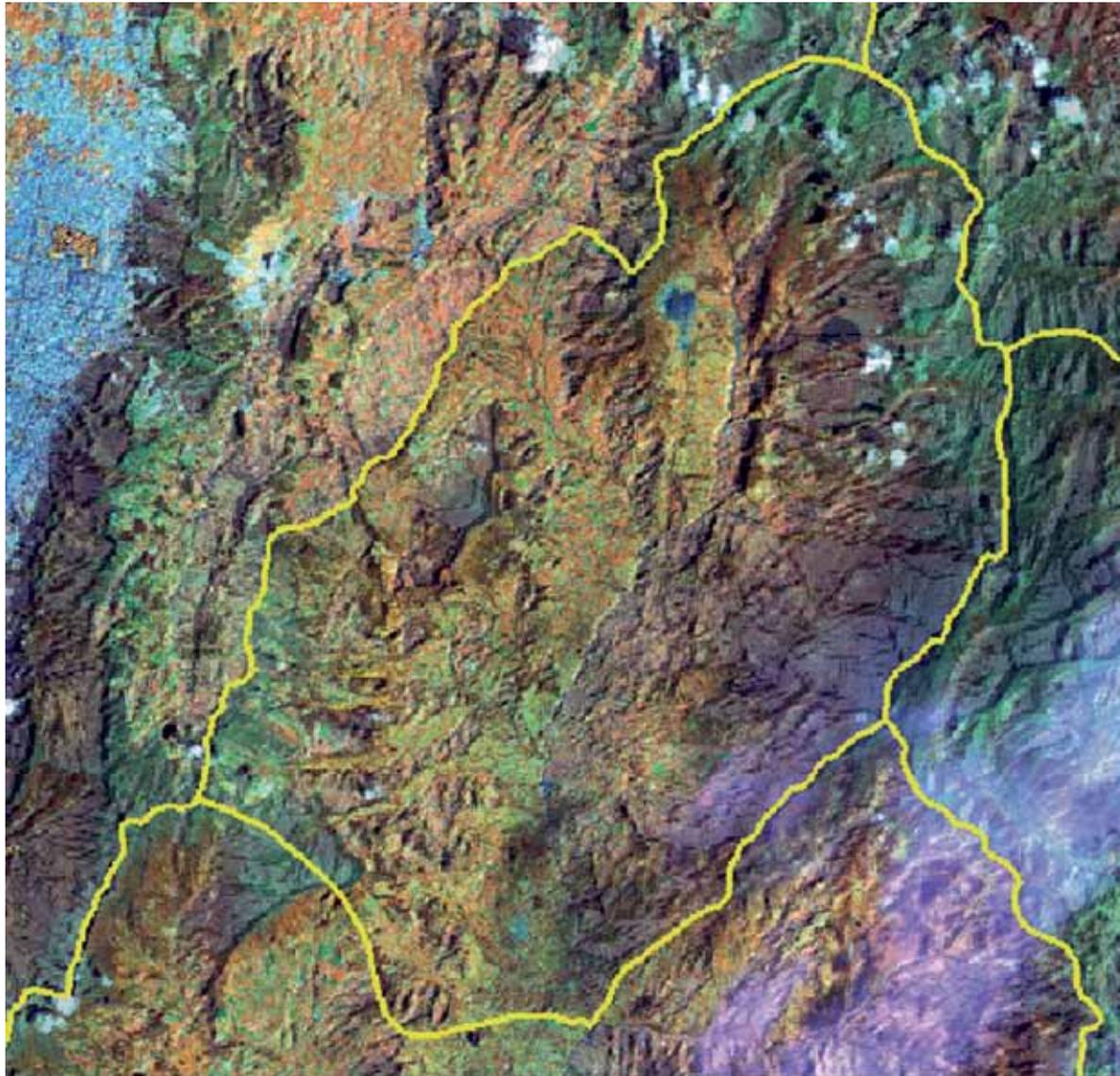


Águila de páramo, Parque Nacional Natural Chingaza.

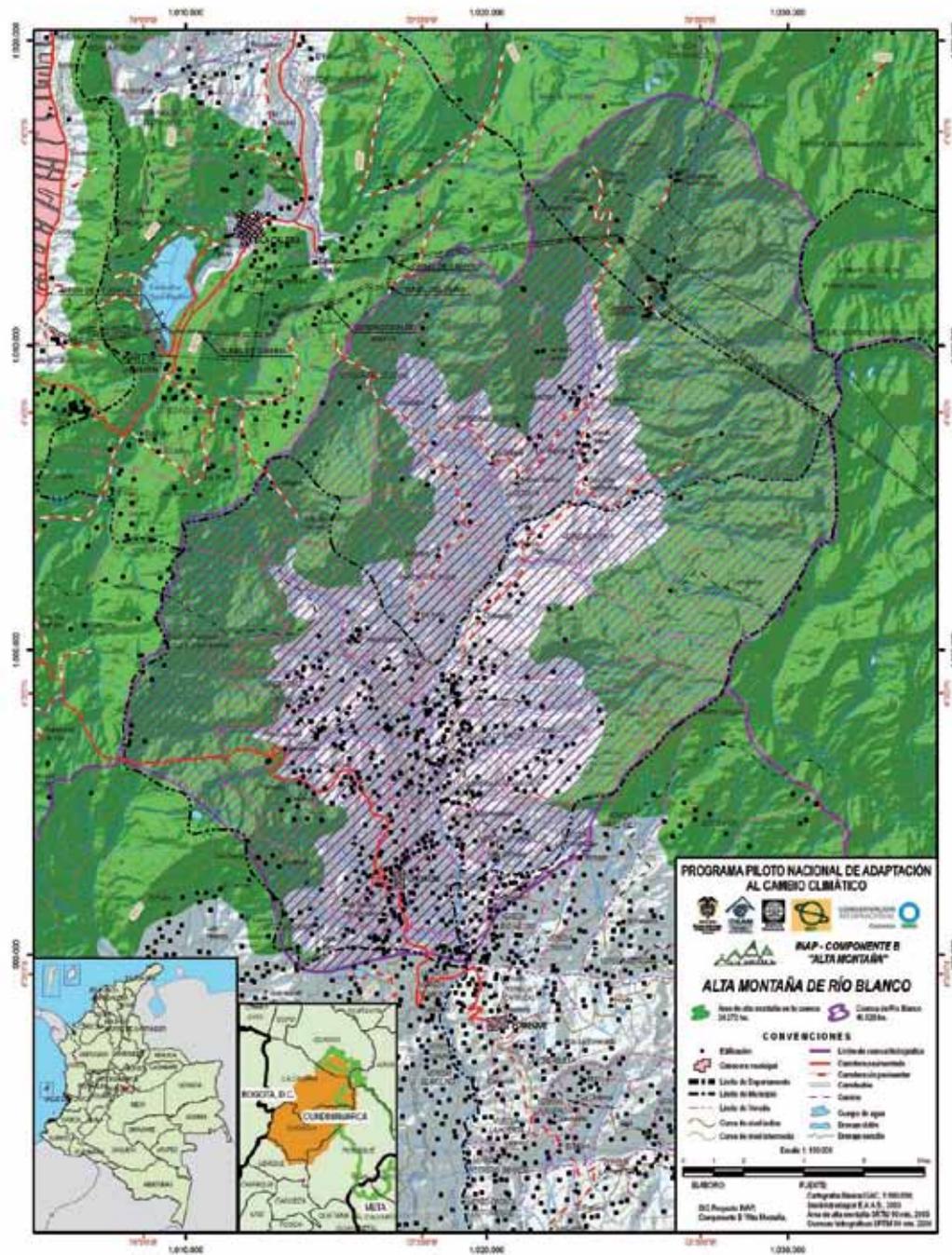


Panorámica cuenca de Río Blanco municipios de Choachí y La Calera. 2011.

Mapa 4 . Cuenca de Río Blanco



Mapa 5. Alta montaña cuenca de Río Blanco



» Descripción general de la cuenca del Río Blanco

La cuenca del Río Blanco tributa sus aguas a la vertiente del río Orinoco; con un área de 40.446 ha se localiza entre los municipios de Guasca, Choachí y La Calera, en un rango altitudinal que va desde los 1.550 a los 3.800 msnm.

La temperatura media anual en la cuenca varía entre los 18 °C en la parte baja y 4,5 °C en la parte más alta, lo que determina la presencia de cuatro pisos bioclimáticos⁵³:

- Clima templado del piso subandino: localizado por debajo de los 2.300-2.500 msnm, con temperatura media anual superior a 13-14 °C.
- Clima frío del piso andino: localizado entre 2.300-2.500 y 3.300-3.550 msnm, con temperaturas medias anuales entre 7-9 y 13-14 °C aproximadamente.
- Clima muy frío del piso altoandino: localizado entre 3.300-3.550 y 3.650-3.900 msnm, con temperaturas medias anuales entre 5-6 °C y 7-9 °C aproximadamente.
- Clima de páramo: se encuentra por encima de 3.650-3.900 msnm, con temperaturas medias anuales inferiores a 5-6 °C aproximadamente.



...en la cuenca la cobertura predominante es actualmente la de pastos limpios (12.065 ha). Esto muestra que la cuenca presenta una fuerte producción ganadera con el 30% del total, seguido por bosque fragmentado con vegetación secundaria de prisere andino (4.427 ha) y arbustal denso andino (4.268 ha) con esto se refleja la recuperación natural debido a la influencia de las comunidades e instituciones como el PNN Chingaza y EAAB, esto significa una recuperación del 22% de la cuenca por las dos coberturas nombradas.

El régimen de precipitación dominante en la cuenca de Río Blanco es monomodal, con un período de lluvias que va de abril a octubre y un período seco o de menos lluvias entre noviembre y marzo, según los datos de las estaciones de Mundo Nuevo y Laguna Seca. Debido a su ubicación la cuenca se encuentra expuesta al efecto de los vientos húmedos procedentes de las llanuras orientales, originando que su clima sea un poco más húmedo y que la precipitación disminuya a medida que se desciende en la cuenca, alcanzando en el sector de Choachí sus valores más bajos, cercanos a 1.200 mm, a diferencia de los sectores altos cercanos a la divisoria de aguas, donde la precipitación media anual alcanza 1.736 mm⁵⁴.

» Coberturas de la tierra en la cuenca del Río Blanco

La identificación de coberturas de la tierra se elaboró según la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia⁵⁵, y se realizó una leyenda para la escala 1:25.000 con énfasis en la sucesión ecológica del paisaje.

El insumo utilizado para la espacialización de las coberturas fueron mosaicos de fotografías aéreas de 2007 y se verificó en campo mediante recorridos y parcelas, lo que permitió obtener las coberturas de la tierra para la cuenca de Río Blanco actualizadas al año 2010. Adicionalmente, para conocer la evolución de las mismas se realizaron mosaicos de



54 EPAM, 2010b.

55 IDEAM, IGAC, SINCHI, IAvA, UAESPNN y Cormagdalena, Capa Nacional de Cobertura de la Tierra Línea Base 2000-2002, Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia escala 1:100.000.



aerofotografías para cada una de las décadas comprendidas entre los años 1950 y 2000.

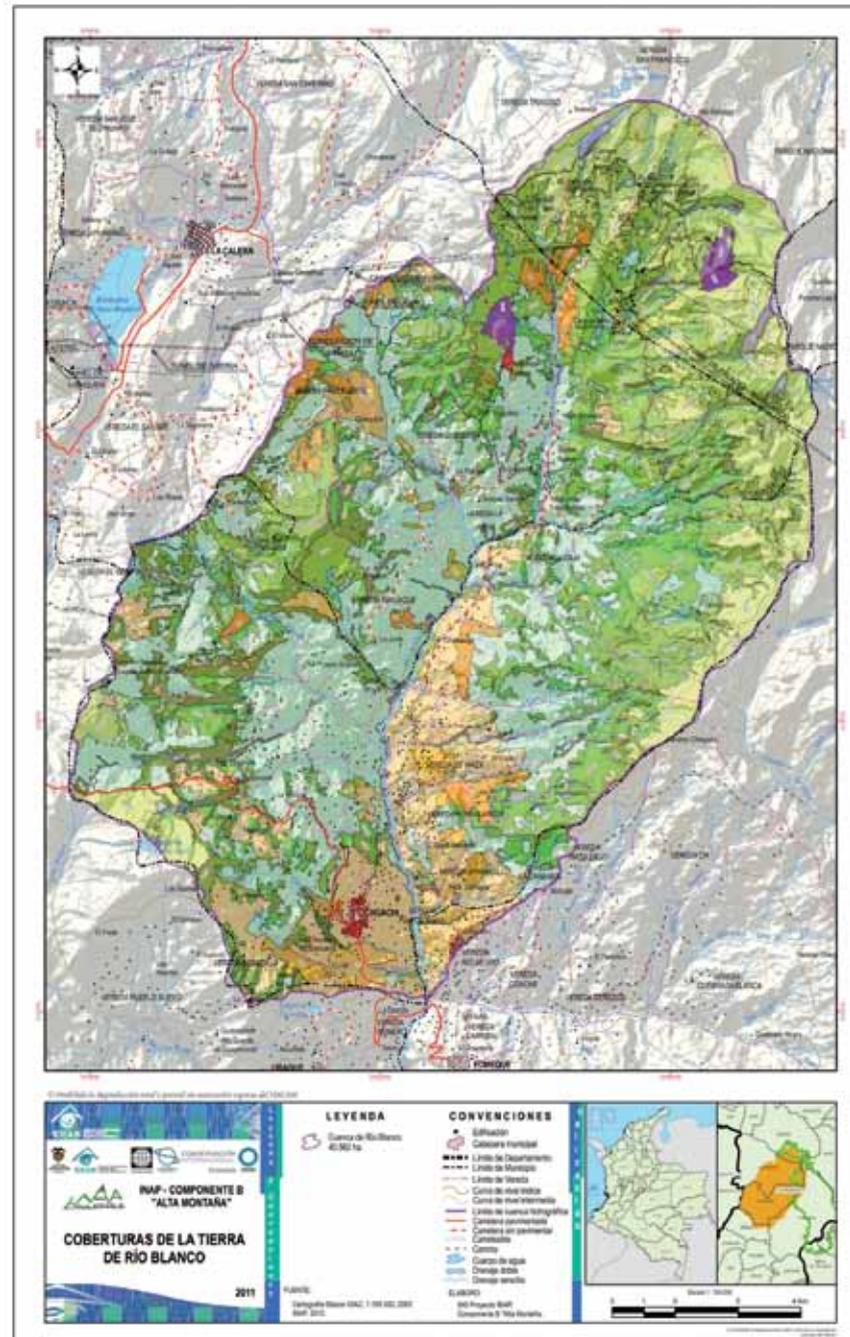
Dicha identificación de coberturas permitió conocer que en la cuenca la cobertura predominante es actualmente la de pastos limpios (12.065 ha). Esto muestra que la cuenca presenta una fuerte producción ganadera con el 30% del total; seguido por bosque fragmentado con vegetación secundaria de prisere andino (4.427 ha) y arbustal denso andino (4.268 ha), con lo que se refleja la recuperación natural debido a la influencia de las comunidades e instituciones como el PNN Chingaza y EAAB, esto significa una recuperación del 22% de la cuenca por las dos coberturas nombradas.



Arriba. Páramo y bosque alto andino sector Vista Hermosa, cuenca de Río Blanco. 2010

Abajo. Potreros ganaderos y transformación de paramos y bosques andinos, cuenca de Río Blanco. 2010.

Mapa 6. Coberturas de la tierra Río Blanco 2007



» Cambio de cobertura de la cuenca de Río Blanco 1950 – 2010

Luego de obtener el mapa de coberturas de la tierra actualizado a 2010 y con el objetivo de conocer su evolución, con especial interés en la ampliación de la frontera agrícola y la transformación del paisaje en la cuenca de Río Blanco, se realizó un análisis del cambio de coberturas de la tierra en la cuenca por medio de mosaicos de aerofotografías para cada una de las décadas comprendidas entre los años 1950 y 2000, con lo cual se obtuvo finalmente el mapa de cambio de mayor extremo 1950–2010.

Los diferentes cambios de cobertura se analizaron en función a los SE, específicamente: la transformación de coberturas con componentes arbóreos y la transformación y degradación de tierras por las diferentes actividades antrópicas. Para esto, las coberturas se clasificaron por componentes: espacios naturales, bosques, cultivos, tierras degradadas y espacios antrópicos. Los cambios de cobertura se clasificaron en: pérdida bosques, pérdida espacios naturales, ganancia bosques, ganancia espacios naturales y estable (tabla 1).



Procesos de restauración ecológica participativa, cuenca de Río Blanco. 2010.

Tabla 1. Transformación de coberturas en la cuenca de Río Blanco 1950-2010

Tipo cambio	Área ha	%
Pérdida bosques	2.512	27
Pérdida espacios naturales naturales	2.554	27
Ganancia bosques	2.696	28
Ganancia espacios naturales	900	10
Estable	799	8
Total cambios	9.461	100

Los resultados muestran que la cuenca se ha transformado a nivel de coberturas de la tierra en un 23% (9.461 ha), donde el 27% de los cambios es sobre coberturas boscosas y el 28% presenta una recuperación de bosques, especialmente en el sector del PNN Chingaza, donde la recuperación natural de los bosques se ve reflejada por la sucesión ecológica de las coberturas boscosas.

La pérdida de espacios naturales se atribuye al aumento de la frontera agrícola y ampliación de la ganadería extensiva y el sector que presenta la mayor pérdida de bosques y espacios naturales es la parte suroccidental de la cuenca, especialmente el municipio de Choachí.



Panorámica de páramo y bosque andino, cuenca de Río Blanco, vereda El Cerro, municipio de La Calera. 2010.

Capítulo 3



Cambiar nuestros hábitos abriendo espacios de sensibilización, respeto y entendimiento con la Madre Tierra.

Capítulo 3

Análisis de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la cuenca de Río Blanco

Para identificar las *amenazas* y *riesgos* de la cuenca y así poder *definir las vulnerabilidades*, el componente B del INAP se fundamenta en varios procesos y actividades, uno de ellos es el análisis participativo de seguridad del territorio, en segundo lugar están las encuestas realizadas a los habitantes sobre las amenazas a sus sistemas de producción y, finalmente, un análisis de corte científico sobre las amenazas climáticas. De otra manera, el análisis de vulnerabilidad persigue conocer las debilidades del territorio que ocasionan “goteras” en el techo y que al interactuar con los “aguaceros”, es decir con amenazas climáticas, pueden conducir a consecuencias catastróficas (desastres).



Monocultivo de papa, vereda Quisquiza, municipio de La Calera de Río Blanco. 2011.

Es así como se escogieron cinco variables para definir la sensibilidad del territorio: 1. Pendientes; 2. Cambio de coberturas de la tierra; 3. Desequilibrio en el piso térmico; 4. Índice de fragmentación de la cobertura natural, y 5. *Índice de integridad ecológica*. Dichas variables permitieron establecer el comportamiento de los niveles críticos o “debilidades del territorio” y su variabilidad espacial en la cuenca, de cuya integración se establece el estado de *sensibilidad* del territorio para el momento actual. La sensibilidad es el grado de afectación de un sistema en sentido perjudicial o beneficioso, en relación con los estímulos relacionados al clima (sus características regulares, la variabilidad climática y la frecuencia y magnitud de eventos extremos).

Teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente, se entiende que la vulnerabilidad es un análisis entre los factores de sensibilidad y cada amenaza climática por niveles de exposición; resultado que expresa el comportamiento acumulado en un mapa índice que refleja las condiciones de mayor o menor cambio o de presión ejercida por la sociedad sobre los ecosistemas.

La sensibilidad es el grado de afectación de un sistema en sentido perjudicial o beneficioso, en relación con los estímulos relacionados al clima (sus características regulares, la variabilidad climática y la frecuencia y magnitud de eventos extremos).



Mina de Palacio (explotación de caliza), abandonada al inicio de la década de 1990. Parque Nacional Natural Chingaza en 2011.

Mapa 8. Grado de sensibilidad de la cuenca de Río Blanco

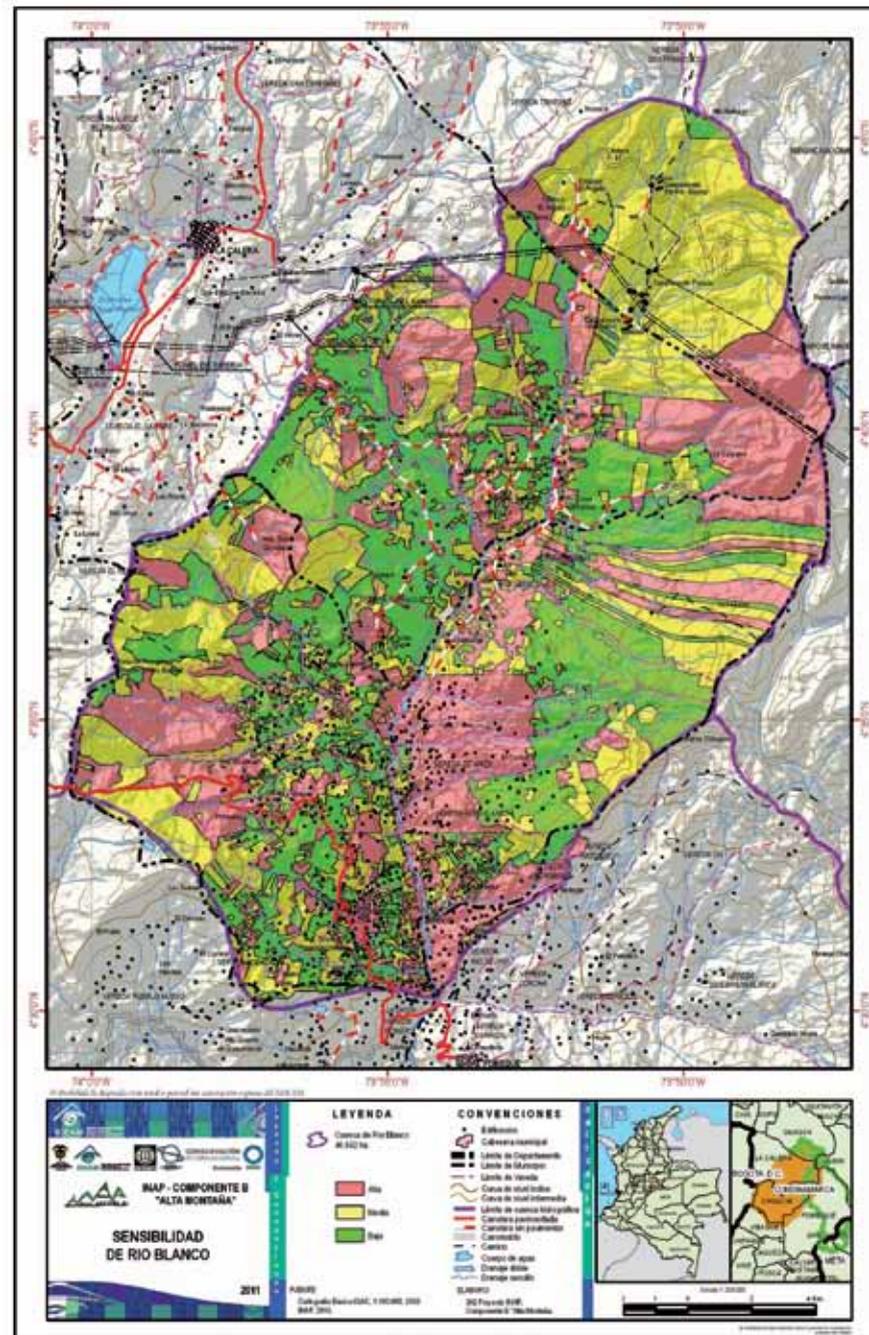


Tabla 2. Grado de sensibilidad de la cuenca de Río Blanco

Sensibilidad	Área ha	%
Alta	12.804	32
Media	15.481	38
Baja	12.277	30
Total Río Blanco	40.562	100

Las amenazas identificadas en la cuenca de Río Blanco fueron: 1. Climática; 2. Movimientos (de remoción) en masa; 3. Ampliación de la frontera agrícola; 4. Minería, y 5. Infraestructuras. Para cada una estas amenazas se generaron las respectivas vulnerabilidades con el objetivo de determinar la vulnerabilidad global de las coberturas de la tierra. Para la determinación de la vulnerabilidad global se adelantaron los cuatro pasos siguientes:

1. A cada uno de los mapas elaborados se les calificó la vulnerabilidad con la siguiente ponderación:

- Alta (A) y muy alta (MA): 3
- Media (M): 2
- Baja (B) y muy baja (MB): 1



Ganadería en ecosistemas de alta montaña, cuenca de Río Blanco. 2010.

2. Teniendo en cuenta los anteriores valores, para cada unidad de paisaje se estimó una vulnerabilidad media ponderada de los cinco tipos de vulnerabilidad utilizados en el análisis, de acuerdo con el siguiente algoritmo:

$$VG = 0,40Vc + 0,15Vr + 0,15Va + 0,15Vm + 0,35Vi$$

Donde:

VG = Vulnerabilidad global

Vc = Vulnerabilidad climática

Vr = Vulnerabilidad ante amenaza de movimientos (de remoción) en masa

Va = Vulnerabilidad ante amenaza de ampliación de la frontera agrícola

Vm = Vulnerabilidad ante amenaza por minería

Vi = Vulnerabilidad ante amenaza por infraestructuras

3. Se hizo la superposición cartográfica de los mapas de vulnerabilidad, según la matriz de decisión que asigna los nuevos atributos al mapa resultado, así:

VG < 1,5: vulnerabilidad baja

1,5 ≤ VG < 2,5: vulnerabilidad media

VG ≥ 2,5: vulnerabilidad alta

64

Aplicando el algoritmo anterior a cada una de las unidades de paisaje se tuvo el mapa de vulnerabilidad global de las coberturas asociada al CC.



Evento extremo de granizada y fuertes vientos el 18 de febrero de 2011, cuenca de Río Blanco.

Tabla 2. Vulnerabilidad global de las coberturas asociada al cambio climático

Vulnerabilidad	Área ha	%
Alta	1.507	4
Media	36.439	90
Baja	2.616	6
Total Río Blanco	40.562	100

Se puede observar que la vulnerabilidad global de las coberturas de la tierra de la cuenca de Río Blanco es media en el 90%, representada por 36.439 ha, alta en el 4% de la cuenca y baja en el 6%.

Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-

Con el fin de abordar los temas de adaptación al CC desde el contexto territorial, el proyecto INAP ha propuesto el concepto de la “Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-” como marco para introducir aspectos de la infraestructura ecológica que tienen una dimensión espacial y que cumplen un rol fundamental en el suministro de los SE básicos, priorizados por la sociedad.

La EETA comprende una red de espacios geográficos que apoyan los procesos ecológicos esenciales para dirigir la adaptación más allá de la conservación de la diversidad biológica, con el fin de mantener la estructura y función de los ecosistemas y sus servicios para las comunidades. El principal objetivo de la EETA es mantener la integridad ecológica y la salud de los ecosistemas y poblaciones a largo plazo⁵⁶.



Humedal inmediaciones del río La Playa, Parque Nacional Natural Chingaza. 2011.

La Estructura Ecológica Territorial Adaptativa –EETA– comprende una red de espacios geográficos que apoyan los procesos ecológicos esenciales para dirigir la adaptación más allá de la conservación de la diversidad biológica, con el fin de mantener la estructura y función de los ecosistemas y sus servicios para las comunidades.

La EETA incluye todos los elementos estructurales relevantes del paisaje para asegurar la conservación y recuperación de los SE en los ecosistemas de alta montaña altamente vulnerables al CCG, se pueden contar entre estos: regulación del ciclo del agua, mantenimiento de la calidad y cantidad del agua, recarga de acuíferos, reducción de riesgos y amenazas naturales, y control de erosión.

La EETA propuesta⁵⁷ contiene, entre otros, componentes tales como:

- Recomendaciones para uso y ocupación del territorio en el marco de la conectividad, funcionamiento y sucesión de los ecosistemas;
- Patrones con elementos centrales que promueven la conectividad natural, incluyendo procesos de restauración ecológica;
- Identificación de vacíos de información que deben ser abordados con el fin de incrementar la resiliencia de ecosistemas y comunidades;
- Promoción de mecanismos apropiados de organización social, y
- Propuestas de mecanismos de compensación tales como el Mecanismo de Desarrollo Limpio -MDL- y Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación -REDD-, con énfasis en REP y garantía de la sostenibilidad de los servicios de los ecosistemas.

La EETA se puede construir a diferentes escalas cartográficas que van desde 1:10.000 hasta 1:50.000, según la disponibilidad de información. Se utiliza el Sistema de Información Geográfica -SIG- a escala local 1:25.000, el cual vincula los POT municipales con los planes de ordenación de las cuencas hidrográficas. En los niveles regionales, las escalas de 1:50.000 y 1:100.000 permiten articular la EETA con acciones de planificación a nivel departamental o con aquellas de las corporaciones autónomas regionales respectivas.



57 Andrade *et al.*, 2010.

Servicios ecosistémicos y su relación con la EETA

Los SE son aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Estos pueden ser directos como: la producción de provisiones (agua y alimentos), la regulación de ciclos (inundaciones), la degradación de suelos, desecación y salinización, y las enfermedades; o indirectos, que se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos, como: el proceso de fotosíntesis, la formación y almacenamiento de materia orgánica, el ciclaje de nutrientes, la creación y asimilación del suelo, y la neutralización de desechos tóxicos.

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

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es necesario tener información espacial de diferentes fenómenos, la cual se relacione con los distintos SE.

68



Alta montaña lugar sagrado. Panorámica cuenca de Río Blanco. 2010.

Las categorías de los SE propuestas por el componente B del INAP para la cuenca del Río Blanco, desde el punto de vista cartográfico para la EETA, fueron las siguientes:

- Reducción de la vulnerabilidad del suelo;
- Regulación hídrica para la disponibilidad de agua de la población local, usos agropecuarios y energía hidroeléctrica;
- Disponibilidad de cantidad y calidad de agua;
- Conservación de biodiversidad;
- Seguridad territorial, y
- Polinización y control de plagas.

Teniendo en cuenta el mapa de coberturas de la tierra elaborado así como cartografía básica, los objetos de conservación de la EETA definidos para la cuenca de Río Blanco son: el páramo, humedales de alta montaña, áreas de recarga de acuíferos, nacimientos y drenajes principales y secundarios.



Procesos de restauración ecológica participativa, aislamiento de ronda en la cuenca de Río Blanco. 2010.

Mantenimiento del recurso hídrico y la EETA

Para el mantenimiento del recurso hídrico se tuvieron en cuenta las cuatro categorías de manejo de la EETA propuestas:

1. Mantenimiento: para la definición de esta categoría se tuvieron en cuenta las coberturas de la tierra con componente arbóreo (bosques y arbustales densos).
2. Rondas y nacimientos: esta categoría hace referencia a las márgenes de todas las corrientes hídricas, se incluyeron los nacimientos y cuerpos de agua.
3. Asociada y de producción: está relacionada con las diferentes actividades productivas que realizan los habitantes de la cuenca, en especial cultivos y ganadería.
4. Transición: esta categoría es transitoria, debido a que son coberturas que se encuentran en proceso de regeneración o restauración natural y pueden ser afectadas por la intervención antrópica.

La propuesta se fundamenta en que los procesos de REP y la promoción y consolidación de SAF sean implementados en las categorías de la EETA “asociada y de producción” y de “transición”.

Tabla 3. Categorías de manejo de la EETA para Río Blanco

EETA	Área (ha)	%
Asociada y producción	19.207	47,4
Mantenimiento	16.471	40,6
Rondas y nacimientos	2.015	5,0
Transición	2.870	7,1
Total Río Blanco	40.562	100

La categoría de manejo predominante es la “asociada y producción” con el 47,4%, seguida por “mantenimiento” con el 40,6% del total de la cuenca.

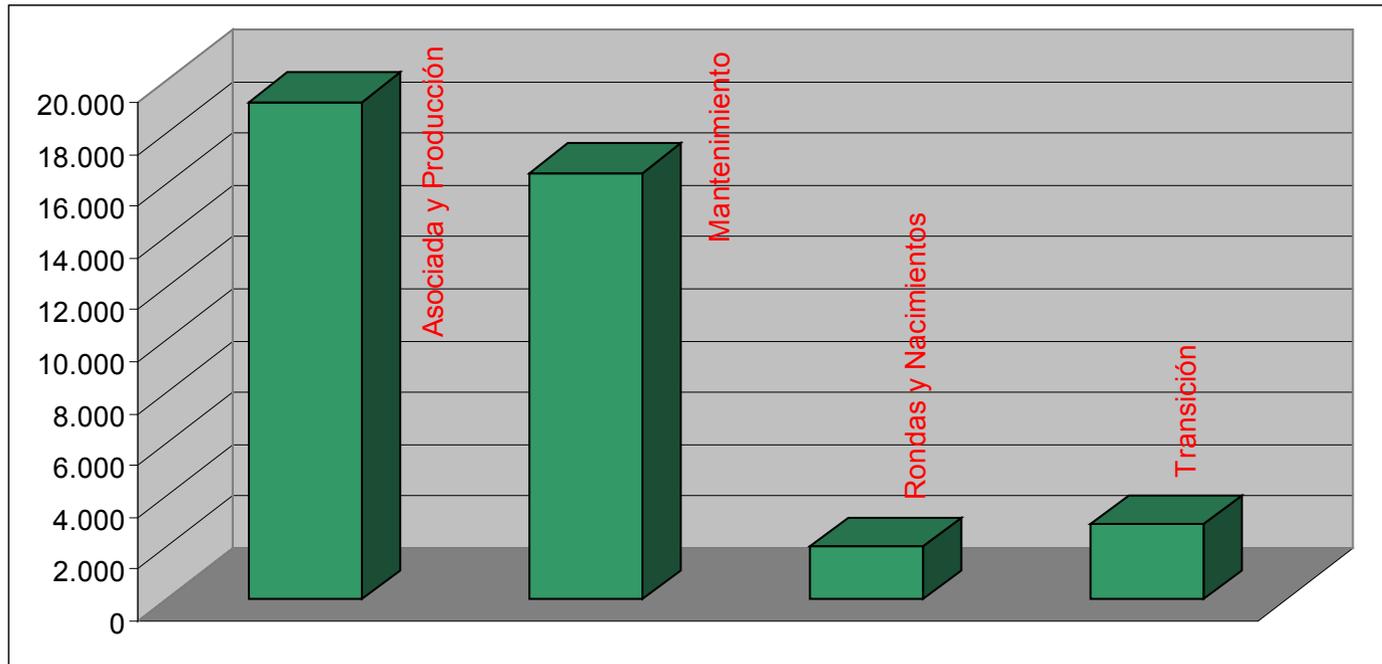
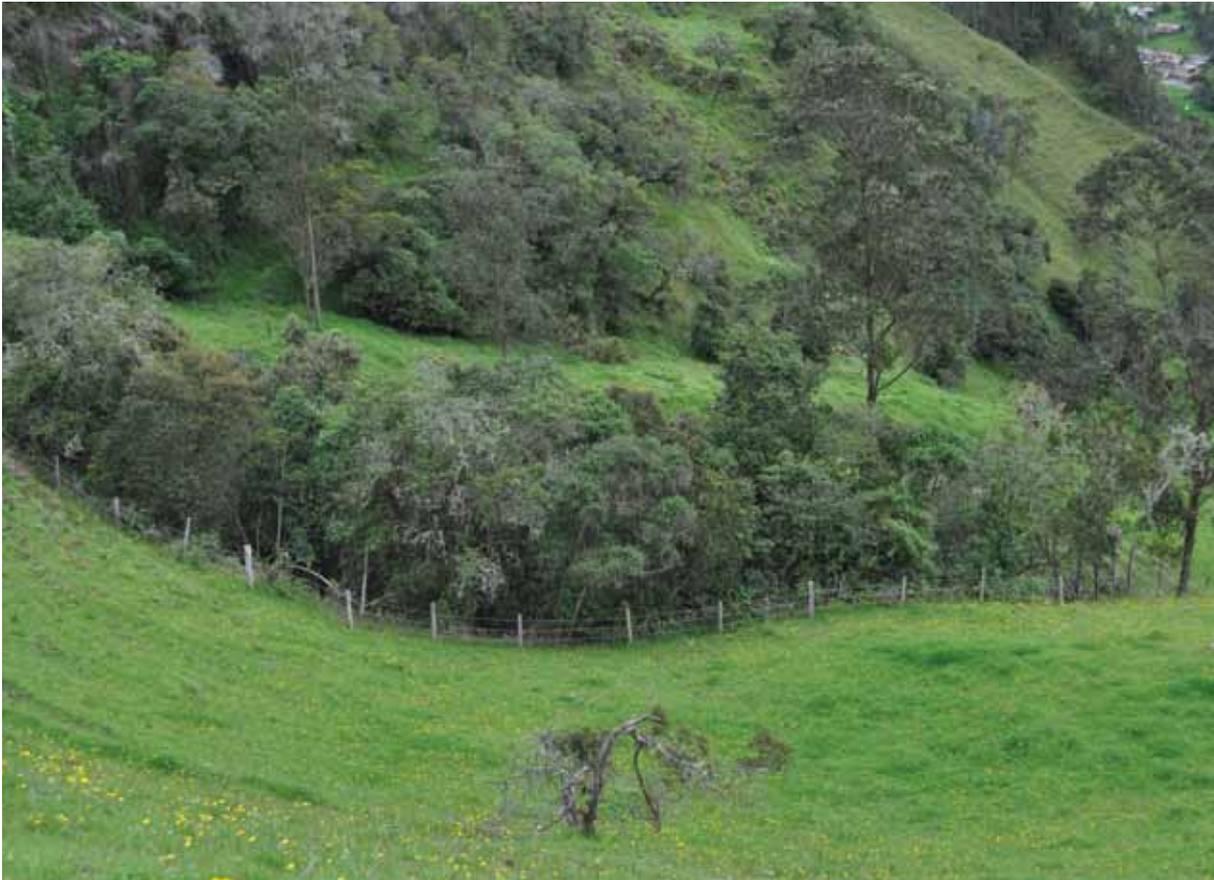


Gráfico 3. Categorías de la EETA de Río Blanco

Como se observa en el mapa, la restauración ecológica de cobertura e implementación de SAF tiene como objetivo la consolidación de la categoría de rondas y nacimientos, que permita la creación de corredores biológicos de conectividad. Esta medida además de proteger los cauces de las corrientes hídricas y mantener la conectividad de los ecosistemas de bosque andino y páramos, permite reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos.



Procesos de restauración ecológica participativa, aislamiento de nacedero en la cuenca de Río Blanco. 2011.



Medidor de niveles quebrada El Rincón, vereda Mundo Nuevo, municipio de La Calera. 2009.

Capítulo 4



A todos nos toca..., mejor pensarlo
para organizarnos y actuar.

Capítulo 4

Sistemas productivos en la cuenca de Río Blanco

Para caracterizar los sistemas de producción se tuvieron en cuenta aspectos relacionados con la estructura y funcionalidad de los sistemas, en donde se identificaron los componentes que los conforman y su interrelación. De acuerdo con esto se definieron los componentes que permitieron identificar, definir y caracterizar los sistemas de producción de mayor representatividad en la cuenca y, por tanto, su estado actual⁵⁸.

Los componentes identificados que condicionan y determinan la estructura de los sistemas de producción en la cuenca de Río Blanco, de acuerdo con los predios, fueron: la composición familiar de quienes habitan o de los propietarios, extensión, tenencia y forma de adquisición, cobertura y uso del suelo, agroecosistemas establecidos, extracción y uso de los recursos naturales y altitud.

En cuanto a los elementos analizados para determinar la funcionalidad de los sistemas de producción se tuvo en cuenta: principal actividad y producto generador del ingreso, tipo de relaciones productivas, asistencia técnica, crédito y manejo ambiental, interrelación entre componentes y pérdidas del sistema.



Asociación de cultivos de lupinus con maíz, cuenca de Río Blanco. 2011.

58 Suna Hisca, 2009. *Resultados del proceso participativo de la caracterización de los sistemas de producción en la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza*, Bogotá D.C., p. 125.

Caracterización y mapeo de los sistemas de producción

De acuerdo a la visión conceptual y metodológica fundamentada en la participación, y con el objetivo de caracterizar los sistemas productivos teniendo en cuenta los conocimientos tradicionales de los habitantes de la cuenca, se aplicaron encuestas a una muestra estadísticamente representativa de las fincas y veredas, localizadas en zonas aledañas a ecosistemas de alta montaña y de acuerdo al mapa de coberturas, el análisis de su cambio y la vulnerabilidad del territorio.

A partir de la información colectada en campo se generaron indicadores que permitieron tipificar las fincas y mapear los resultados. De esta forma se clasificaron grupos similares homogéneos en cuanto a sus características biofísicas y socioeconómicas, empleando herramientas como los sistemas de información geográfica (para su caracterización y representación espacial), así como paquetes de análisis estadístico y/o hojas de cálculo (para su tipificación y clasificación por sus cualidades y atributos). Mediante la aplicación de las metodologías descritas se elaboró el mapa de la caracterización y construcción colectiva del estado de los sistemas productivos, con lo que se identificaron cuatro de ellos⁵⁹:

SP1: sistema de producción familiar muy pequeño (<1 ha⁶⁰) con diversificación de cultivos, ganadería trashumante, diversidad de fuentes de ingresos extra-prediales y bajo manejo ambiental de la finca. Este sistema de producción ocupa 1.164 ha de la cuenca, que representa el 4,44% de la alta montaña.



Minifundio, cultivo de cebolla junca, vereda Potrero Grande, municipio de Choachí. 2011.

59 Suna Hisca. 2009, p. 121.

60 Una hectárea es equivale a diez mil metros cuadrados.

Descripción del sistema: el sistema está conformado por familias de pequeños productores en fincas entre 0 a 1 ha dedicados a la producción agropecuaria, se destaca la ganadería trashumante con manejo tradicional de las praderas, la mayoría de los cultivos son en asocio con gran variedad de productos especialmente de autoconsumo, algunos siembran monocultivo de papa y cebolla en áreas muy pequeñas. Localizados en su mayoría en zonas de bosque alto andino, el 67% de los 24 predios identificados en este sistema se encuentra en veredas que pertenecen al municipio de Choachí (Agua Dulce, Maza, Chatasuga, La Meseta, La Victoria, La Cabaña, Los Laureles y La Caja). El 33% se encuentra en las veredas La Jangada, La Polonia, Mundo Nuevo, La Treinta y Seis, El Manzano y Jerusalén en el municipio de La Calera.



Sistema de ganadería con doble propósito, vereda Quísquiza, municipio de La Calera. 2010.

SP2: sistema de producción familiar de propietarios fraccionado en predios pequeños, entre 1 a 3 ha, con énfasis en ganadería tradicional extensiva, tendencia al monocultivo con fines comerciales, alta incidencia de venta de mano de obra y bajo manejo ambiental. El sistema ocupa 4.410 ha de la cuenca que representan el 16,85% de la alta montaña.

Descripción del sistema: estas las fincas se caracterizan por pertenecer a un sistema de producción familiar de pequeños propietarios, donde el rango de extensiones de los predios oscila entre 1 y 3 ha. Existe un manejo de ganadería extensiva doble propósito sobre praderas tradicionales, con escasas áreas en bosque y establecimientos de pequeñas parcelas en monocultivo, principalmente de cultivos transitorios como papa y maíz, en menor proporción están establecidos cultivos de papa criolla y cebolla. Localizados en su mayoría en zonas de bosque alto andino, el 37,8% se encuentra por encima de la cota 2.740 msnm; el 51,1% de los 45 predios identificados en este sistema se encuentra en las veredas que pertenecen al municipio de Choachí, entre las más representativas están:

El Rosario, Chatasugá, la Victoria, Agua Dulce, Bobadilla y Maza. El 48,9% restante se encuentra en las veredas de La Polonia, Quisquiza, Mundo Nuevo, El Manzano, Tunjaque y el Volcán en el municipio de La Calera.

SP3: sistema de producción de propietarios fraccionados en predios medianos (entre 3 y 20 ha), con establecimiento de monocultivos comerciales, asociados a ganadería extensiva tradicional e introducción de pasturas mejoradas, con un mediano manejo ambiental. El sistema ocupa 6.686 ha de la cuenca, que representan el 25,54% de la alta montaña.



78 Panorámica de los diferentes sistemas de producción de la cuenca del Río Blanco.

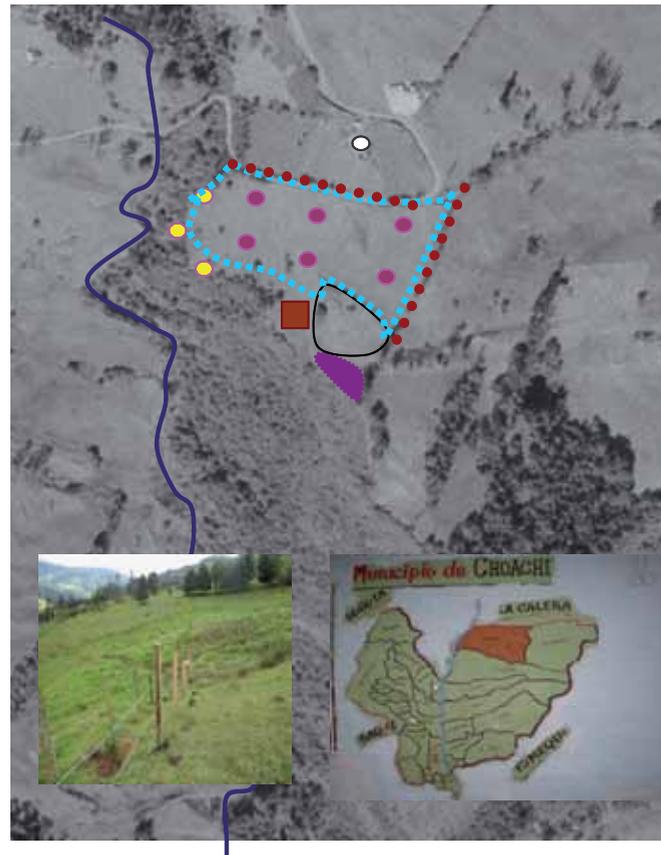
Descripción del sistema: estas fincas se caracterizan por pertenecer a un sistema de producción familiar de medianos propietarios, en donde el rango de extensiones de los predios oscila entre 3 y 20 ha. La tierra está dedicada principalmente a manejo de ganadería extensiva doble propósito sobre praderas tradicionales y en algunos predios con pasturas mejoradas, asociadas al establecimiento de monocultivos comerciales especialmente de papa, maíz, gladiolo y cebolla. Este sistema, de acuerdo a la muestra, representa el 37,9% de los 124 predios abordados, el 51% está localizado en el municipio de La Calera, principalmente en las veredas: Jerusalén, El Manzano, La Junia, La Polonia, Tunjaque y en menor proporción en Mundo Nuevo, Quisquiza, La Treinta y Seis y El Volcán. El 49% restante está localizado en el municipio de Choachí en las veredas: El Rosario, Bobadilla, Chatasugá, la Victoria, Fonte y en menor proporción en La Caja, Agua Dulce, El Uval y Potrero Grande.

SP4: sistema de producción de propietarios fraccionados en predios grandes (> 20 ha) con predominio de ganadería extensiva de cría, levante o ceba, u otras especialidades y bajo manejo ambiental. Ocupa 8.911 ha de la cuenca, que representan el 34,04% de la alta montaña.

Descripción del sistema: está conformado por familias propietarias que generalmente trabajan y residen en la ciudad o en otro lugar y la finca es manejada o administrada por agregados o empleados. Poseen extensiones mayores de 20 ha donde se desarrolla principalmente ganadería de manera extensiva para la producción de leche y carne. Las fincas pertenecientes a este sistema se localizan en zonas de bosque altoandino, páramo bajo y páramo, principalmente en las veredas de Bobadillas, Maza, Fonte y El Rosario en el municipio de Choachí y Jerusalén en el municipio de La Calera.

Sistema de producción ganadería extensiva doble propósito con policultivos y áreas de bosque.

ALTERNATIVAS DE RECONVERSIÓN GANADERA	
Semiestabulación	■
Cercas vivas diversificadas	●●●●
Sistema silvopastoril	●
Enriquecimiento pradera	⋯⋯⋯
Bancos de proteína	⬮
Pastos de corte	○



Sistema de producción: ganadería extensiva doble propósito con policultivos y áreas de bosque, vereda Bobadilla, municipio de Choachí.

Tabla 4. Cultivos, frutales y productos pecuarios que se registraron en la cuenca de Río Blanco

Agricultura		Frutales	Productos pecuarios
Arracacha	Hortalizas	Mora	Lácteos (leche-yogurt)
Arveja	Lechuga	Curuba	Huevos
Cebolla	Lulo	Papaya	Pollos
Cilantro	Maíz		Trucha
Cubios	Papa		
Fríjol	Tomate		
Habas	Zanahoria		

Tabla 5. Especies arbóreas que se registraron en la cuenca de Río Blanco

Especies arbóreas (nombre común)					
Acacia	Ciruelo	Palma de Cera	Borrachero	Laurel	
Aguadas	Cordoncillo	Pero	Carbonero	Maco	Trompeto
Ají	Cuacha	Pino	Cedro	Manguzán	Tuno Roso
Alcaparro	Encenillo	Ruda	Chilco	Mano de oso	Urapán
Alisos	Espino	Salvio	Chusque	Sauco	
Amarillo	Eucalipto	Sauce	Garrapatos	Siete Cueros	
Arrayan	Gaque	Auche	Guayacán	Tíbar	
Ciprés	Nogal	Ayuelo	Higuerilla	Tintos	

Actividades agroecológicas

Un vez caracterizados los sistemas de producción de la cuenca, el grupo de trabajo del componente de alta montaña del proyecto INAP desarrolló una propuesta metodológica participativa para la implementación de actividades agroecológicas, de regulación de la oferta hídrica y de REP, con el fin de reducir la vulnerabilidad de los agro-ecosistemas y prácticas productivas, y de aumentar la resiliencia de los ecosistemas a los impactos de la variabilidad y el CC.

Para esto se realizó la caracterización y diagnóstico participativo a 118 familias en fincas o agro-ecosistemas rurales con actividades de acompañamiento, asistencia técnica, seguimiento y visitas de reconocimiento prediales, cartografía social de sistemas productivos y motivación a productores para la implementación de “Parcelas demostrativas piloto en sistemas agroforestales: cercos vivos, aislamientos, cercos eléctricos, bebederos, acompañadas de jornadas sobre preparación de abonos orgánicos y bio-preparados en fincas campesinas”⁶¹.

Como resultado de este proceso se encontró que el 96% de las fincas posee un área menor a 10 ha, demostrando que predomina el minifundio; áreas pequeñas de fácil manejo que en ganadería no superan los 5 animales por unidad productiva. En cuanto al tipo de agricultura, el 79% menciona que es de tipo orgánico, algunos tienen lombricultura y producen sus propios abonos.



61 Mafla, 2011.



Arriba: ejercicio de cartografía social para el ordenamiento predial.

Abajo: visitas a los predios para la caracterización y planeación predial de los sistemas productivos en la cuenca del Río Blanco. 2010.



Con base en este diagnóstico participativo se identificaron amenazas y vulnerabilidades como escasez y contaminación del recurso hídrico, deterioro de los suelos, disminución de la seguridad alimentaria, pérdida de biodiversidad, deforestación y uso indiscriminado de agroquímicos.

El 58% de los tipos de animales encontrados son avícolas (gallinas). Esta preferencia se debe a la comodidad y a que existe el maíz como base fundamental de su alimentación, lo que permite mantener este tipo de animal a libre pastoreo o en corrales y genera seguridad alimentaria. Los bovinos ocupan el segundo lugar con el 30%. En la mayoría de los casos los productos de la canasta familiar provienen de afuera, el 36% de La Calera, el 36% de Mundo Nuevo, el 20% de Bogotá y el 8% de Choachí; los productos que proveen las fincas son leche, huevos y en menor proporción el maíz.

En cuanto al consumo de agua, el 60% proviene de acueductos y el 40% de nacederos, el 35% es para consumo humano, seguido del 34% para consumo animal. El 56% de las fincas no cuentan con un nacimiento de agua para el beneficio propio, mientras que el 44% restante sí tiene nacimientos de agua dentro de su predio. Las aguas residuales son el 52% destinadas al pozo séptico y el 21% enviadas al campo abierto.

El 77% de las fincas de la región cocinan sus alimentos con gas y leña, el 14% sólo gas y el 6% con energía eléctrica. El 58% del aprovechamiento de leña proviene de los árboles de la finca que han sido plantados con ese doble propósito en cercos vivos y bosques dendroenergéticos.

Existen 27 especies de árboles identificadas, de las cuales 3 son foráneas (pino, eucalipto y acacia) y el resto son especies nativas del región: garrapato, ciruelo, laurel, tunos y borrachero.

En la región existe diversidad de suelos, el 47% es suelo franco, el 27% pedregoso, mientras que los arcillosos son el 24% y los arenosos apenas alcanzan el 2%.

Con base en este diagnóstico participativo se identificaron amenazas y vulnerabilidades como escasez y contaminación del recurso hídrico, deterioro de los suelos, disminución de la seguridad alimentaria, pérdida de biodiversidad, deforestación y uso indiscriminado de agroquímicos.

La compactación de suelos se ha generado debido a que hay demasiada carga por unidad de área (número de animales por lote), deficiente manejo de las pasturas por falta de rotación de los potreros y por desconocimiento de técnicas más eficientes para trabajar con el ganado. Esto ha generado potreros en mal estado debido a los cambios en el clima, sequías en verano y lluvias torrenciales que generan inundaciones en invierno, que junto con la pérdida de la capacidad de infiltración de aguas de suelo por la compactación ocasionan encharcamientos. Además, con los diferentes sistemas de captación de aguas de las diferentes fuentes hídricas de la cuenca se están generando desperdicios, lo que crea charcos, ya sea por daños en las tuberías, por las crecidas de la quebrada o por deterioro y mala conexión de las mangueras.

Lo anterior ocasiona problemas adicionales: 1. Con el pisoteo del ganado en estas zonas encharcadas se generan procesos erosivos que posiblemente causan grandes deslizamientos, como se observó en el sector de la Jangada; 2. Aguas residuales que son enviadas a campo abierto han contaminado corrientes hídricas utilizadas para riego, consumo humano y animal, y 3. Contaminación de nacimientos debido además al libre acceso del ganado (contaminación por excretas) por falta de cercas vivas de protección.

Presentación de los campesinos participantes en el Festival de la Cuenca "Cambio Climático, Cambio Cultural" 2010, donde expresaban el cambio asumido en adelante para evitar el uso de agrotóxicos y asumir la producción orgánica en sus cultivos.



Debido a que en laderas y zonas pendientes se realizan actividades ganaderas, la compactación de suelos y carencia de cobertura vegetal aumentan la velocidad de escorrentía, conllevando procesos de erosión, deslizamientos y pérdida de nutrientes, lo que reduce la fertilidad de los suelos. Esto ha disminuido la capacidad de producción de los suelos, afectado así los ingresos económicos y la seguridad alimentaria, esta última de gran relevancia dado que las comunidades poseen un desabastecimiento de productos de primera necesidad como granos y las hortalizas. En resumen, la *erosión, deslizamientos, pérdida de fertilidad, baja producción, pérdidas económicas y baja seguridad alimentaria* fueron identificados por los agricultores de la zona como las principales amenazas a la producción de la región.

Dichos factores de degradación de suelos y pérdida de coberturas vegetales también han generado además mayor fragilidad y acidez en los suelos, y en algunas porciones de la fincas estos se han incluso convertido en suelos estériles, aumento de plagas y enfermedades con altos grados de infestación tanto para ganado como para cultivos.



Deslizamiento por remoción en masa por sobrepastoreo, vereda El Manzano, municipio de La Calera. 2010.

La disminución de cobertura vegetal, especialmente para abrir mayores áreas de pradera, ha tenido impactos tanto ecológicos como económicos. Se han eliminado especies vegetales nativas, se ha detenido la sucesión ecológica, reducido la biodiversidad y, por ende, disminuido los hábitats para la fauna. En la cuenca se encuentra una baja densidad arbórea y de cercas vivas en áreas cercanas de los nacimientos, el 85% de los nacimientos no están protegidos.

En cuanto el recurso hídrico, en época de verano se ha reportado fuertes sequías y se ha registrado la disminución de caudal de fuentes hídricas. Por otra parte, los animales no han tenido posibilidad de sombrero, ha existido disminución de producción de forraje o los animales no tienen alternativa de alimento para ramoneo de especies forrajeras, lo que ha representado pérdidas de producción. Además, las comunidades alternan la utilización de la leña para disminuir los costos del gas, por lo que se han utilizado zonas con árboles o cercas vivas para producir leña de uso doméstico. De no haber existido este tipo de árboles posiblemente la comunidad seguiría exterminando las especies nativas.

Frente a esta problemática, los habitantes de la zona propusieron implementar como posibles medidas de adaptación del proyecto INAP las siguientes actividades agroecológicas: sistemas agroforestales y silvopastoriles, sistemas de tratamiento de aguas residuales, bancos de forraje, huertas orgánicas, cercos vivos, huertos frutales y estabulamiento de la ganadería.

La disminución de cobertura vegetal, especialmente para abrir mayores áreas de pradera, ha tenido impactos tanto ecológicos como económicos. Se han eliminado especies vegetales nativas, se ha detenido la sucesión ecológica, reducido la biodiversidad y, por ende, disminuido los hábitats para la fauna.

La restauración ecológica desde el Enfoque Ecosistémico -EE- se concibe como una medida de adaptación al Cambio Climático -CC-, dado que logra en el componente ecológico recuperar la estructura y función del ecosistema; en el componente económico ayuda a asegurar la continuidad en la prestación de los SE, y en el componente social aporta al manejo integral del territorio y a la calidad de vida de las comunidades, logrando así la resiliencia de los ecosistemas y de los sistemas productivos.

Restauración Ecológica Participativa -REP-



Aislamiento de un nacimiento, finca El Tesoro, vereda Mundo Nuevo, municipio de La Calera. 2011.

La REP implementada en las áreas de “transición” de la EETA con la aplicación del EE son estrategias que permiten mantener los SE mediante la conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, procurando un equilibrio entre lo que se conserva y se transforma, de manera que los SE logren preservarse a largo plazo⁶². La restauración ecológica busca recuperar los procesos funcionales, lo cual no se reduce al estudio de unas cuantas especies, sino al ecosistema en su conjunto, incluyendo los servicios ambientales que este ofrece a la sociedad⁶³. De esta manera, la restauración ecológica tiene un potencial de gran utilidad para la concertación social y económica, puesto que restituye bienes y servicios ambientales necesarios para el mantenimiento de la calidad de vida de las comunidades.



62 Smith & Maltby, 2003; Andrade & Vides, 2007; Andrade & Navarrete, 2004.

63 SER, 2008.

El interés de la restauración ecológica no está centrado sólo en los elementos y la estructura del ecosistema, sino que se centra en recuperar grupos funcionales y arreglos en el paisaje claves para el funcionamiento del ecosistema, entre los cuales se pueden citar cuatro tipos de procesos esenciales, que a su vez son servicios ambientales, todos ellos fuertemente interrelacionados:

1. Estabilidad del sustrato: erosión, derrumbamientos, reclutamiento de plantas.
2. Procesos hidrológicos: flujos de agua, potencial y regulación hídrica, lavado de nutrientes.
3. Reciclado de nutrientes: flujos e intercambios de elementos y materia internos y con la matriz.
4. Captura y transferencia de energía: fotosíntesis, calentamiento del suelo, flujo de nutrientes.



Derecha: excelente cantidad y calidad del agua de la quebrada El Rincón – cuenca de Río Blanco. 2010

Izquierda: bosque Alto Andino, vereda Mundo Nuevo municipio de La Calera. 2009.



De esta forma la restauración ecológica desde el EE se concibe como una medida de adaptación al CC, dado que logra en el componente ecológico recuperar la estructura y función del ecosistema; en el componente económico ayuda a asegurar la continuidad en la prestación de los SE, y en el componente social aporta al manejo integral del territorio y a la calidad de vida de las comunidades, logrando así la resiliencia de los ecosistemas y de los sistemas productivos.

Capítulo 5



Espacio de encuentro y participación para reflexionar, cuestionar, proponer y movilizar en torno a nuestro territorio.

Capítulo 5

Medidas de adaptación implementadas en la cuenca de Río Blanco

Acciones agroecológicas

Con el desarrollo del componente B del INAP se implementaron cinco acciones estructurales con sus respectivas actividades prioritarias, para disminuir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y del territorio, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resumen de acciones y actividades prioritarias por gestión

Acciones estructurales	Actividades
1.- Gestión del agua	Cosecha de aguas lluvias
	Ahorro de agua
	Tratamiento de aguas residuales
2.- Gestión del suelo	Aislamiento de zonas erosionadas
	Prácticas de conservación de suelos
3.- Gestión de cobertura vegetal	Implementación de rondas de conservación
	Arborización
	Cercos vivos
	Mejoramiento del manejo de praderas
	Bancos forrajeros

Acuerdo comunitario asumido para la conservación y protección de un nacedero, vereda La Caja, municipio de Choachí. 2010



Acciones estructurales	Actividades
4.- Gestión sistema finca	Establecimiento o mejora de “huertas” o patios productivos
	Reciclaje
	Fortalecimiento del sistema productivo de especies animales
	Implementación de cercas eléctricas
5.- Gestión social e institucional	Producción de papa orgánica
	Capacitación
	Organización comunitaria

Dichas acciones fueron implementadas por el equipo de sistemas productivos del proyecto INAP en 9 veredas de la cuenca del Río Blanco, Macizo de Chingaza.

En cuanto a la gestión del recurso hídrico se identificaron y capacitaron en alternativas como:

- Cosecha de aguas lluvias (almacenamiento de lluvias, especialmente orientado al consumo humano y animal).
- Riego por goteo (uso eficiente del agua utilizada en invernaderos para producción de medicinales y hortalizas).
- Tratamiento de aguas residuales (sistemas de recuperación de nutrientes y tratamiento de aguas servidas de origen humano y animal).



Arriba: sistema para cosecha de agua lluvia.

Abajo: sistema de tratamiento de aguas residuales. Vereda Bobadilla, municipio de Choachí. 2010.





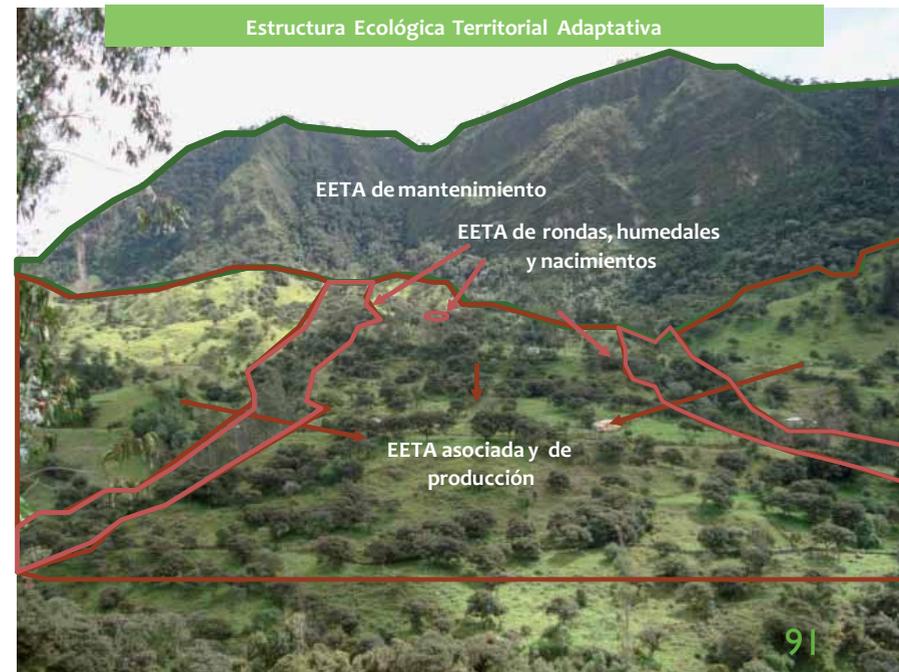
Sembrado de cebolla contra la pendiente del terreno, vereda La Hoya, municipio de La Calera. 2010.

En cuanto al manejo del componente vegetal:

- Establecimiento de corredores de conservación (a través de la siembra de árboles, la implementación de cercos vivos, el mejoramiento de praderas y el establecimiento de bancos forrajeros).
- Bebederos ecológicos y canalización de agua para evitar la entrada del ganado a los nacimientos de agua.

Para el manejo de suelo se priorizaron las siguientes actividades:

- Aislamiento de zonas erosionadas (aislamientos técnicos y acciones de readecuación geomorfológica para garantizar su recuperación).
- Implementación de prácticas de conservación de suelos (utilización de técnicas de labranza sostenible, construcción de trinchos y zanjas de infiltración).



Señor Esteban Cifuentes de la Vereda El Capitolio, en el municipio de La Calera, plantando un cedro.

Adicional a estas acciones es necesaria la implementación de actividades que permitan un manejo integral de las áreas productivas mediante actividades para la gestión de la finca o unidad de producción. En tal sentido el componente B del INAP implementó las siguientes actividades:

- *Establecimiento y mejora de “huertas” o patios productivos:* esta actividad permitió fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria, recuperar el germoplasma local, mejorar la sustentabilidad del sistema productivo agropecuario, diseñar sistemas combinados integrando uso y aprovechamiento de especies vegetales y animales, mejorar el ciclaje de nutrientes y generar excedentes para comercialización. Esto acompañado de procesos de organización comunitaria mediante redes de mercados justos (Agro-solidaria y trueques entre otros).
- *Reciclaje:* cerrar los ciclos de nutrientes dentro del sistema de producción agropecuario incluye mejorar el uso de residuos sólidos mediante el manejo adecuado de “basuras” producida en los hogares, disminuir la producción e incrementar el aprovechamiento y separación de empaques plásticos, hacer uso del compostaje y lombricultivo, hacer aprovechamiento de estiércoles, incorporar plantas acuáticas, árboles, arbustos y rastreas que fijen o capten nutrientes y los reintegren de diversas maneras al sistema de producción.



Arriba: huerta con producción orgánica, vereda La Jangada municipio de La Calera. 2011.

Abajo: producción de abono orgánico por parte de Julio Flores perteneciente a la comunidad de la cuenca de Río Blanco. 2011.

- *Fortalecimiento del sistema productivo de especies animales:* se realizó la incorporación de galpones para especies menores como aves y conejos, para que cada especie aproveche recursos disponibles según su fisiología y, a la vez, genere productos que sustenten el sistema productivo, equilibren el ciclaje de nutrientes, fortalezcan la soberanía alimentaria y generen excedentes para la comercialización.
- *Implementación de cercas eléctricas:* actividad para el manejo de praderas, con lo cual se logra una mayor disponibilidad de biomasa para alimentación animal y contar con zonas aisladas para conservación y protección.
- *Desarrollar prácticas agroecológicas y orgánicas que protejan los suelos y descontaminen las aguas:* se logró reconvertir el sistema actual de producción (incluida la papa) con prácticas de conservación de suelos, zanjas de infiltración, uso de biopreparados y semillas locales. Esta estrategia debe ir acompañada de alternativas de comercialización gestionadas por las comunidades, como la incorporación en escenarios especiales como el “mercado justo” promovido por Agro-solidaria, que no sólo fortalece redes de comercialización, sino también la organización comunitaria.
- *Implementación de parcelas demostrativas piloto en SAF:* cercos vivos, cercas eléctricas, huertos frutales, silvopastoriles, bosques dendroenergéticos y bancos de forraje.



- *Implementación de establos de semiestabulación e invernaderos:* disminuir el impacto de la ganadería sobre los suelos, recuperar materia orgánica, fortalecer la seguridad alimentaria y manejar un microclima para adaptar especies.
- *Fortalecimiento del grupo asociativo de campesinos para la transformación y comercialización de productos orgánicos:* familias capacitadas y organizadas a través de una asociación de productores agroecológicos y de conservación del medio ambiente para el fortalecimiento del grupo.

Galpón para la cría de gallinas para aumentar la seguridad alimentaria en la cuenca de Río Blanco, vereda El Manzano, municipio de La Calera. 2011.

Restauración Ecológica Participativa y los acuerdos locales



94 La participación comunitaria y los conocimientos tradicionales locales son fundamentales para el establecimiento de procesos de restauración. Integrantes de las comunidades de la cuenca de Río Blanco compartiendo experiencias, vereda La Caja, municipio de La Calera. 2009.

La definición de los sitios de intervención para implementar actividades de restauración ecológica se inicia con la identificación de los SE más vulnerables al CC y la relación de estos con la estructura y función de los ecosistemas. Para la cuenca del Río Blanco, según el análisis de amenazas y vulnerabilidades descrito anteriormente, resulta fundamental en el proceso permitir la participación de las comunidades locales desde el inicio para recoger sus aportes para la validación de los SE y la definición y consolidación de la EETA para su conservación y mantenimiento. En dicho ejercicio fueron identificados los siguientes SE como los más afectados:

- Reducción de la vulnerabilidad del suelo;
- Regulación hídrica para la disponibilidad de agua para la población local, usos agropecuarios y energía hidroeléctrica;
- Disponibilidad de cantidad y calidad de agua;
- La conservación de biodiversidad;
- La seguridad territorial, y
- Polinización y control de plagas.

A través de un proceso participativo con las comunidades de la cuenca de Río Blanco y el análisis de información sobre variabilidad y CC, el agua se identificó como el servicio más vulnerable, a través del cual el CC afecta los otros procesos ecosistémicos y, por tanto, el bienestar de las comunidades locales. Las comunidades manifestaron observar un aumento en la contaminación de las fuentes hídricas y la pérdida de nacideros durante las épocas secas, que en ocasiones se extienden por periodos de seis meses. Estos aspectos afectan la provisión para el consumo humano y las actividades agropecuarias.

En este sentido se establece que la adaptación al CC debe centrar sus esfuerzos en una mejor gestión del agua. Para ello, durante la construcción de la EETA se define la recuperación de las rondas hídricas de afluentes y nacimientos como una prioridad del proceso adaptativo en marcado en el EE. La restauración ecológica es concebida entonces como una herramienta para la consecución de dichos objetivos de adaptación al CC, desarrollando líneas estratégicas de acción desde los tres componentes de la sostenibilidad del EE, lo que contribuye al logro de la resiliencia de los ecosistemas y comunidades de la cuenca del Río Blanco.

» **Objetivos de la Restauración Ecológica Participativa en la cuenca**

El objetivo general del Plan de Restauración Ecológica del Paisaje en la cuenca del Río Blanco del macizo Chingaza se centra en la REP de áreas prioritarias, para la recuperación de los servicios de los ecosistemas y para aportar a la resiliencia y disminución de la vulnerabilidad del territorio y las comunidades locales a los efectos del CC.

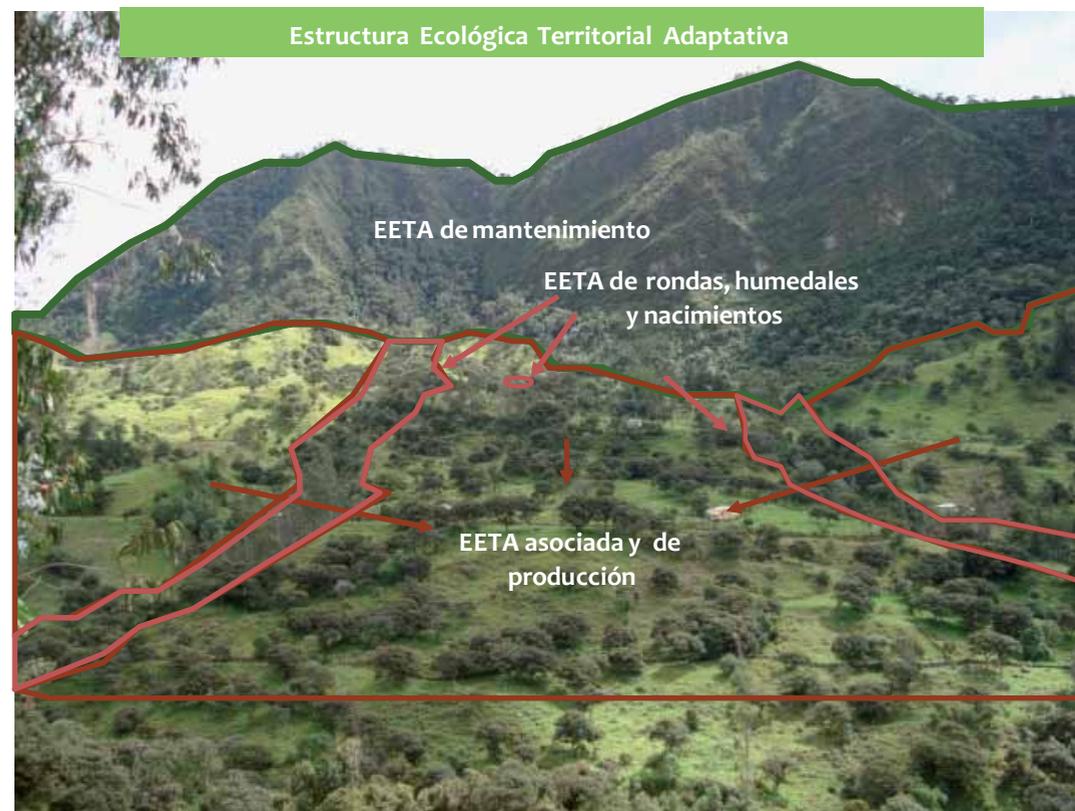


Quebrada EL Rincón, microcuenca Calostros, vereda Mundo Nuevo, municipio de La Calera. 2011.

La adaptación al Cambio Climático - CC- debe centrar sus esfuerzos en una mejor gestión del agua. Para ello, durante la construcción de la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA- se define la recuperación de las rondas hídricas de afluentes y nacimientos como una prioridad del proceso adaptativo enmarcado en el Enfoque Ecosistémico -EE-.

Partiendo de la orientación del objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos para la restauración ecológica en la cuenca del Río Blanco:

- Implementar la REP que permita la conectividad entre las áreas identificadas como de mantenimiento en el marco de la propuesta de la EETA, con el fin de mejorar la función ecosistémica en la cuenca del Río Blanco.
- Implementar la REP de las áreas de rondas y nacimientos definidas en el marco de la propuesta de la EETA, con el fin de mejorar la regulación hídrica de la cuenca del Río Blanco.
- Implementar la REP de las áreas de transición definidas en el marco de la propuesta de la EETA, con el fin de contribuir a la disminución de riesgos por remoción en masa.
- Apoyar a en la adaptación de las comunidades locales en la adaptación a los impactos del CC, asegurando la continuidad en la prestación de los SE en la cuenca del Río Blanco.



Categorías de la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa -EETA-.

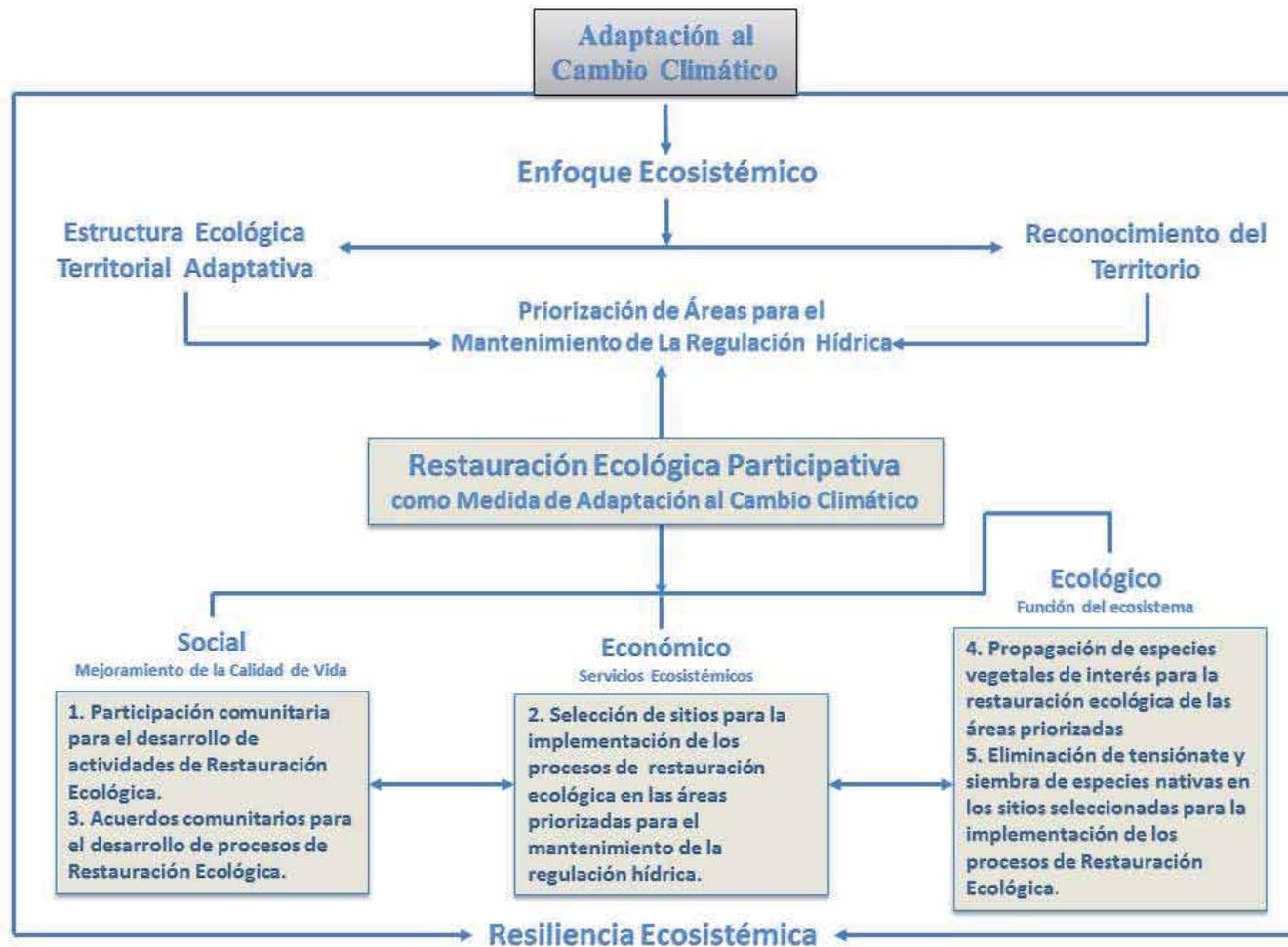


Figura 5. Esquema del proceso de restauración ecológica participativa en la cuenca del Río Blanco

Implementación de las cinco líneas del Plan de restauración ecológica participativa en la cuenca del Río Blanco

A continuación se describe una síntesis del proceso desarrollado con las comunidades de las veredas de intervención del Proyecto INAP-B en la cuenca del Río Blanco, en cuanto a la implementación de las cinco líneas estratégicas para la REP propuestas:

Línea 1. Participación comunitaria para el desarrollo de actividades de restauración ecológica.

Durante la ejecución del proyecto se realizaron reuniones periódicas con las comunidades de las nueve veredas con Planes de Vida Adaptativos construidos, en las cuales se analizaban los temas de vulnerabilidad frente al CC, el cambio cultural y las medidas de adaptación, además de concertar aspectos relacionados con el desarrollo de las actividades de restauración ecológica y sistemas productivos, como medidas de adaptación al CC.

Durante estas reuniones se concertaron y formalizaron acuerdos con las comunidades para el proceso de implementación de las medidas de adaptación en cuanto a la regulación de la capacidad hídrica en la cuenca del Río Blanco, identificada por las comunidades como la



Estudiantes de la Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera -IEDRILC-, en el marco del Festival de la cuenca de Río Blanco. 2010.



Grupo que realiza pagamento en el marco del Festival de la Cuenca de Río Blanco "Cambio Climático, Cambio Cultural". 2010.



Quebrada La Chuqua, vereda El Cerro, municipio de la Calera. 2010.

vulnerabilidad más importante frente a las amenazas del CC, en el marco de los objetivos del Proyecto INAP. Las reuniones también sirvieron de espacio para hacer seguimiento a los avances en la implementación de los procesos de restauración ecológica, identificando las dificultades y logros alcanzados individualmente y como comunidad.

La comunidad también fue partícipe con la realización de catorce mingas de trabajo para el aislamiento y siembra de plantas nativas, en los sitios donde los propietarios decidieron hacer un trabajo colectivo, para efectuar las implementaciones de restauración ecológica. El proyecto INAP apoyó con los refrigerios y el trabajo de los integrantes del equipo de restauración ecológica, con el fin de fomentar la participación comunitaria y el avance como sociedad.

Línea 2. Selección de sitios para la implementación de los procesos de restauración ecológica en las áreas priorizadas para el mantenimiento de la regulación hídrica.

Se realizaron caracterizaciones de los sitios acordados con las comunidades, en el marco de los Planes de Vida Adaptativos, en las diferentes veredas de intervención del proyecto, efectuándose en total 217 caracterizaciones, las cuales incluyen información sobre el estado de la cobertura vegetal, los usos, el nivel de prioridad por su importancia como recurso hídrico para la comunidad y el área necesaria a aislar.

Al realizar el análisis de dichas caracterizaciones se seleccionaron 198 sitios, de común acuerdo con las comunidades, para el desarrollo de las actividades del proceso de REP. Se localizaron 158 sitios en las áreas priorizadas para la restauración ecológica de nacederos y 40 sitios en las áreas priorizadas para la restauración ecológica de rondas hídricas.

Línea 3. Acuerdos comunitarios para el desarrollo de procesos de restauración ecológica.

El equipo de trabajo del Proyecto INAP-B, luego de concretar acuerdos para la destinación de áreas para el inicio de los procesos de restauración ecológica en la cuenca del Río Blanco y teniendo en cuenta los compromisos de las comunidades y propietarios de dichas áreas, brindó los insumos para la realización de las labores de restauración ecológica concertadas con las comunidades en las reuniones. Estos insumos se entregaron con el acompañamiento de las alcaldías municipales de La Calera y Choachí, las unidades municipales de asistencia agropecuaria -UMATA-, juntas de acción comunal y líderes comunitarios pertenecientes a cada una de las diez veredas de intervención del proyecto. Dichos insumos fueron implementados con el acompañamiento de profesionales y auxiliares del proyecto en actividades de restauración ecológica concertadas para el aislamiento de áreas, siembra de especies e instalación de bebederos para el ganado. Con la entrega de los insumos se firmaron las Actas de Compromiso para la implementación de medidas de adaptación, en las cuales se especificó la actividad a realizar, el insumo entregado, la cantidad, el valor y la medida de adaptación a la cual correspondió dentro del Proyecto INAP-B; además se indicó los compromisos mínimos que adquiere el propietario con la aceptación de los insumos. Se formalizaron la misma cantidad de acuerdos que de sitios seleccionados para la realización de las implementaciones de restauración ecológica, 11 propietarios en la vereda Chatasugá, 15 en La Caja, 10 en El Rosario, 14 en Mundo Nuevo, 7 en El Cerro, 16 en El Manzano, 13 en La Jangada, 17 en La Hoya y 18 en Capitolio, para un total de 121 Actas de Compromiso para la implementación de medidas de adaptación formalizadas.



Plantación de un cerco vivo por parte de las comunidades, vereda La Jangada municipio de La Calera.2010.

Línea 4. Propagación de especies vegetales de interés para la restauración ecológica de las áreas priorizadas.

El proyecto trabajó con las comunidades de las nueve veredas para la selección concertada de las especies que se utilizaron en los procesos de restauración ecológica, haciendo énfasis en el objetivo de la restauración en los sitios seleccionados. La concertación se apoyó en actividades de educación ambiental, dado que algunas de las especies necesarias para el proceso de restauración ecológica no eran valoradas por las comunidades, por ser consideradas especies “rastrojo” que no tienen un uso reconocido, pero que para el funcionamiento o salud del ecosistemas son de vital importancia. De esta forma se logró incluir especies como: *Datura arbórea*, *Baccharis sp.*, *Piper bogotense*, *Montanoa quadrangularis*, *Chusquea sp.*, *Oreopanax sp.*, *Brugmansia alba*, *Cestrum sp.*, *Chusquea sp.*, *Bocconia frutescens*, *Duranta mutisii*, *Vismia baccifera*, además de otras más apreciadas por las comunidades como *Myrcianthes sp.*, *Miconia aff. Minutiflora*, *Clusia multiflora*, *Tibouchina lepidota*, *Citharexylum sp.*, *Myrcia cuculata*, *Escallonia floribunda*, *Weinmannia fagaroides*, *Weinmannia karsteniana*, *Erythrina edulis*, *Alnus acuminata*, *Sambucus nigra*, *Senna viarum*, *Calliandra sp.*, *Cedrela montana*, *Carica papaya*, *Cinchona pubescens*, *Cordia cylindrostachia*, *Macleania rupestris*, *Drymis weinteri*, *Morella parvifolia*, *Inga sp.*, *Ceroxylon quindiuense*, *Vallea stipularis*.

Las actividades de reclutamiento, propagación, mantenimiento y siembra de estas especies las realizaron las comunidades de las veredas, con asesoría y acompañamiento durante todo el proceso del equipo de restauración ecológica del Proyecto INAP-B, del cual hacían parte integrantes de las comunidades de las veredas



Implementación de un cerco vivo por parte de las comunidades, vereda La Hoya municipio de La Calera. 2010

de intervención del proyecto. Esto permitió un acompañamiento continuo y cordial con las personas que desarrollaron estas labores. Adicionalmente, el proyecto, como medida de concertación con las comunidades, pagó jornales por el desarrollo de estas actividades realizadas durante diez meses desde el momento de la concertación.

En total se propagaron y sembraron 6.440 individuos de 50 especies nativas, los cuales se distribuyeron de forma equitativa entre los diferentes procesos de restauración que se realizaron en las nueve veredas, lo que refleja una siembra de aproximadamente 400 individuos por hectárea en proceso de restauración ecológica.

El proyecto también apoyó la construcción de invernaderos satélites como estrategia para el impulso de la propagación de especies nativas que las comunidades utilizarán en los mantenimientos a los procesos de restauración ecológica. Se construyeron dos invernaderos en el municipio de Choachí, en las veredas La Caja y El Rosario, y seis en el municipio de la Calera, en las veredas La Hoya, Capitolio, La Jangada, El Manzano, El Cerro y Mundo Nuevo. Estos invernaderos son de 10 X 6 metros y están divididos en dos secciones, una para las huertas caseras y otra para la propagación de especies forestales nativas, cuenta con cuatro eras de uno por cinco metros, que en promedio permitirían la reproducción en bolsa de 2.000 individuos.

Línea 5. Eliminación de tensionantes y siembra de especies nativas en los sitios seleccionados para la implementación de los procesos de restauración ecológica.

Para la evaluación de los compromisos adquiridos se realizaron visitas de georeferenciación y seguimiento al desarrollo de las actividades de restauración ecológica en las diferentes veredas de intervención del Proyecto INAP-B, con lo cual se georeferenció y evaluó cada uno de los 198 procesos caracterizados con acuerdos formalizados. Se encontró que el 79% de los sitios se aislaron y se instalaron los bebederos para el ganado como se había definido en los acuerdos; el 21% restante manifestaron querer dar cumplimiento a los compromisos adquiridos con el proyecto, sin embargo solicitaron más tiempo para la realización de las actividades, debido al fuerte invierno que dificultaba las labores en algunas partes de la cuenca.

Resultados en la implementación de las acciones para el mejoramiento de los sistemas de producción en la cuenca de Río Blanco

Con los procesos de REP se cubrieron 37.000 m² en sitios de nacederos y 101.000 m² en proceso de restauración ecológica en sitios de rondas hídricas, los cuales aportan a la consolidación de la EETA de la cuenca.

Se beneficiaron 90 familias⁶⁴ en las 9 veredas del programa INAP con productores campesinos en el marco de los Planes de Vida Adaptativos. Esto permitió la consolidación de 24,8 km de cercos vivos con 9 especies nativas, la construcción de 10 establos, 15 invernaderos y 20 galpones para el manejo de especies menores; la preparación y uso de 90 toneladas de abono orgánico (bocashi), 2.400 litros de biopreparados, implementación de 74 huertas caseras y frutales, y construcción de 60 m de trinchos o taludes para retener posibles movimientos de remoción en masa.



64 Mafla, 2011. *Documento resumen de la cuarta medida de adaptación del Programa INAP componente B Alta Montaña*, Bogotá D.C., 2009, p. 109.



Huerta de producción orgánica de asociación de tomate de árbol y maíz, vereda El Manzano, municipio de La Calera. 2011.

Respecto al uso racional y eficiente del agua se realizaron 18 jornadas de monitoreo y promoción del uso eficiente del agua, con temas de conservación de fuentes de agua, saneamiento básico, uso de agua lluvia, riego por goteo, tratamiento de agua potable y residuales, manejo de residuos sólidos y reservorios de agua, tanques sépticos y baños secos, lombricompostaje compostaje. Se hizo el diagnóstico de acueductos verdes, conservación de fuentes saneamiento básico, sistema de riego por goteo, calidad de agua, normatividad, monitoreo y promoción del uso eficiente del agua; además, la entrega a las comunidades del municipio de Choachi a través de la UMATA de 8 reservorios de 500, 1.000 y 5.000 litros de agua y un sistemas de riego por goteo para el uso eficiente y ahorro del agua de acuerdo a la vulnerabilidad de escases del recurso hídrico en el sector del Páramo Cruz Verde en las veredas San Francisco, El Cury, Potrero Grande, Agua Dulce y La Caja. Por último, 58 bebederos ecológicos fueron entregados en las 9 veredas en las que se implementó el caso piloto del Programa INAP.



Sistema de tratamiento de aguas residuales con humedal artificial, vereda Bobadilla, municipio de Choachí. 2010.

Capítulo 6



Reactivar las cadenas productivas naturales...
¡la clave de la sostenibilidad productiva!

Capítulo 6

Análisis de viabilidad financiera y análisis de ingresos de las medidas de adaptación en la cuenca de Río Blanco

Clasificación de los sistemas agroforestales

Los SAF han sido clasificados según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalecientes⁶⁵. Esta clasificación ha sido necesaria para proveer un marco conceptual que permita evaluar los diferentes sistemas y así desarrollar planes de acción para su mejoramiento⁶⁶.

Estos grupos se subdividen de acuerdo con criterios de arreglo temporal (secuenciales, coincidentes, interpolados, etc.), de arreglo espacial (sistemas mixtos, densos, en franjas, etc.), funciones de los componentes (leña, forraje, cercos vivos, conservación de suelos, etc.), zonas agroecológicas donde se desarrollan (zonas altas, semiáridas, etc.) y aspectos socioeconómicos (altos o bajos insumos, etc.).

Combe y Budowski (1979) proponen posibles combinaciones de los sistemas agroforestales (figura 6), basados en sistemas silvoagrícolas, agrosilvopastoriles y silvopastoriles.



Sistemas productivos cuenca de Río Blanco, vereda Ferralarada municipio de Choachí. 2009.

65 Fournier, 1981.

66 Nair, 1989.

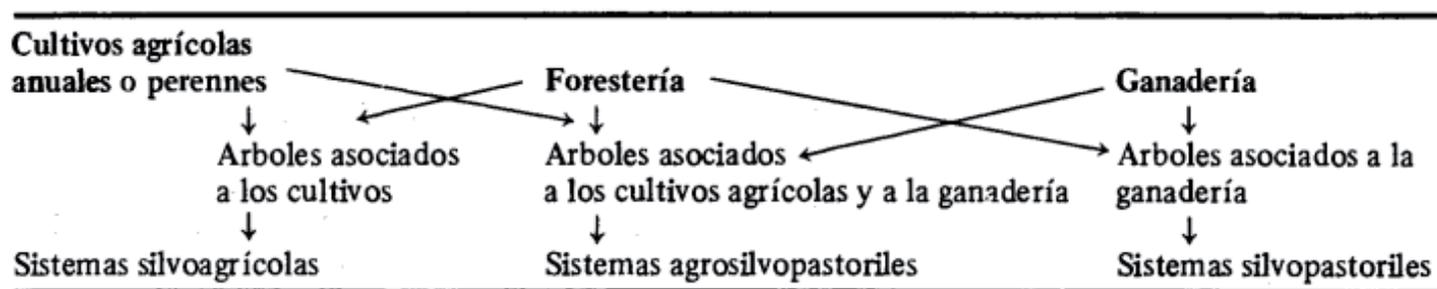


Figura 6. Combinaciones posibles de los sistemas agroforestales

Sin embargo Sinclair (2004) propone una clasificación un poco más detalla. Esta incluye:

- a. *Prácticas silvoagrícolas o silvoarable* donde predominan árboles junto con cultivos arables. Esto incluye el sistema ‘taungya’ que se basa en plantaciones forestales asociadas con rotaciones de cultivos temporales, cuyo objetivo es la producción de madera en su etapa final. Dichas plantaciones incluyen cultivos intercalados en callejones, donde se combinan por ejemplo con arbustos de rápido crecimiento por lo general fijadores de nitrógeno; además, cultivos de contorno que son ubicados y espaciados específicamente formando terrazas bilógicas para reducir erosión de suelos, dado que se incrementan las tasas de infiltración de aguas y, por ende, se reduce la escorrentía.



Cultivo de papa con arrayanes, vereda El Volcán municipio de La Calera. 2009.

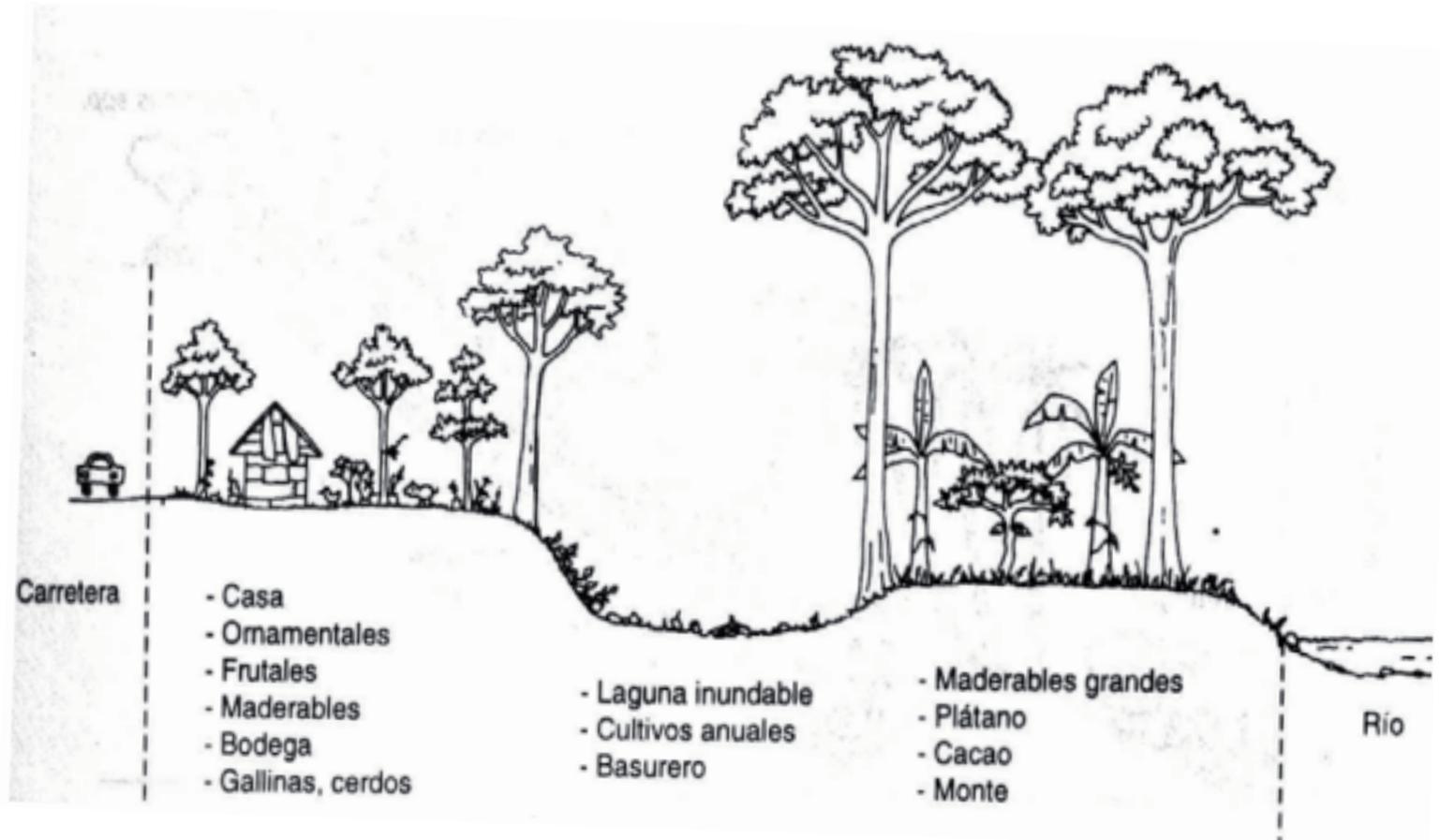


Figura 7. Característica gráfica del huerto casero mixto

Fuente: Iglesias, 1999.



Pastos asociados con arrayanes, vereda Quisquiza, municipio de La Calera. 2010.



- b. *Prácticas silvopastoriles* donde se combinan árboles, ganado y praderas. Los árboles ubicados en los pastizales son usados para la producción de follaje o para proveer resguardo y sombra a los animales.
- c. *Árboles y animales sin pastizales* empleados para la producción de follaje para ganado o usos de la sericultura, entre otros.
- d. *Plantación de cultivos de árboles y sistemas multiestrato* donde se combinan plantaciones de cacao, coco, café, palma de aceite, caucho y té junto con árboles que producen sombra o con el cultivo intercalado entre líneas de siembra de árboles. Por lo general los agricultores con la plantación permiten la regeneración, lo que reduce costos de entradas requeridas por el cultivo, modifica microclimas para controlar pestes o enfermedades y genera ingresos adicionales por la producción de frutales y madera.
- e. *Jardines forestales y recolección de productos forestales no maderables*, que incluye huertos con un componente de árboles predominante, ya sean plantados o regenerados naturalmente, donde se pueden recolectar productos de los árboles, hierbas, hongos e insectos entre otros (figura 7).

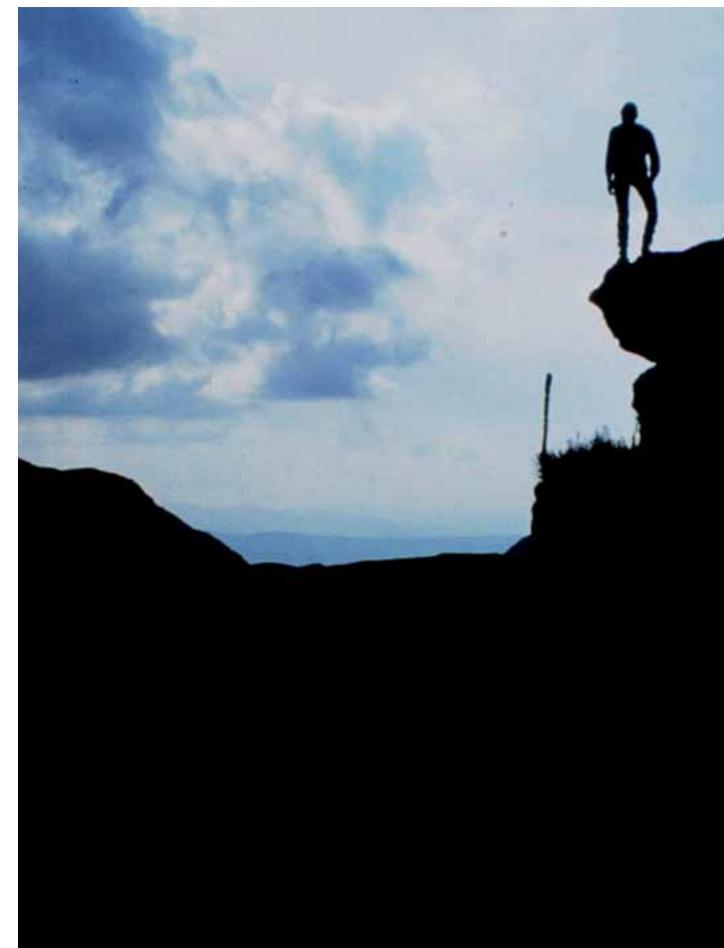
Limitaciones de los sistemas agroforestales

Muchos beneficios se han demostrado con el uso de los SAF, sin embargo, al momento de la implementación han aparecido limitantes ya sea por aspectos biofísicos, socioeconómicos y políticos.

Desde el punto de vista biológico se puede presentar competencia entre los componentes por nutrientes, agua, luz o dominancia predominante de algunas especies. También pueden presentarse daños al momento de la extracción de árboles o efectos desfavorables generados por el goteo de las copas de los árboles, el aumento de ataques fungosos por el incremento de humedad o la posible acción alelopática de algunas plantas como varios estudios lo han demostrado⁶⁷. Sin embargo, es aún necesario investigar para determinar el efecto de aumentar la población arbórea dentro de los campos agrícolas, sobre todos de los productos y SE. También es necesario profundizar sobre cómo diversas combinaciones incrementan o disminuyen la productividad y rentabilidad de los SAF, dado que la introducción o incremento de la densidad arbórea puede reducir la productividad útil, debido a la competencia con cultivos y pasturas, como se mencionó anteriormente. Para esto son necesarios estudios sólidos de línea base, de monitoreo y evaluación que demuestren cuáles son los impactos positivos a largo plazo de los SAF no sólo en la sostenibilidad ecológica sino también en la financiera.

Dado que esta carencia de información ha sido percibida por los campesinos, granjeros o pequeños productores agrícolas, cambiar esta percepción de que las especies forestales reducirán la producción agropecuaria puede ser un proceso lento y difícil. Además, muchas de las técnicas del uso de la tierra parten de conceptos tradicionales que a menudo están firmemente establecidos y socialmente aceptados en las comunidades locales, lo cual requiere un largo proceso de educación, convencimiento con métodos demostrativos y de un trabajo participativo.

110



La principal limitación de los sistemas agroforestales es el hombre, sin embargo la decisión acertada que este tome es la mayor oportunidad para ambos.

Este proceso de cambio puede limitarse severamente debido a que varios de los beneficios de los SAF, como la conservación, mejora del suelo o beneficios por productos maderables, que se obtienen a mediano y largo plazo no son tangibles para los productores y/o los beneficiarios se encuentran más allá de los límites de las fincas, haciendo que estos procesos de conservación/adaptación tomen bastante tiempo. Sin embargo, una clara planeación junto con una adecuada combinación de cultivos y animales, tanto en tiempo como en espacio, puede contrarrestar estos problemas.

También aparecen las situaciones político-administrativas, dado que dependiendo de la presión demográfica puede que sea necesario destinar áreas altamente productivas a agricultura intensiva para satisfacer necesidades locales. Alta producción de comida puede requerir menor cantidad o ausencia de árboles en una zona determinada, que puede también ser utilizada para mejora de la estabilidad ecológica. Es por esto que unos objetivos balanceados entre producción y conservación son requeridos.

También se requieren de mecanismos de compensación que estimulen a los productores a incluir árboles dentro de sus campos agrícolas, como es el caso de los esquemas de ‘pago por servicios ambientales’ que han sido implementados en Costa Rica y Ecuador y hacen que los procesos de conversión de uso de tierras sean más factibles tanto en términos económicos como ambientales. Además, es necesario hacer mayor investigación sobre los efectos compensatorios y/o incompatibilidades (“trade-offs”) entre los diferentes SE que proveen los SAF sobre los mecanismos de valoración, dado que algunos de los beneficios no son fácilmente cuantificables o son desconocidos.



Valla informativa del Centro de Germinación y Propagación de Especies Altoandinas y de Páramo.



Cultivo de papa vereda Frailejonal municipio de La Calera. 2010.

Principales elementos de la teoría económica de los sistemas agroforestales

Muchos de los estudios e investigaciones de SAF se concentran en la fertilidad de los suelos, las tasas de fijación de nitrógeno, competencias por los factores biofísicos de la producción, balances de agua y, como uno de los factores más importantes para el agricultor sino el más importante, el resultado económico. ¿Se ahorrarán fertilizantes y se obtendrá la misma producción? ¿Cuál de los sistemas traerá más beneficios? ¿Cuál estará sujeto a menos riesgos?

Según Jette Bredahl Jacobsen, experta en economía, política y planeación ambiental de la Universidad de Copenhagen, hay cuatro puntos claves al momento de implementar un sistema agroforestal.

» 1. Gestión de los objetivos en el sector agroforestal

Al elegir entre acciones alternativas, el rol de los cálculos económicos depende por supuesto del objetivo. Siempre es un objetivo mixto, compuesto por varios componentes. El peso relativo varía de un dueño a otro de acuerdo con las preferencias individuales y los potenciales de la propiedad. La siguiente jerarquía de objetivos es generalmente relevante:

- Petición de rentabilidad, en comparación con inversiones alternativas, con un riesgo y horizonte de tiempo similar;
- Solicitud de liquidez;
- Flexibilidad;
- Solvencia y estabilidad;
- Solicitud de servicios: caza, naturaleza, tranquilidad, estética, independencia económica y, por ejemplo, generación de empleo, y
- Placer general del dueño de la propiedad.

Los objetivos de rentabilidad y liquidez (solvencia) han sido –y siguen siendo– muy discutidos. La solicitud de la rentabilidad implica un cierto retorno a la inversión, mientras que el tamaño del superávit corresponde a la solicitud de liquidez. La práctica agroforestal a veces establece que la rentabilidad está subordinada, mientras que la liquidez es decisiva. Sin embargo, la justificación económica de aspectos agroforestales no es la preservación del capital real, sino que de este capital se obtenga un retorno.

» 2. Componentes retorno en el sector agroforestal

Al igual que el objetivo de gestión, el retorno consta de varios componentes y de su combinación, que varía de una propiedad a otra. A continuación se enumeran este tipo de componentes:

- Retorno continuo en SAF (procesos de producción primaria y secundaria): cosechas medidas en precios reales;
- Incremento real de los precios de los productos agrícolas y forestales;
- Incremento real de los precios de la tierra;
- Ganancias con la hipoteca de la propiedad agroforestal;
- Ventajas en relación a impuestos derivados de poseer la propiedad agroforestal, e
- Imponderables.

» 3. Razonamiento de inversión en el sector agroforestal

Muchos acuerdos de ejecución en el sector agroforestal se encuentran en la naturaleza de las inversiones y la economía clásica agroforestal se basa en el razonamiento de inversión. Parte de la elección de especies arbóreas y cultivos es (oficialmente) basado en el cálculo de J : el Valor Presente Neto -VPN- justo antes de la siembra de una serie infinita de rotaciones iguales. Las especies que den mayor J en un lugar determinado son las que maximizan todos los pagos netos futuros. Las condiciones previas para el uso del criterio de Max J . son similares a los de la teoría general de inversión clásica:



Taller con los docentes, padres de familia y estudiantes para tratar el tema de cambio climático en los procesos educativos. Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera - IEDRILC -, profesora Marina Cruz vereda Junia, municipio de La Calera. 2010.



Visita de seguimiento a las actividades del proyecto por parte del Banco Mundial. 2010.



114 Muestras de los trabajos sobre cambio climático elaborados por los estudiantes de la Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera - IEDRILC-, en el marco del Festival de la Cuenca de Río Blanco 2010.

- Perfecto mercado de capitales;
- Completa seguridad de todos los beneficios y costos futuros, y
- Convertidor independiente de alternativas de inversión.

» 4. Valor Esperado -VE-

El Valor Esperado -VE- es el VPN a un tiempo arbitrario t , de todos los flujos de efectivo futuros de un determinado cultivo y todos los futuros cultivos similares. En otras palabras, VE es el valor del suelo más las cosechas silvoagrícolas o forestales a un tiempo t .

Según Tamubula y Sinden (2000), en su estudio *La sostenibilidad y la eficiencia económica de los sistemas agroforestales en Distrito de Embu, Kenia: Una aplicación de modelos ambientales*, el concepto economista de ingresos sostenible data de por lo menos 1939 y Hicks lo definió como “la cantidad máxima de dinero que el individuo puede gastar esta semana, y aún así ser capaz de gastar la misma cantidad en términos reales en cada semana siguiente”⁶⁸. Para adaptar este concepto al problema actual, un ingreso sostenible puede ser definido como el consumo máximo posible durante un periodo, de tal manera que la comunidad tiene la misma riqueza natural tanto al final de un período como al principio. Este concepto se puede aplicar a nivel de finca, proyecto o nación.

Existen además otros conceptos económicos de ingresos sostenibles. Como desarrollo del concepto de Hicks, Pearce (1993) define una economía sostenible como aquella donde no hay daño a los activos ambientales entre el inicio y el final de un período. Argumenta que la irreversibilidad del capital natural restringe el desarrollo económico y,



por ende, el desarrollo debe ser guiado por la necesidad de evitar daños irreversibles. Kahn (1997) recalca que la sostenibilidad a nivel nacional puede ser evaluada por una combinación de indicadores para determinar la eficiencia económica y para medir las reservas físicas (stocks) de recursos.

La sostenibilidad de un proyecto individual también puede ser definida como una combinación de indicadores. Por ejemplo, Pandey y Hardaker (1995) definen la sostenibilidad como una mejora en el comportamiento productivo de un sistema sin agotar la base de recursos naturales de los que depende el desempeño futuro. Su modelo de sostenibilidad y eficiencia se podría escribir de la siguiente manera:

$$\text{Max } J = \sum_{i=0}^T B(S_t, X_t) / (1 + \alpha)^t \quad (1)$$

$$S_{t+1} - S_t = G(S_t, X_t) \quad (2)$$

$$S_T \geq S_0 \quad (3)$$

Donde la función J es la suma descontada de la medida de desempeño económico evaluado sobre horizonte planificado T ; la función B es una medida de desempeño de la finca y depende de las existencias de recursos naturales S y las decisiones del agricultor X , y α la tasa de descuento a un tiempo t . La función G mide el cambio en la reserva de recursos naturales a lo largo tiempo, que depende del tamaño de la reserva y de las decisiones de los agricultores. La reserva inicial es S_0 y las existencias de recursos al final del horizonte de planificación no debe ser menores a S_0 como en la Eq. (3). La solución al problema es identificar el vector de las prácticas de gestión X^* que maximiza el rendimiento en J , pero asegurando que la reserva de los recursos naturales no disminuya por debajo de la valor de S_0 . Este modelo ofrece un marco para aplicar los conceptos teóricos de la sostenibilidad y la eficiencia como un análisis empírico. En términos del problema actual, Eq. (1) es un indicador de la eficiencia y la Eq. (2) y Eq.(3) son las restricciones de la sostenibilidad.

Molua (2003), en su estudio sobre *Economía en sistemas agroforestales tropicales: el caso de fincas forestales en Cameroon*, plantea un marco analítico donde, teniendo que cuenta que entradas variables X_i y entradas fijas K son usadas en fincas agroforestales para producir salidas Y_j , la relación entre las cantidades de entradas empleadas y las cantidades de salidas producidas pueden ser expresadas como:

$$Y_j = f(X_r, K) \text{ o explícitamente como} \quad (1a)$$

$$Y_j = f(X_1, X_2 \dots X_r, K) \quad (1b)$$

Las entradas i incluyen mano de obra y crédito. La salida j se refiere a los productos forestales (frutas), cultivos de alimentos básicos (maíz, yuca) y productos pecuarios (unidades de vacas, ovejas, cerdos y aves de corral). Los agricultores parten del hecho de que maximizar las ganancias está limitado por condiciones tecnológicas y de mercado. La restricción tecnológica implica que las fincas están limitadas por la tecnología empleada, mientras que la restricción de mercado significa que los agricultores no pueden fijar o influir en los precios ni de los insumos ni del valor de los productos en el mercado.

El máximo rendimiento neto se calcula con el uso de técnicas empresariales de presupuesto y de análisis de margen bruto. Margen bruto se refiere a la diferencia entre el valor total de la producción por unidad y el total de los gastos variables incurridos⁶⁹. La Eq. (2) especifica el método utilizado para obtener los márgenes brutos en las fincas agroforestales.

$$M = \sum_{j=1}^m P_j Y_j - \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad (2)$$

Donde M es el margen bruto; P_j es el precio unitario del producto agroforestal; Y_j es la cantidad de productos; P_i es el precio por unidad de insumos variables utilizados para la producción; X_i es la cantidad de insumos variables; i, j, \dots, n, m son el tamaño total de la muestra. El resultado del proceso de maximización de ganancias (maximizando la diferencia entre el valor de producción menos el valor de los insumos variables) se da por una función de ganancia a corto plazo o restringido (Eq. (3)), definida en términos de la variable de insumos, precios de salida y niveles de costos fijos.

$$\pi_j = \left[\sum_{j=1}^m P_j Y_j - \sum_{i=1}^n P_i X_i \right] - K \quad (3)$$



La anterior ecuación (3) implícitamente podría estar representada como:

$$\pi_j = M - K \quad (4)$$

Donde π_j es la ganancia de la finca y K se refiere a los costos fijos, las otras variables ya están definidas en la Eq. (2). Por definición, la función de ganancia puede expresarse como:

$$\pi_j(P_i, P_j, \dots, K) = \max_{X_i > 0} \{ P_j f(X_i) - P_i X_i \} = \max_{Y_j > 0} \{ P_j Y_j - C(P_i, X_i) \} \quad (5)$$

El término $P_i P_j$ es la expresión de ingresos y $C(P_i, X_i)$ se refiere a costos incurridos. La ecuación de ganancia es entonces una función de los precios de entrada y de salida que puede ser especificada implícitamente como:

$$\pi_j = f(P_i, P_j, \dots, K) \quad (6)$$

Según McFadden (1978) y Chambers (1994), si la función de ganancia en Eq. (6) satisface ciertas condiciones de regularidad y es una función dual de producción, entonces sus parámetros contienen suficiente información para describir las tecnologías de producción de las fincas en Eq. (1a) y Eq. (1b). Las posibles soluciones se muestran a continuación:

1. π_j es mayor o igual a cero, lo que implica que el productor no acepta beneficios negativos. Esto esencialmente implica que el productor que se enfrenta con la pérdida de dinero por producción simplemente no elegirá producir. Específicamente, si se deja que $X_i = 0$ esto implica que $Y_j = 0$, y en ausencia los costos fijos $\pi_j(P_i, P_j) = 0$.
2. π_j es no decreciente en el precio de salida y no aumenta en el precio de entrada. Esto significa que si el precio de los insumos aumenta, las ganancias pueden disminuir y si el precio de los productos aumenta, las ganancias también pueden aumentar.
3. π_j es homogénea de grado uno en los insumos y los precios de producción. Esto se conoce como homogeneidad lineal positiva. Esto implica que la duplicación de todos los precios duplica la ganancia. En otras palabras, $\pi_j(tP_i, tP_j) = t\pi_j(P_i, P_j), t > 0$.

Análisis económico

» Criterios de selección de los sistemas agroforestales

Durante la caracterización realizada en la cuenca del Río Blanco, varias vulnerabilidades fueron identificadas con base en indicadores de sostenibilidad ecológicos, económicos y socioculturales, según la siguiente escala:

1. **Alto (Rojo):** se presenta alto grado de insostenibilidad.
2. **Medio (Amarillo):** se presentan algunos inconvenientes, hay cosas para mejorar.
3. **Bajo (Verde):** el grado de sostenibilidad concebido es muy bueno, la calificación muestra que hay una propuesta de trabajo integral.

A continuación se describen algunos de los indicadores analizados:

- Para el indicador de *conservación de agua*, se consideró que un predio presenta mayor grado de sostenibilidad si se conservan los nacimientos, se evita el desperdicio, se usan y se tratan las aguas residuales domésticas y de origen agropecuario con esquemas de reciclaje. Para este indicador la calificación de vulnerabilidad fue alta.
- Para *conservación de suelo*, se consideró que la finca presenta sostenibilidad del recurso suelo si logra implementar prácticas de manejo y conservación de su fertilidad natural, y si logra aportes adicionales con prácticas agroecológicas. Para este indicador la calificación de vulnerabilidad fue media.
- Para el indicador de *conservación de bosque*, se consideró que un predio es sostenible si conserva bosques naturales con alta biodiversidad de especies forestales, estén estos asociados o no a fuentes de agua, que exista conectividad con corredores biológicos y que su uso no sobrepase la oferta natural. Para este indicador la calificación de vulnerabilidad fue alta.



Huerta de producción orgánica acompañada por el proyecto, vereda Mundo Nuevo, municipio de La Calera. 2009.

- En cuanto al indicador *nivel de diversidad de dos sistemas productivos*, se consideró que el predio debe tener diferentes tipos de subsistemas productivos que funcionan de manera integrada, con prácticas y alternativas sostenibles. Para este indicador la calificación fue alta.
- Para el indicador de *sostenibilidad económica*, se estableció que la propuesta será sostenible y económicamente viable desde la visión de la comunidad si produce seguridad alimentaria, excedentes de mercado, genera ingresos por mano de obra o la puede cubrir, genera ingresos adicionales basados en la productividad y rentabilidad del predio.
- Para el indicador *seguridad alimentaria*, se consideró que la finca debe asegurar permanentemente, en áreas específicas o asociadas al sistema productivo, una base alimentaria que incluya los productos agrícolas y pecuarios que garanticen la alimentación de la familia y la producción de excedentes para la alimentación de los animales. Además, para disminuir los riesgos y asegurar un flujo permanente de ingresos, el predio debe proveer una variedad de productos que se comercialicen a un precio justo. Existirá mayor grado de sostenibilidad si hay una baja dependencia de externalidades, representadas en compra de insumos agrícolas y pecuarios, alimentos, materiales para construcción y otros. La finca debe tener la capacidad de absorber y remunerar la mano de obra de al menos dos miembros de la familia, pagar por los requerimientos adicionales de jornales ocasionales o permanentes y permitir que la familia tenga acceso a algunas comodidades.
- El indicador de *sostenibilidad ecológica* también tuvo calificaciones de vulnerabilidad medias y bajas. Esto incluyó *necesidades básicas satisfechas* (vivienda, acceso a la educación, acceso a salud, servicios), *aceptabilidad del sistema de producción*, *integración social y conciencia ecológica*.



Panorámica del Centro Experimental de Germinación y Propagación construido en la sede de la Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera – IEDRILC-, vereda Mundo Nuevo, municipio de La Calera. 2011.

Con base en estos criterios se determinó que el componente ambiental es aquel que representa una mayor vulnerabilidad y con base en la *Matriz de síntesis de los impactos antropogénicos ocasionados y alternativas en los sistemas de producción*⁷⁰ se determinó que las vulnerabilidades identificadas más representativas para los sistemas productivos son: 1. Problemas de erosión y estabilización de pendientes; 2. Suelos y potreros degradados; 3. Destrucción del bosque; 4. Escasez de alimento para los animales; 5. Falta de sombra para cultivos o animales; 6. Escasez de madera; 7. Escasez de leña; 8. Sequías intensas; 9. Riesgos socio-económicos, y 10. Baja cantidad y diversidad de productos para la alimentación humana.

Con base en esta información, el equipo consultor desarrolló jornadas de trabajo con el fin de priorizar las vulnerabilidades a evaluar desde la perspectiva económica. Este ejercicio contó con la participación de 12 representantes de las veredas El Manzano, El Cerro, La Haya, El Rosario, Capitolio y Mundo Nuevo; quienes determinaron que los aspectos prioritarios a trabajar fueran: 1. Suelos y potreros degradados; 2. Destrucción de bosque, y 3. Reducción de riesgo socioeconómico y aumento en la seguridad alimentaria.

Según Mafla (2011), para suelos y potreros degradados la alternativa agroforestal se basa en interplantar árboles o arbustos que fijan nitrógeno, tienen raíces profundas y soportan podas drásticas para enriquecer el humus del suelo, así como la rotación de cultivos, árboles y el uso de cobertura de hojarasca. Según estas recomendaciones se acordó con los habitantes y técnicos de la cuenca la implementación de sistemas silvopastoriles y agroforestales.

El sistema silvopastoril escogido por los asistentes fue un “arreglo de pasturas en franjas divididas por líneas de árboles o arbustos con: aliso (*Alnus acuminata*), pasto kikuyo, falsa poa y trébol rojo”. Este arreglo fue uno de los propuestos por Villamil (2008) para los municipios de Choachí y Junín. Para los SAF los cultivos escogidos fueron papa, maíz, frijol y arveja combinados con Chachafruto (*Erythrina edulis* T.). Los tres sistemas escogidos fueron: frijol-chachafruto, maíz-frijol-chachafruto y arveja-chachafruto.



Panorámica con diferentes sistemas de producción en la cuenca de Río Blanco. 2010.

Para la problemática de destrucción de bosques se escogió el establecimiento de cercas vivas y protección de nacimientos, bordes de ríos y quebradas, mientras que para reducir el riesgo socioeconómico y aumentar la seguridad alimentaria se propuso la implementación de huertos, con base en las especificaciones técnicas recomendadas por Villamil (2008).

Desde el punto de vista biológico, las técnicas agroforestales permiten combinar especies con requisitos ambientales diferentes, mejorando el aprovechamiento de la energía radiante por la opción de utilizar mejor tanto el espacio vertical como horizontal. Además, el hecho de aumentar la diversidad del sistema hace que este se asemeje más a las condiciones naturales del bosque. El suelo se aprovecha también mejor favoreciendo los ciclos biogeoquímicos por el uso de plantas con diferentes capacidades de adsorción de nutrientes y con raíces que penetran también a diferentes profundidades en el perfil del suelo⁷¹.

En general, los sistemas de producción se ven favorecidos con la presencia de estructuras arbóreas dado que estos contribuyen con los siguientes beneficios: 1. Mantenimiento de la fertilidad del suelo y reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes; 2. Conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua; 3. Captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles; y 4. Conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados⁷². Además, debido a la estructura vertical proporcionada por los árboles y otras especies leñosas, pueden convivir plantas y cultivos con diferentes requerimientos de luz, protegiendo al suelo de los efectos del sol, el viento y las fuertes lluvias que caracterizan al trópico⁷³.



71 Fournier, 1980.

72 Beer *et al.*, 2003.

73 Iglesias, 1999.

Los sistemas de producción se ven favorecidos con la presencia de estructuras arbóreas dado que estos contribuyen con los siguientes beneficios:

1. Mantenimiento de la fertilidad del suelo y reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes;
2. Conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua;
3. Captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles;
- y 4. Conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados.

Estos servicios ambientales deben ser tenidos en cuenta en la valoración económica al momento de escoger el sistema más apropiado para la zona. Según el estudio del Climate Issues Update (2009) *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad* (TEEB, por sus siglas en inglés), a través de diferentes métodos se obtuvieron 230 valores de 19 SE que se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 7. El valor de estos servicios ecosistémicos en los bosques tropicales para el 2007

Servicio ecosistémico	Valor del servicio (US\$/ha/año)		Número de estudios
	Promedio	Máximo	
Servicios de aprovisionamiento			
Alimentos	75	552	19
Agua	143	411	3
Materias primas	431	1.418	26
Recursos genéticos	483	1.756	4
Recursos medicinales	181	562	4
Servicios reguladores			
Influencia en la calidad del aire	230	449	2
Regulación climática	1.965	3.218	10
Regulación hídrica	1.360	5.235	6
Tratamiento de residuos/purificación del agua	177	506	6
Prevención de la erosión	694	1.084	9
Servicios culturales			
Oportunidades de recreación y turismo	381	1.171	20
Total	6.120	16.362	109

Fuente: TEEB. Climate Issues Update, 2009, disponible en: OIMT, 18:1, 201074.

74 El valor por hectárea fue calculado en 2007, por lo tanto, para estimar el valor a 2010 se utilizó la Tasa Representativa del Mercado -TRM- del dólar americano en 2007 de US\$ 2.014,76, junto con un factor multiplicador *K* de 1,16 para la conversión a pesos colombianos: COL\$/ha 2010 = US\$/ha 2007 x TRM x *K*.

Los valores promedio equivalentes (pesos en 2010) son integrados en las variables del flujo de caja económico, pero no significa que son ingresos en efectivo que reciben los productores al momento de implementar un SAF.

» Descripción de las especies valoradas



Plántulas de Aliso (*Alnus acuminata*) utilizadas para la implementación de cercos vivos. 2011.

1. Aliso (*Alnus acuminata*)

Es una especie de rápido crecimiento, importante en los procesos de regeneración y restauración de los bosques, que se puede plantar desde los 1.500 hasta poco más de 2.800 msnm. Los árboles son catalogados como especies pioneras que se desarrollan bien en sitios perturbados, suelos degradados o erosionados y favorecen el establecimiento de otras especies, dada su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. Incorpora nitrógeno al suelo a través de la hojarasca, lo que puede llegar a ser alrededor de 50 kg/ha/año. Buena productora de abono verde (mantillo). Produce 5 kg de materia seca (follaje) por planta⁷⁵.

Los alisos son bien conocidos por su afinidad con el agua. Su hábitat más típico son las orillas de los ríos y quebradas, los lugares pantanosos y sitios con suelo fértil y húmedo. Se le introduce en los potreros como beneficio indirecto para el pasto (fijación de nitrógeno), pero si hay excesiva sombra se puede reducir la producción de pasto. El *Alnus acuminata* se ha asociado con maíz y frijón, pastos, café, mora silvestre, helechos de exportación. Se utiliza como sombra y refugio para ganado y en linderos de potreros (Brasil, Costa Rica). Es usado como barrera rompevientos y cercas vivas en los agrohábitats. En plantaciones puede alcanzar 25 m de

altura en 10 años, con 20 cm de diámetro. La altura comercial del fuste puede llegar a más de 20 metros. En rotaciones de 20 años, la producción o rendimiento anual de madera para leña y uso industrial en sitios adecuados es de 10 a 15 m³/ha⁷⁶.

Usos:

- Artesanal [madera]. Se emplea en la fabricación de varios artículos artesanales e instrumentos musicales.
- Combustible [madera]. Leña y carbón. Poder calórico de la leña: 19.255 kilojulios/kg y carbón: 29.218 kilojulios/kg.
- Construcción [madera]. Construcción rústica, puentes y pilotes.
- Curtiente [corteza]. La corteza contiene taninos que pueden emplearse en curtición de cueros.
- Implementos de trabajo [madera]. Mangos para herramientas.
- Industrializable [madera]. Pulpa para papel de buena calidad.
- Maderable [madera]. Gran potencial para producción de madera. Puertas, pisos y cercas, muebles, palillos y cabos de fósforos, zapatos ortopédicos, moldes para fundición de metales, molduras, ataúdes, lápices, madera en rollo, aserrío, embalajes y ebanistería. El *Alnus acuminata* no se recomienda para estructuras y construcciones que requieran alta resistencia, dado que la madera es muy suave.
- Medicinal [corteza]. Antiescrofulosa, astringente, afecciones cutáneas, para la sífilis. Propiedades antifúngicas y antibacteriales en el género.
- Uso doméstico [madera]. Elaboración de algunos utensilios domésticos.

Los alisos son bien conocidos por su afinidad con el agua. Su hábitat más típico son las orillas de los ríos y quebradas, los lugares pantanosos y sitios con suelo fértil y húmedo. Se le introduce en los potreros como beneficio indirecto para el pasto (fijación de nitrógeno), pero si hay excesiva sombra se puede reducir la producción de pasto.



Fruto de chachafruto. 2011.

2. Chachafruto (*Erythrina edulis* T.)

Erythrina edulis T. es una especie nativa que crece entre los 1.000 a 2.600 msnm, en lugares con temperatura media anual de 17 a 20.4 °C y precipitación promedio anual entre 1.800 y 2.800 mm. Es una especie heliófila que requiere mucha luz. Tiene una altura promedio de 8 m y un diámetro de tronco de 24 cm, sin embargo se han encontrado ejemplares de 14 m de alto y 47 cm de grueso⁷⁷.

El chachafruto es una leguminosa con potencialidad para ser usada como materia prima en la elaboración de productos que tradicionalmente son fabricados a base de maíz⁷⁸. Se cultiva especialmente para la alimentación dado que se obtiene un frijol gigante. Es apto para el manejo industrial en la producción de harinas, fritos, encurtidos, potajes y concentrados. Además es usado en la medicina tradicional como regulador de la función renal hipotónica y contra la osteoporosis. La semilla es diurética⁷⁹.



77 SEMICOL, 2011.

78 SLNCV, 2010.

79 UDEA, 2011; VTN, 2011.

Las raciones de chachafruto permiten que el campesino disminuya la cantidad de concentrados y alimente a sus animales con mucha proteína y energía, además le ahorra dinero. Un árbol de tres años está en capacidad de producir 26 kg de forraje en cada poda. Un adulto produce hasta 78 kg de cáscara de vaina por año. Es decir, 400 árboles sembrados en una hectárea producen 31 toneladas de alimento animal anual.

Es un alimento para consumo humano y animal. La proteína del chachafruto es de mejor calidad que la del fríjol común, la lenteja, el haba, el garbanzo, la arveja y otras leguminosas. Es un producto del cual se consumen la semilla, los granos, las hojas del árbol y la cáscara de la vaina. Con estos subproductos se pueden alimentar cerdos, vacas, caballos, ovejas, cabras, conejos, curíes y gallinas. El contenido proteínico de las hojas es superior al de los pastos, las hojas de cámbulo, el fríjol canavalia y la yuca. Las vacas alimentadas con follaje de chachafruto fresco presentan un significativo aumento en la producción de leche. Las raciones de chachafruto permiten que el campesino disminuya la cantidad de concentrados y alimente a sus animales con mucha proteína y energía, además le ahorra dinero. Un árbol de tres años está en capacidad de producir 26 kg de forraje en cada poda. Un adulto produce hasta 78 kg de cáscara de vaina por año. Es decir, 400 árboles sembrados en una hectárea producen 31 toneladas de alimento animal anual⁸⁰.

La especie sirve como cerca viva y sombrío de café y ganado; es fijadora de nitrógeno y, por lo tanto, apta para recuperación de suelos⁸¹.



80 NULLVALUE, 1990; Barrera, 1998.

81 VTN, 2011.

» Análisis costo–beneficio de los SAF

La valoración económica de los SAF se basa en un valor esperado que es el VPN a un tiempo arbitrario t de todos los flujos de efectivo futuros de un determinado cultivo y todos los futuros cultivos similares.

Los ingresos se establecieron como la suma de los costos evitados más los beneficios económicos por los SE, así como por el valor de la producción de cada sistema productivo. Costos e ingresos fueron establecidos como constantes en el periodo 2010 a 2050, es decir, sin tener en cuenta porcentajes de inflación, calculando el VPN de la inversión a una tasa de descuento $r = 5\%$.

Descripción de las variables económicas

Los costos de los sistemas productivos (ganado, papa, maíz, frijón y arveja) fueron tomados del Sistema de Información del Sector Agropecuario del Valle del Cauca⁸², dado que los costos directos (labor e insumos) e indirectos son detallados para cada una de las actividades productivas, valores no registrados para la cuenca del Río Blanco. Los costos de implementación del sistema silvopastoril *Erythrina edulis* T. (Chachafruto), protección de nacimientos, cercas vivas, protección de bordes de ríos y quebradas, y huerta fueron adaptados de Villamil (2008), mientras que los costos utilizados para el análisis de protección de nacimientos por m^3 de agua para uso doméstico se estiman cercanos a \$1.360⁸³.

Los ingresos (beneficio económico) se establecieron con base en el valor estimado de los SE generados por la implementación de los SAF y por el valor de la producción del sistema productivo.

82 Para ver en detalle los costos de cada sistema productivo consultar la SISAV. *Guía de costos de producción agrícolas y pecuarios*, disponible en: http://sisav.valledelcauca.gov.co/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&req=viewlink&cid=19.

83 Escenario base: uso de agua promedio de $14 m^3/mes/4$ personas / \$ estrato 2. Costos básicos y de alcantarillado no incluidos en el escenario. EAAB Bogotá. 2010.

Valor estimado para los servicios ecosistémicos de bosques tropicales

El valor establecido en el estudio de *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad*⁸⁴ para cada servicio ambiental fue calculado por hectárea y, por lo tanto, fue necesario construir un factor en función del área de influencia de cada árbol en cada sistema agroforestal.

Para el aliso (*Alnus acuminata*) se estableció un área de influencia de 1.788 m² (447 árboles/ha), en el que se asociaron los siguientes servicios ambientales y se asignaron los valores económicos por año establecidos en el estudio TEEB (valores en pesos 2010): prevención de la erosión (\$290.296), materias primas (\$180.285), recursos medicinales (\$75.711) y regulación climática (\$821,948). Así mismo, se determinó que según las condiciones biológicas de esta especie, dichos SE empezarían a ser percibidos a partir del séptimo año después de la siembra.

Para el *Erythrina edulis* T. (chachafruto) se estableció un área de influencia de 500 m² (241 árboles/ha), y de acuerdo a los SE que presta anualmente, el valor económico equivalente por año sería: prevención de la erosión (\$81.179), materias primas (\$50.415), recursos medicinales (\$21.172), regulación climática (\$229.851), alimento (\$8.773) y regulación hídrica (\$159.083). Se determinó que según las condiciones biológicas de esta especie, estos servicios se empezarían a prestar a partir del séptimo año después de la siembra, excepto los recursos medicinales y alimento que podrían obtenerse a partir del segundo año.

128



Bosque alto andino con siete cueros florecidos. Vereda Bobadilla, municipio de Chachi.2010.



Líquenes en estado reproductivo en el suelo paramuno del Parque Nacional Naural Chingaza.



Para la protección de nacimientos y bordes de ríos y quebradas, se estableció que el área de influencia es de 3.000 m² (1 km de largo x 3 de ancho), estimando que el valor económico equivalente por año fuera el siguiente (pesos 2010): prevención de la erosión (\$487.074), materias primas (\$302.491), recursos medicinales (\$127.032), regulación climática (\$1.379.107), alimento (\$52.638), regulación hídrica (\$954.497) e influencia en la calidad del aire (\$161.422). Se determinó que según esto, los servicios empezarán a prestarse a partir del séptimo año después de la siembra.



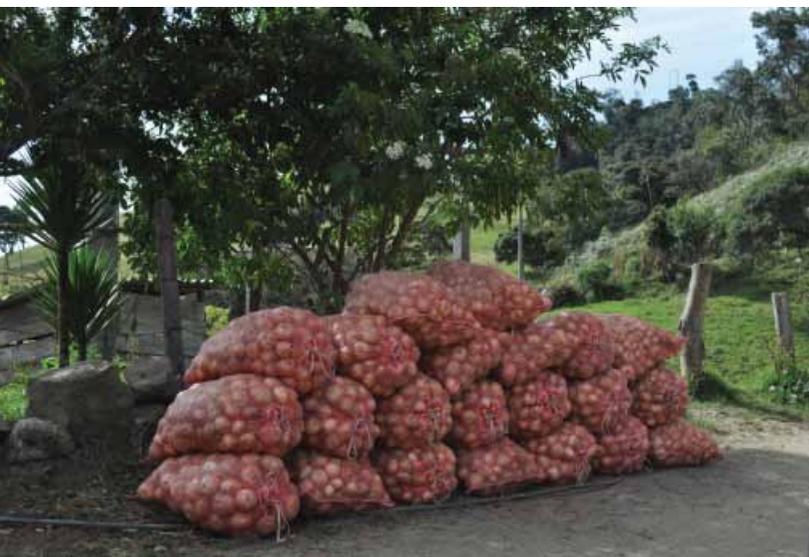
La huerta se propuso para un área de 36 m², teniendo en cuenta los siguientes productos: acelga, arracacha, arveja, caléndula, cebolla larga, cebolla cabezona, cilantro, calabaza, curuba, durazno, espinaca, feijoa, fresas, fríjol, granadilla, guatila, habas, lechuga, lulo, maíz, manzanilla, mora, pimentón, remolacha, repollo, ruda, tomate, tomate de árbol, tomillo, uchuva, yerbabuena y zanahoria. Se determinó que la producción anual de cada producto sería de tres libras, tres unidades o tres atados. El precio establecido fue el precio de mercado del mes de abril de 2011.



Huerta, preparación de abonos orgánicos y siembra de cercos vivos y por parte de las comunidades de la cuenca de Río Blanco. 2011.



Arriba; muestra por parte de las comunidades de los productos provenientes de las huertas orgánicas. Abajo cosecha de cebolla cabezona vereda Potrero Grande, municipio de Chachí. 2010.



Valor de la producción

La cantidad de producción es un factor que varía con o sin el SAF. Al momento de implementar el SAF los árboles ocupan un área determinada que reduce el área de producción. Con solo el sistema productivo, los cultivos ocupan un área de 1 ha, mientras que con el sistema agroforestal se estableció que para papa y arveja se manejarían 0.05 ha de chachafruto y 0.95 ha de los cultivos. Para maíz-frijol, se estableció 0.05 ha de chachafruto, 0.50 ha de maíz y 0.45 ha de frijol. El área de ganadería no es afectada con el establecimiento del sistema silvopastoril y por lo tanto para ambos casos el área de producción es de 1 ha.

Para tres cabezas de ganado por hectárea⁸⁵ la producción anual de leche es 10.980 litros, la amortización por venta vaca desecho es de 135 kg, 120 empaques y 1-2 terneros machos de una semana para venta. Con SAF se producen anualmente las siguientes cantidades: papa 16,01 t, maíz 1,21 t, fríjol 0,42 t, arveja 2,34 t. Sin SAF se producen anualmente: papa 16,95 t, maíz 1,21 t, fríjol 0,47 t, arveja 2,47 t⁸⁶. Adicionalmente se considera que la producción disminuye porcentualmente cuando no hay SAF por degradación ambiental, en un porcentaje relacionado con cambios en productividad de entre 2 a 50%, con el fin de establecer escenarios de sensibilidad respecto a los posibles impactos negativos relacionados con el CC a largo plazo. Para más detalles ver anexo. I



85 Recomendación técnica establecida según el SISAV.

86 Producción según SISAV.

Resultados de la valoración económica

Para los sistemas productivos con SAF se estimó un VPN relativamente constante (debido a la degradación ambiental evitada) durante el periodo 2010–2050 en las siguientes magnitudes: silvopastoril \$165.624.234, papa-chachafruto \$52.992.698, chachafruto \$31.095.370, arveja-chachafruto \$90.994.176. La disminución en el VPN para los sistemas productivos se explica por la reducción de productividad debido a la degradación ambiental acumulativa en los sistemas tradicionales durante el periodo 2010-2050 (tabla 7). Se observa entonces que la diferencia entre el VPN de los sistemas productivos con SAF en relación al VPN de los sistemas productivos sin SAF se hace mayor a medida que se incrementa el porcentaje de reducción de productividad (gráfico 4). Para un escenario de 2% de reducción anual de productividad se presenta la comparación de VPN con y sin SAF en el gráfico 5.

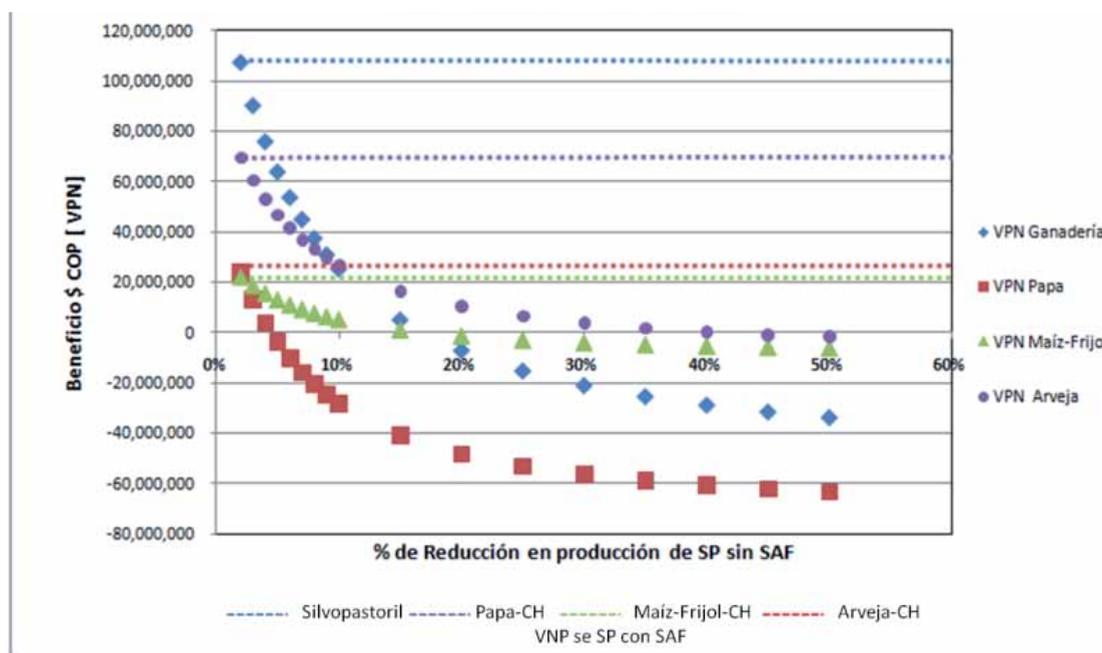


Gráfico 4. Comparación de VPN de los sistemas productivos (SP) en relación al porcentaje de reducción en productividad de SP sin SAF, cuenca Río Blanco 2010-2050

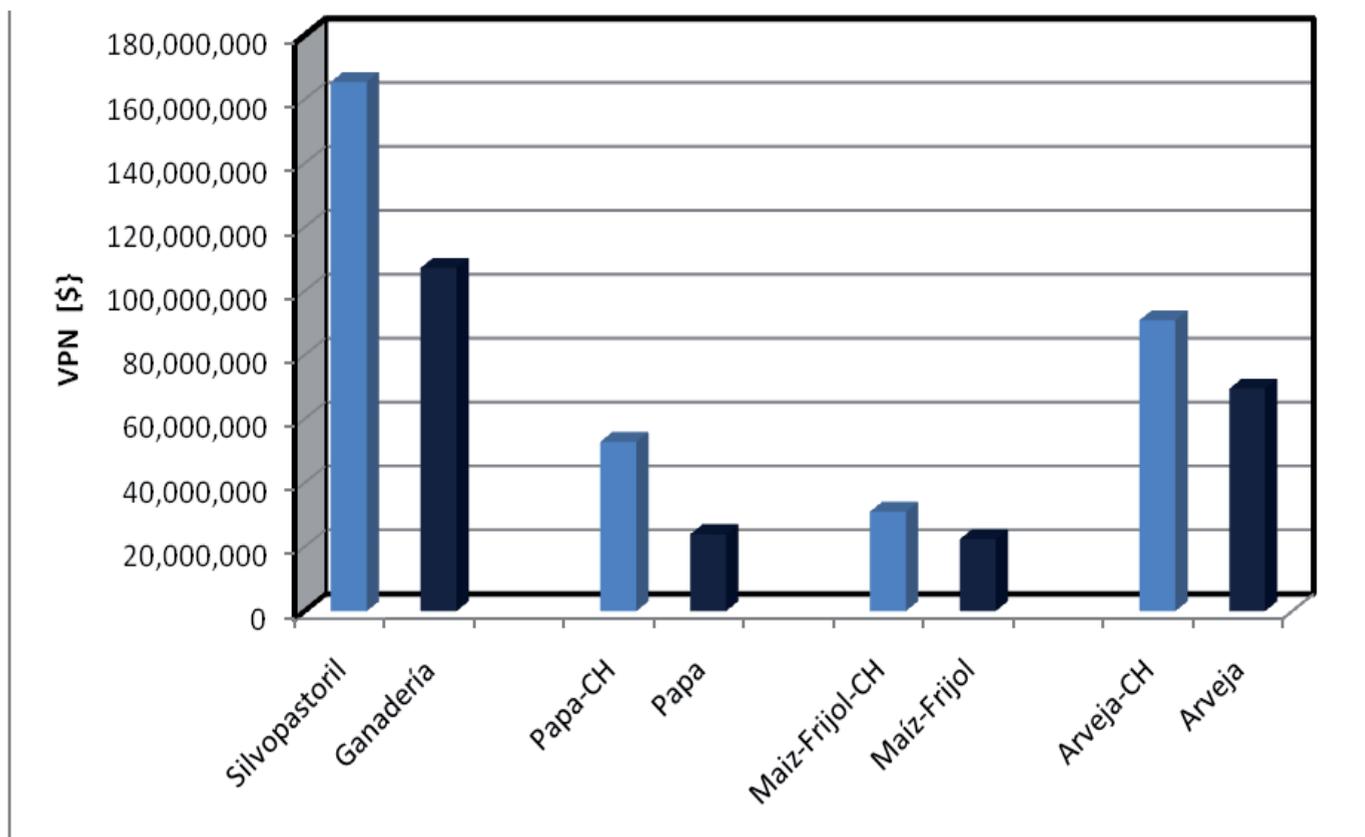


Gráfico 5. Comparación de VPN con y sin SAF (2% de reducción en productividad), cuenca de Río Blanco, 2010-2050

132

Como se observa en la gráfica 6, con la protección de nacimientos y según el escenario establecido, se determinó que si se usa agua del nacimiento en un 100%, se podría estimar un costo evitado cercano \$3.678.758 durante el periodo 2010 al 2050 (pesos 2010).

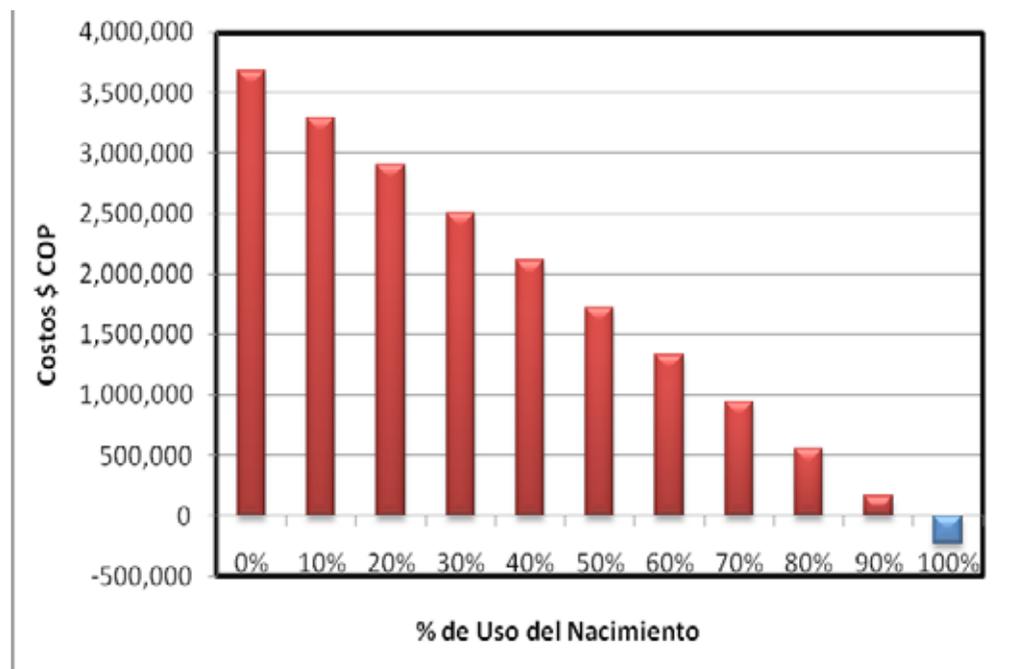


Gráfico 6. Porcentaje de uso de agua del nacimiento vs. VPN (costos de pago de acueducto \$), cuenca del Río Blanco, 2010-2050

Con respecto a las cercas vivas, se estimó que el beneficio económico equivalente por servicios ambientales (VPN 2010-2050) es de \$41.298.551 por km, y para la protección de bordes de ríos y quebradas de \$39.227.301. Con respecto a la huerta, el beneficio económico por valor de la producción que puede interpretarse como un costo evitado o como ingreso en efectivo es de \$1.989.583 (VPN 2010-2050). La valoración económica se basó en ingresos equivalentes y costos evitados por los SE prestados por las especies arbóreas.

Adicionalmente, estas especies también pueden generar recursos adicionales en función de nuevos usos: artesanal, combustible, construcción, curtientes, implementos de trabajo, industrializable, maderable, medicinal, uso doméstico, alimento para consumo humano y animal entre otros.

Tabla 7. Comparación de Valor Presente Neto con y sin SAF 2010-2050

\$ Con SAF				Reducción de productividad	\$ sin SAF				% Beneficio			
Silvopastoril	Papa-CH	Maíz-fríjol-CH	Arveja-CH		Ganadería	Papa	Maíz-fríjol	Arveja	Silvopastoril	Papa-CH	Maíz-fríjol-CH	Arveja-CH
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	2%	107.438.188	24.074.555	22.501.323	69.595.790	35%	53%	28%	24%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	3%	90.237.771	12.996.185	18.898.069	60.557.899	46%	74%	39%	33%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	4%	75.901.414	3.800.368	15.907.119	53.055.822	54%	93%	49%	42%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	5%	63.850.470	-3.899.712	13.402.658	46.773.989	61%	108%	57%	49%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	6%	53.635.195	-10.403.049	11.287.440	41.468.475	68%	121%	64%	54%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	7%	44.904.482	-15.941.865	9.485.933	36.949.830	73%	131%	69%	59%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	8%	37.382.901	-20.697.468	7.939.168	33.070.143	77%	141%	74%	64%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	9%	30.853.265	-24.812.205	6.600.844	29.713.282	81%	149%	79%	67%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	10%	25.143.359	-28.398.509	5.434.395	26.787.525	85%	156%	83%	71%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	15%	4.917.221	-40.982.174	1.341.542	16.521.594	97%	181%	96%	82%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	20%	-7.301.221	-48.436.509	-1.082.989	10.440.242	104%	195%	103%	89%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	25%	-15.454.067	-53.291.701	-2.662.147	6.479.308	109%	205%	109%	93%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	30%	-21.278.092	-56.658.709	-3.757.270	3.732.455	113%	212%	112%	96%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	35%	-25.646.149	-59.095.376	-4.549.799	1.744.588	115%	216%	115%	98%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	40%	-29.043.529	-60.911.802	-5.140.594	262.722	118%	220%	117%	100%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	45%	-31.761.433	-62.294.057	-5.590.174	-864.941	119%	223%	118%	101%
165.624.234	52.992.698	31.095.370	90.994.176	50%	-33.985.173	-63.360.553	-5.937.053	-1.735.003	121%	225%	119%	102%

En cuanto a la vulnerabilidad del área, según el indicador de sostenibilidad ecológico (cuyo valor actual es de IE=1,76) se espera que ante las prácticas agroforestales analizadas a largo plazo su valor pase a ser cercano a 5, como representación de un escenario ideal estable.

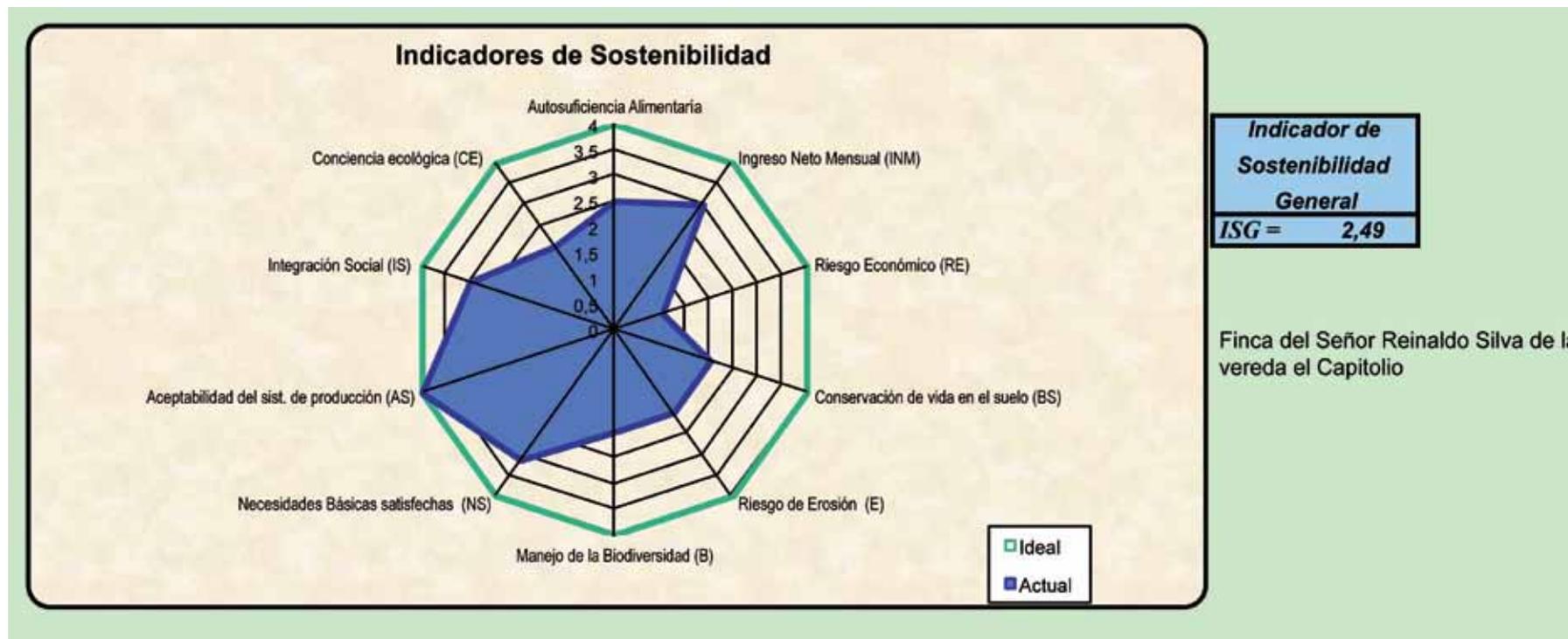


Gráfico 7. Indicadores de sostenibilidad general

Fuente: Mafla, 2011.

En tal sentido es posible identificar una relación entre cambios en la vulnerabilidad del área e impactos económicos asociados al mejoramiento de las condiciones. Como se observa en la siguiente tabla, ante un escenario en el que el nivel de productividad se reduce en cerca del 2% como consecuencia del CC, el porcentaje de reducción de las pérdidas económicas evitadas como consecuencia de la aplicación de SAF se ubica entre el 24 y el 53% en términos del VPN económico de la producción.

Tabla 8. Escenario de reducción en la vulnerabilidad e impacto económico debido a SAF 2010-2050

Sistema productivo	Calificación actual de vulnerabilidad	VPN \$ prácticas tradicionales*	Sistema agroforestal	Calificación esperada del indicador de vulnerabilidad	VPN \$ SAF	% de beneficio con SAF respecto a prácticas tradicionales
Ganadería	1,76	107.438.188	Silvopastoril	5	165.624.234	35
Papa	1,76	24.074.555	Papa-chachafruto	5	52.992.698	53
Maíz-fríjol	1,76	22.501.323	Maíz-fríjol- chachafruto	5	31.095.370	28
Arveja	1,76	69.595.790	Arveja- chachafruto	5	90.994.176	24
			Protección nacimientos	5	3.678.758	100
			Protección bordes de ríos y quebradas	5	39.227.301	100
			Cercas vivas	5	41.298.551	100
			Huerta	5	1.989.583	100

* Valor periodo 2010-2050. Escenario de 2% reducción de productividad anual.

Capítulo 7



Aprovechar el conocimiento ancestral mantiene el equilibrio en el camino de la adaptación al cambio climático.

Capítulo 7

Retos, recomendaciones y conclusiones

Resulta fundamental para lograr la implementación de actividades de restauración y SAF, tener en cuenta que cualquier medida de adaptación se debe sustentar desde su inicio en un proceso verdaderamente participativo, educativo e investigativo. Dicho proceso debe tener en cuenta que la adaptación de las poblaciones y comunidades es ante todo una transformación cultural.

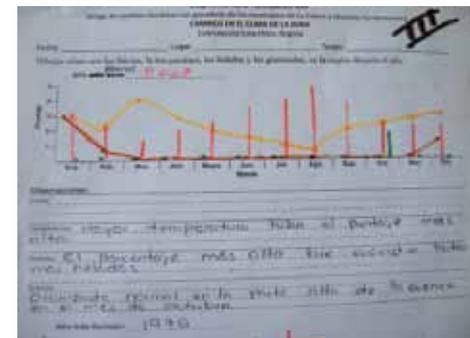
Teniendo esto en cuenta, así como las políticas públicas, particularmente la políticas de *educación e investigación ambiental y mecanismos de participación*, los retos y recomendaciones serían:

- Propiciar el posicionamiento de la reflexión sobre CC a nivel municipal y departamental en los Comités Interinstitucionales de Educación Ambiental -CIDEA-. Resulta fundamental partir de la formulación de los Programas Educativos Institucionales -PEI- y Programas Ambientales Escolares -PRAE- de los Centros Educativos ubicados en las veredas que conforman o hacen parte del municipio o la cuenca.



Ceremonia de bendición de bastones y pago por parte de las comunidades del Cumbal en la laguna de Siecha. 2010.

- Propiciar la incorporación del CC dentro de la educación formal, a través de la transversalización del componente ambiental e incluyendo dentro del currículo la reflexión sobre el clima, el CC, la gestión del riesgo y las medidas de adaptación propuestas. Esto debe permitir la definición de un proyecto de investigación en la escuela sobre CC⁸⁷.
- Propiciar la conformación o fortalecimiento de los Consejos Ambientales Municipales -CAM-, encargados de la formulación, ejecución y seguimiento de los Sistemas de Gestión Ambiental Municipal -SIGAM-. En dichos consejos ambientales municipales existen, entre otras, la Comisión de Educación y el Comité Local de Prevención y Atención de Riesgos y Desastres -CLOPAD- para articular las propuestas con el nivel departamental y nacional.
- Propiciar la incorporación del CC en la educación no formal como Proyecto Comunitario de Educación Ambiental -PROCEDA-, a través de la formación a comunidades locales en procesos de restauración y transformación de agroecosistemas al CC. Para ello resulta fundamental el apoyo a procesos de reconocimiento territorial de las comunidades habitantes de la cuenca en espacios comunitarios, como pueden ser los “Festivales de la Cuenca”.
- La mejor estrategia para desarrollar las medidas de adaptación y disminuir la vulnerabilidad al cambio climático es el fortalecimiento de la organización social, el manejo de la información y el reconocimiento del territorio, por lo que es necesario abrir y/o fortalecer los espacios de organización comunitaria, como los Planes de Vida Adaptativos -PVA-.
- Un primer reto es el levantamiento de una línea base de información temática a diferentes escalas temporales y espaciales sobre el territorio y sus habitantes. Para esto es recomendable el levantamiento de información de carácter nacional a escala



1:500.000, el levantamiento de información a escala regional 1:50.000 y el de información a escala local 1:25.000 y 1:10.000. Esto permite articular la información de carácter nacional, regional y local para el ordenamiento territorial.

- El reto es la disminución de la vulnerabilidad local, teniendo en cuenta el ordenamiento del territorio, desde la escala nacional y regional.
- El análisis económico de los sistemas estudiados debe considerar un marco de tiempo amplio, acorde con los SE y el cambio positivo de los mismos al introducir prácticas agroforestales. En tal sentido, muchos de estos SE sólo podrán ser observados luego de varios años de haber iniciado su implementación y, por tanto, el flujo de caja debe incorporar dicha temporalidad. De otra parte, así como en el estudio económico previo sobre la adaptación al CC relacionado con el Proyecto INAP⁸⁸ y los cambios sobre el bienestar asociados con los impactos negativos del fenómeno climático, los beneficios de las medidas de adaptación se reflejan a largo plazo. Es recomendable entonces, con el fin de realizar una aproximación económica apropiada, la construcción de modelos y flujos de caja con periodos de tiempo no menores a 10 años, en los cuales los beneficios serán crecientes en la medida en que el sistema agroforestal se mantenga a través del tiempo o, en otras palabras, cuando los SE asociados se incrementan y consolidan.
- El ejercicio de valoración y particularmente el enfoque propuesto en el que las medidas de adaptación desarrolladas en el proyecto INAP son clasificadas por su naturaleza como directas o de soporte, permiten racionalizar el alcance del estudio económico de los beneficios relacionados con el proyecto⁸⁹. En el caso de las prácticas agroforestales evaluadas en este ejercicio (clasificadas por el equipo técnico del proyecto como una medida directa de adaptación al CC), la identificación y valoración de los beneficios económicos fue desarrollada con base en las estimaciones del estudio TEEB⁹⁰ y la estimación del valor referencia de los SE relacionados directamente con las prácticas productivas analizadas.

Resulta fundamental para lograr la implementación de actividades de restauración y SAF tener en cuenta que cualquier medida de adaptación se debe sustentar desde su inicio en un proceso verdaderamente participativo, educativo e investigativo. Dicho proceso debe tener en cuenta que la adaptación de las poblaciones y comunidades es ante todo una transformación cultural.

88 Alterio, 2010.

89 Ídem

90 Climate Issues Update, 2009.

La integración de estos valores en el flujo de caja permite distinguir los impactos positivos de los SAF respecto a los esquemas tradicionales de producción.

- Como se observa en los resultados alcanzados, en la valoración económica el valor presente neto de las prácticas agroforestales en los cuales la vulnerabilidad al CC ha sido o se espera sea reducida, es mayor al mismo indicador económico calculado para sistemas agrícolas tradicionales en los cuales los SE disminuyen en el mediano plazo. En tal sentido, se observa que a largo plazo el bienestar de las comunidades campesinas (medido en términos económicos) es mayor en aquellos casos en los que se instalan y mantienen en el tiempo prácticas agroforestales, frente a aquellos casos en los cuales no existe una transformación tecnológica.
- Desde el enfoque económico se corrobora que los esquemas SAF mejoran las condiciones de comunidades rurales a través de la producción de servicios y/o productos provenientes de árboles asociados con cultivos o ganado, generando mejor aprovechamiento del potencial de productividad mientras se conserva el recurso base. Además, debido a un aumento en la complejidad biológica y estructural de estos sistemas, a diferencia de estructuras más simples como los monocultivos, se favorece una mejor protección del ambiente, recuperando e incrementando el equilibrio entre la conservación ambiental, el beneficio económico y bienestar social, lo que fortalece el desarrollo sostenible de la región.



Expresiones culturales en el marco del Festival de la Cuenca de Río Blanco. 2010.

Conclusiones generales de la experiencia del componente B del INAP:

- La formulación e implementación de medidas de adaptación es compleja, sistémica, interdisciplinaria e intercultural.
- En el diseño de las medidas de adaptación influyen factores biofísicos, socioeconómicos y culturales; es importante tener en cuenta el *enfoque ecosistémico y la adaptación basada en ecosistemas*.
- La formulación de medidas de adaptación requiere el análisis de vulnerabilidad a diferentes escalas espaciales y temporales.
- La implementación de las medidas de adaptación es de abajo hacia arriba, es decir de lo local a lo regional y nacional.
- La implementación de medidas de adaptación es un proceso cultural.
- Todas las medidas de adaptación requieren para su sostenibilidad medidas de soporte como la educación, la investigación acción-participante y el fortalecimiento de la organización social a escala local.



1. ¿En qué consistió la participación de la comunidad y de las instituciones que tienen roles en la cuenca, y cuáles son los alcances y limitaciones de esta participación?

Las comunidades campesinas de la cuenca de Río Blanco se organizaron a través de nueve planes de vida adaptativos con herramientas como espacios de concertación y acuerdos de las actividades del programa INAP. En dichos planes participaron líderes comunitarios, juntas de acción comunal, juntas administradoras de acueductos locales y en algunos casos representantes de las alcaldías de los municipios de la Calera y Choachí y otras instituciones como la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Vale la pena destacar que esta metodología fue implementada desde el inicio del proyecto, siendo las mismas comunidades quienes solicitaron que cualquier propuesta institucional fuera presentada en estos espacios; esto permitió generar la confianza y coordinación institucional necesaria para la implementación de las actividades propuestas por el INAP. En primer lugar, las comunidades llevaron a cabo la caracterización de los sistemas productivos de la cuenca, donde se incluyó la identificación de riesgos, amenazas y vulnerabilidades de sus sistemas de producción asociados a los impactos de la variabilidad climática en la zona y disponibilidad hídrica. Esta identificación permitió identificar las capacidades adaptativas, la selección y programación de prácticas productivas, así como la selección de las áreas piloto para su implementación.

Teniendo en cuenta que el componente desarrolló actividades en temas de restauración y en mejoramiento de los sistemas productivos, para estos últimos cada uno de los propietarios donde se implementaron estas actividades definió un "plan predial de manejo adaptativo". Dichos planes fueron concebidos con visión de territorio partiendo desde lo local a lo regional y contemplaron la identificación de factores de sostenibilidad e insostenibilidad de los sistemas productivos presentes en cada predio. En dichos planes se programaron los procesos de reconversión de los sistemas productivos, el mejoramiento de técnicas productivas, la transferencia tecnológica y la capacitación a agricultores en técnicas de agricultura orgánica. Estas actividades tuvieron en cuenta la participación comunitaria, en las cuales se involucraron estudiantes y docentes de centros educativos de la zona. Esto permitió mejorar y aumentar la resiliencia de los sistemas productivos

con prácticas agroecológicas y propiciar un manejo eficiente y de ahorro del agua en los nueve sectores o veredas de la cuenca del Río Blanco donde fueron implementados. Las limitaciones del proceso se orientan en la poca participación de algunas entidades y en cambios propios de la administración pública. Se destacó el acompañamiento por parte de las UMATA de la Calera y Choachi, clave para seguir apoyando los procesos de seguimiento y monitoreo de las actividades de implementadas.

2. ¿Qué lecciones aprendidas dejó este proceso?

La adaptación de agroecosistemas productivos y la restauración ecológica son procesos a largo plazo que muestran la necesidad de seguir desarrollando actividades con las comunidades locales en el aprender haciendo, utilizando metodologías participativas para desencadenar procesos autogestionarios alrededor de experiencias agroecológicas y de restauración, con el fin de lograr la adaptación a los impactos al cambio climático.

Resulta fundamental aplicar el enfoque ecosistémico del ordenamiento territorial y de microcuencas, veredas y predios a partir de metodologías de diagnósticos participativos, que permiten la caracterización real, evaluando las problemáticas e impactos ambientales e involucrando aspectos de riesgos, amenazas y vulnerabilidades.

Es necesario seguir fortaleciendo la seguridad y soberanía alimentaria que está estrechamente ligada con la seguridad ecológica y que depende de la estabilidad de ciclos naturales como el del carbono, el nitrógeno o el del agua. Además, hay que reconocer la importancia de mantener también la estabilidad de la cultura en sus distintas expresiones. Por otra parte y como punto importante, es necesario involucrar en los procesos al sector académico con la participación de universidades de manera que estos interactúen con los productores campesinos y el sector educativo, con lo cual se desarrolla de manera eficaz el conocimiento entre las partes a través del diálogo de saberes, además del desarrollo de un plan de investigaciones para conocer los efectos del cambio climático sobre los sistemas productivos y los ecosistemas de la alta montaña del país en relación con el uso del suelo.

Desde el enfoque económico se corrobora que este esquema de restauración de ecosistemas e implementación de sistemas agroforestales -SAF- y prácticas agroecológicas mejora las condiciones de comunidades rurales a través de la producción de servicios y/o productos provenientes de árboles asociados con cultivos o ganado, generando mejor aprovechamiento del potencial de productividad mientras se conserva los servicios de los ecosistemas. Además, debido a un aumento en la complejidad biológica y estructural de estos sistemas, a diferencia de estructuras más simples como los monocultivos, se favorece una mejor protección del ambiente, recuperando e incrementando el equilibrio entre la conservación ambiental, el beneficio económico y bienestar social, fortaleciendo así el desarrollo sostenible de la región.

3. ¿En qué consistió el análisis participativo de seguridad del territorio?

Uno de los aspectos más importantes es el reconocimiento colectivo del territorio a través del aporte y conocimiento e identificación de vulnerabilidades, con factores de exposición, sensibilidad, impactos potenciales, capacidad adaptativa y vulnerabilidad. La ruta metodológica corresponde en primera instancia al ordenamiento predial y de microcuencas a través de la socialización, caracterización del entorno natural y social, análisis situacional del ordenamiento, construcción y ejecución de los planes de restauración y ordenamiento predial adaptativo, definición de acuerdos y pactos socioambientales y seguimiento a los procesos. A este se agrega la evaluación de los indicadores de arranque de sostenibilidad social, ambiental y sociocultural que permiten desarrollar un sistema de seguimiento y monitoreo de las implementaciones en las áreas piloto seleccionadas. Finalmente se fortaleció la resiliencia de los ecosistemas, la soberanía y la seguridad alimentaria, permitiendo que los campesinos se apropien de las tecnologías adecuadas y agroecológicas para suministrar alimentos sanos a sus familias. En cuanto a la seguridad ecológica, las comunidades deben estar capacitadas para realizar actividades de restauración de ecosistemas y garantizar la oferta de los bienes y servicios ambientales que se requieren; en relación con la seguridad social se fortaleció el enfoque educativo del Colegio Rural Integrado de La Calera.

4. Las instituciones que participaron de las diferentes actividades tanto de restauración como de mejoramiento de los sistemas productivos lo hicieron principalmente a través de los convenios interinstitucionales entre el IDEAM y las alcaldías de La Calera y Choachi y el Colegio Integral Departamental de la Calera. Por otro lado, el componente apoyó y participó del Comité Ambiental Municipal de las Alcaldías de La Calera y Choachí en el marco del Sistema de Gestión Ambiental Municipal -SIGAM-, estos espacios de concertación permitieron la participación de diversas instituciones como el Parque Nacional Natural Chingaza, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, el Instituto Alexander von Humboldt, la Gobernación de Cundinamarca y organizaciones no gubernamentales como Conservación Internacional, WWF y la Fundación Natura. En dichos espacios se llevaron a cabo diferentes actividades de divulgación y coordinación en torno a las actividades implementadas por el componente B del INAP.



Bibliografía

- Aide, T. M.; Zimmerman, J. K.; Pascarella, J. B.; Rivera, L. y Marcano-Vega; H. 2000. “Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Restoration Implications for Restoration Ecology, 8 (4): 328-338.
- Alterio, H. 2010. *Análisis costo-beneficio de las medidas de adaptación implementadas en los componentes A, B, C y D del Proyecto INAP*, Conservación Internacional, Bogotá.
- Andrade P. A. (Ed.). 2007. *Aplicación del EE en Latinoamérica*, CEM-UICN, Bogotá.
- Andrade y Vides. 2007. *EE y políticas públicas: aportes para la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático en Latinoamérica*, IAI, CIIFEN, John D. & Catherine T. MacArthur Foundation, Bogotá.
- Andrade, A.; Arguedas, S. y Vides, R. 2011. *Guía para la aplicación y monitoreo del EE*, CEM-UICN, CI-Colombia, ELAP-UCI, FCBC, UNESCO-Programa MAB, Bogotá.
- Andrade, C. y HJ. 1999. “Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo”, Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Andrade, P. y Navarrete, F. 2004. *Lineamientos para la aplicación del EE en el manejo integral del recurso hídrico*, PNUMA Serie 8, Manuales de Educación Ambiental. Bogotá.
- Andrade, P.; Medina, M.; Shutze, P. & Ville, T. 2010. “Ecosystem-based Adaptation Lessons from the Chingaza Massif in the High Mountain Ecosystem of Colombia”, en: *Building Resilience to Climate Change, Ecosystem-Based Adaptation and Lessons from the Field*, Edited by Andrade, A.; Herrera, B. & Cazzolla, R., UICN, Ecosystem Management Series N.º 9. Bogotá.
- Anonymous. 1981. “What is agroforestry?”, *Agroforestry Systems*, 1:7.
- Ayensu, E. S. 1981. *Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production*, National Academy of Sciences, Washington.
- Barrera, J. I.; Ríos, H. F. 2002. “Acercamiento a la ecología de la restauración”, *Pérez- Arbelaezia*, 13(2): 33-46.

- Beer, J. 1988. “Litter Production and Nutrient Cycling in Coffee (*Coffea arabica*) or Cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees”, *Agroforestry Systems*, 7:103-114.
- Beer, J.; Harvey, Celia; Ibrahim, M.; Harmand, J. M.; Somarriba, E. y Jiménez, F. 2003. “Servicios ambientales de los sistemas agroforestales”, *Agroforestería en las Américas*, 10 (37-38): 80.
- Bolívar, D.; Ibrahim, M; Kass, D.; Jiménez, F. y Camargo, J. C. 1999. “Productividad y calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* en monocultivo y en asocio con *Acacia mangium* en un suelo ácido en el trópico húmedo”, *Agroforestería en las Américas*, 6 (23):48-50.
- Budowski, G. 1979. “Sistemas agroforestales en América tropical”, *Simposio Internacional sobre Ciencias Forestales y su contribución al desarrollo de América Tropical* (mimeografiado), CONIFIT-Interciencia-SCITEC, San José de Costa Rica.
- Budowski, G. 1980. *Compilación de ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia de árboles en cultivos o en pastos) en comparación con monocultivos* (mimeografiado), CATIE, Programa de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica.
- Budowski, G. 1984. “Los sistemas agroforestales en América central”, en J. Heuveland y J. Lagemann (Eds.). *Agroforestería*, Actas del Seminario, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Bustamante, J.; Ibrahim, M. y Beer, J. 1998. “Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Turrialba”, *Agroforestería en las Américas*, 5(19): 11-16.
- Camargo, G. 2007. *Guía técnica para proyectos piloto de restauración ecológica participativa, metodología para el desarrollo de los proyectos piloto de la política de restauración ecológica participativa en el Sistema de Parques Nacionales Naturales y sus zonas amortiguadoras*, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá D.C.
- Cano I. y Zamudio N. 2007. “Estrategias de articulación y participación comunitaria en proyectos de restauración ecológica”, en Orlando Vargas Ríos (Ed.). *Restauración ecológica del bosque altoandino, estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*, Grupo de restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Convenio interinstitucional, Acueducto de Bogotá, DAMA y Jardín Botánico de Bogotá.

- Cardona C. A. 2007. “Propagación vegetativa de cinco especies potencialmente importantes para la restauración ecológica del bosque altoandino”, en Orlando Vargas Ríos (Ed.). *Restauración ecológica del bosque altoandino, estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*, Grupo de restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Convenio interinstitucional, Acueducto de Bogotá, DAMA y Jardín Botánico de Bogotá.
- Cardona C. A.; Rodríguez, N. & Figueroa, Y. 2007. “La búsqueda y selección de especies claves para restauración”, en Orlando Vargas Ríos (Ed.). *Restauración ecológica del bosque altoandino, estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*, Grupo de restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Convenio interinstitucional, Acueducto de Bogotá, DAMA y Jardín Botánico de Bogotá.
- Cardona, C. A. & Vargas, R. O. 2004. “Plántulas procedentes del banco de semillas germinable de un bosque subandino”, *Pérez Arbelaezia*, N.º 15.
- Cardona, C. A. & Vargas, R. O. 2011. “Potencial de regeneración del banco de semillas germinable de un bosque subandino: implicaciones para la restauración ecológica (Reserva Biológica Cachalú – Santander, Colombia)”, en Vargas R. O. y Reyes B. S (Eds.). *Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*, Bogota.
- Castellanos. 2008. *Como vive la gente en los páramos ¿evaluación de los medios de vida en los páramos de Rabanal (Boyacá) y Chiles (Nariño)*, IAVH, Bogotá D.C.
- Chambers, R.G. 1994. *Applied Production Analysis: A Dual Approach*, Cambridge University Press, Cambridge,
- Climate Issues Update. 2009. “La economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB)”, en Organización Internacional de las Maderas Tropicales -OIMT- *Actualidad forestal Tropical* 18: 1, 2010.
- Combe, J. y Budowski, G. 1979. “Clasificación de las técnicas agroforestales: una revisión de literatura”, en De Las Salas, G. (ed.). *Taller de sistemas agroforestales en América Latina*, CATIE y Universidad de Las Naciones Unidas, Turrialba, Costa Rica.
- Combe, J. y Gewald, N. J. (Eds.). 1979. *Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba*, Turrialba, Costa Rica.

- DAMA y Fundación Bachaqueros. 2003. *Protocolo Distrital de Restauración Ecológica*, Departamento Técnico Administrativo del Ministerio de Medio Ambiente, Bogotá.
- Díaz, M.A.; Navarrete, J. D.; Suarez, T. 2005. “Páramos: Sensitive Hydrosystems”, *rev.ing.*, July/Dec., N.º 22, ISSN 0121-4993.
- Diaz, S.; Hodgson, J. G.; Thompson, K.; Cabido, M.; Cornelissen, J. H. C.; Jalili, A.; Montserrat, G.; Grime, J. P.; Zarrinkamar, F.; Yazdani, S.; Abbas, R.; Bogaard, A.; Boustani, S.; Charles, M.; Dehghan, M.; de Torres, L.; Falczuk, V.; Guerrero, J.; Hynd, A.; Jones, G.; Kowsary, E.; Kazemi, F.; Maestro, M.; Romo, A.; Shaw, S.; Siavash, B.; Villar, P. & Zak, M. R. 2004. “The Plant Traits that Drive Ecosystem: Evidence from Three Continents”, *Journal of Vegetation Science*, 15: 295-304.
- Dickinson, J. 1981. “Una perspectiva ecológica sobre el desarrollo”, *Interciencia*, (6): 30-37.
- EPAM 2010b. *Mapa de Unidades de Paisaje de la cuenca, a Escala 1:25.000 y Memoria Técnica*, Contrato de Transacción Conservación Internacional – EPAM.
- EPAM 2010c. *Diagnóstico de los procesos de cambios en las coberturas y usos de la tierra de la cuenca, con Memoria técnica y cartografía*, Contrato de Transacción Conservación Internacional – EPAM.
- EPAM 2010d. *Criterios para la formulación del Plan de Restauración, Conservación y Manejo de las coberturas de la tierra en la cuenca del Río Blanco en el Macizo de Chingaza, con su cartografía*, Contrato de Transacción Conservación Internacional – EPAM.
- EPAM. 2010a. *Mapa de Coberturas de la Tierra a Escala 1:25.000, con Memoria Explicativa, de la cuenca del Río Blanco*. Contrato de Transacción Conservación Internacional – EPAM.
- Florentine S. K. & Westbrooke M. E. 2004. “Restoration on Abandoned Tropical Pasturelands - do we know enough?”, *Journal for Nature Conservation*, 12 85 - 94.
- Fournier, L. A. 1980. “*Fundamentos ecológicos del cultivo de café*”, IICA, Publicación Miscelanea, Instituto Interamericano de ciencias agrícolas, Promecafé, San José, Costa Rica.
- Fournier, L. A. 1981. “Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica”, *Agronom.*, Costa Rica, 5(1/2): 141-147.
- Goosem, S. P. & Tucker, N. I. J. 1995. *Repairing the Rain Forest- Theory and Practices of Rain Forest Reestablishment in North Queensland's Wet Tropics Management*, Authority, Cairns, Australia.
- Grime, J. P. 1989. “Seed bank in ecological perspective”, en M. A. Leck; V. T. Parker & Simpson (Eds.). *Ecology of soil seed bank*, Academic Press, Inc. San Diego, California.

- Guariguata, M. R. 2002. *Pautas conceptuales y metodológicas para la planificación, ejecución y monitoreo de faenas de restauración ecológica*, CATIE, Costa Rica.
- Guhl, Ernesto. *Los Páramos Circundantes de la Sabana de Bogotá*, Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá, 1982.
- Hernández, L. H. 2010. *Fortaleciendo la capacidad local memorias del acompañamiento técnico al desarrollo y construcción de los planes de vida adaptativos en las veredas de la cuenca del río blanco desde la perspectiva social. Producto Final*, Contrato de consultoría INAP – 113 - 09, Conservación Internacional Colombia.
- Hicks, J. R. 1961. *Value and Capital: an Inquiry into Some Fundamental Principles of Economic Theory*, 2.ª ed. Oxford University Press, Oxford.
- Holl, K. D. 1999. “Factors limiting tropical rainforest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil”, *Biotropica*, 31(2):90-99.
- Holl, K. D.; Loik, M. E.; Lin, E. H.; Samuels, I. A. 2000. “Tropical Montane Forest Restoration in Costa Rica: Overcoming Barriers to Dispersal and Establishment”, *Restoration Ecology*, 8(4): 339-349.
- Holten-Andersen, P. 1991. *Inflation og beskatning i skovøkonomien. Status over dansk skovøkonomi, anno 1989*, Meddelelser fra Skovbrugsinstituttet, Rk. 2.
- Humboldt, IDEAM, IGAC, IIAP, Invemar, Sinchi. 2007. *Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia*, Escala 1: 500.000, Bogotá D.C.
- IDEAM-Ruiz. 2009. *Evaluación de las tendencias actuales y los escenarios futuros de cambio climático*, Documento interno del IDEAM, sin publicar, Bogotá D.C.
- IDEAM. 2003. *Mapas de coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio en Colombia* (documento interno), Bogotá,
- IDEAM. 2010, *Según la segunda comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*, IDEAM, Bogotá D.C.
- IDEAM. 2010. 2.ª *Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, IDEAM, Bogotá D.C.
- Iglesias J. M. 1999. “Sistemas de producción agroforestales, conceptos generales y definiciones”, *Pastos y Forrajes*, 22:287.

- Imbach, A. C.; Fassbender, H. W.; Borel, R.; Beer, J.; Bonnemann, A. 1989. “Modeling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica; water balances, nutrient inputs and leaching”, *Agroforestry Systems*, 8:267-287.
- Inostrosa, S. I. 1981. “Efecto alelopático de *Gliricida sepium*”, Tesis de licenciatura en Biología, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San Pedro de Montes de Oca.
- International Council for Research in Agroforestry -ICRAF-. 1983. *Guidelines for agroforestry diagnosis and design*, Nairobi, Kenya.
- IPCC. 1997. *Evaluación de la vulnerabilidad. Informe especial de impactos regionales del cambio climático*, IPCC, Zimbabwe.
- Jackson, J.; Ash, A. 1998. “Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of northern Australian: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution”, *Agroforestry Systems*, 40: 159 -176.
- Jarro E. M. C. 2005. *Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por la expansión agropecuaria en el distrito capital*, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Bogotá, Colombia.
- Kahn, J. R. 1997. *The Economic Approach to Environmental and Natural Resources*, 2.^a ed, The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers.
- Kass, D. C. L. 1992. “Agroforestales”, *Conferencia Curso Internacional “Desarrollo de Sistemas Agroforestales”* (Mimeo), CATIE Turrialba, Costa Rica.
- Keizer, O.; Guerrero, E. & Córdoba, R. 2006. *La aplicación del EE en la gestión de los recursos hídricos*, UICN, Quito, Ecuador.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*, Universidad de Columbia Británica, Ed. Harla. Mexico.
- Lines, Nuria y Fournier, L. A. 1979. “El efecto alelopático de *Cupressus Lusitanica Mill*, en la germinación de las semillas de algunas hierbas”, *Revista de Biología Tropical*, 27(2): 223-229.
- López, M. A.; Schlönvoigt, A.; Ibrahim, M.; Kleinn, C. y Kanninen, M. 1999. “Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica”, *Agroforestería en las Américas*, 6(23): 51-53.
- Luken, J. O. 1990. “Succession Management: an Introduction”, en J. O. Luken. *Directing ecological succession*. Gran Bretaña por la Universidad Press, Cambridge

- Mafla, H. 2011. *Documento con la información socioeconómica obtenida en los diagnósticos prediales para la selección de áreas piloto con base en criterios ecológicos y sociales claramente definidos con destino al consultor que realizará la valoración económica sobre la implementación de un sistema agroforestal económicamente viable*, Bogotá D.C., Programa INAP componente B Alta Montaña, 2009.
- Mafla, H. 2011. *Documento resumen de la cuarta medida de adaptación mejorar y adaptar los agro ecosistemas productivos al CC del Programa INAP componente B Alta Montaña*, Bogotá D.C.
- Mafla, H. 2011. *Documentos de alternativas de sistemas agroproductivos y prácticas que sean social, económica y ecológicamente viables y que se adapten a los efectos del cambio climático y la variabilidad climática*, Bogotá D.C., Programa INAP componente B Alta Montaña, 2009.
- Mafla, H. 2011. *Medida de adaptación 4, Mejorar los agroecosistemas productivos en la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza*, Informe Técnico Final del Producto N.º 9, Programa Piloto Nacional De Adaptación Al Cambio Climático -INAP-, Bogotá.
- Mafla, H. 2011a. *Matriz de síntesis de los impactos antropogénicos ocasionados y alternativas en los sistemas de producción que contemplan la vulnerabilidad de los agroecosistemas y las medidas de adaptación al CC, con aspectos de gestión del suelo, agroclimática con situación actual, vulnerabilidad, causas y sus efectos, escenarios deseados y posibles medidas de adaptación*, Programa Piloto Nacional de Adaptación Al Cambio Climático -INAP-, Bogotá.
- MAVDT, Embajada Real de los Países Bajos, Fondo para la Acción y la Niñez, Conservación Internacional, Bogotá, 2005
- MAVDT, IDEAM. 2002. *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor*, MAVDT, IDEAM, Bogotá.
- MAVDT, IDEAM. 2006. *Zonas de Reserva Forestal de Colombia – Ley 2da de 1959*, Atlas Temático, Bogotá.
- Maydell, H. J. V. 1984. “Los sistemas agroforestales desde el punto de vista forestal”, en Agroforestería.
- McFadden, D. L. 1978. “Cost, Revenue and Profit Functions”, en Fuss, D. L. & McFadden, D. L. (Eds.). *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*. North Holland, New York.
- Medina M. 2010. *Plan de restauración ecológica participativa del paisaje*, Producto final, Contrato de Consultoría CC. 096–09. Conservación Internacional Colombia, Bogotá.
- Meli, P. 2003. “Restauración ecológica de bosques tropicales. 20 años de investigación académica”, *Interciencia*, 28(10): 581-589.

- Molua, E. L. 1996. “An Economic Analysis of Farm Enterprise Combinations Among Food Crop Farmers in the Southwest Province of Cameroon”, M.Sc. Dissertation, Unpublished. Department of Agricultural Economics and Extension Services, University of Benin, Benin City, Nigeria.
- Montagnini, F.; Preveti, L.; Thrupp, L. A.; Beer, J.; Borel, R.; Budowski, G.; Espinoza, L.; Heuvelop, J.; Reiche, C.; Russo, R.; Salazar, R.; Alfaro, M.; Rojas, Is; Berstch, F; Fernández, E.; González, M.; Alvim, R.; Shahe-Duzzaman, Md. & Nichols, D. 1992. *Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos*, Organización para Estudios Tropicales -OET-, San José, Costa Rica.
- Nair, P. K. R. 1989. “Agroforestry Defined”, en P.K.R. Nair (Ed.). *Agroforestry systems in the tropics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Nair, P. K. R. 1993. *An introduction to agroforestry*, Kluwer Academic Publishers, Holland.
- Nyberg, G.; Hogberg, P. 1995. “Effects of young agroforestry trees on soils in on-farm situations in western Kenya”, *Agroforestry Systems*, 32: 45-52.
- Pandey, S., Hardaker, J. B. 1995. “The role of modelling in the quest for sustainable farming systems”, *Agricultural Systems*, 47, 439–450.
- Pearce, D. 1993. *Economic Values and the Natural World*, Earthscan Publications Ltd., London.
- Plotkin S. E. 1980. “Energy from biomass”, *Environment*, 22(9).
- Preciado, Jair B. 2009. “Bogotá Región: Crecimiento urbano en la consolidación del territorio metropolitano”, Ponencia Seminario internacional Bogotá y Cundinamarca: Avances y perspectivas en la integración regional, disponible en <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/nc/detalle/article/se-creara-corredor-de-conservacion>. CI. 2010.
- Pywell, R.; Bullock, J.; Roy, D.; Warman, L.; Walker, K.; Rothery, P. 2003. “Plant traits as predictors of performance in ecological restoration”, *Journal of Applied Ecology*, 40: 65-77.
- Quintana-Ascencio, P. F.; González- Espinosa, M.; Ramírez-Marcial, N.; Domínguez-Vazques, G. & Martínez-Icó, M. 1996. “Soil Seed Bank and Regeneration of Tropical Rain Forest from Milpa Field at the Selva Lacandona, Chiapas, México”, *Biotrópica*, 28(8): 192-209.
- Rae, A. N. 1994. *Agricultural Management Economics: Activity Analysis and Decision Making*, CAB International, Oxford.

- Rao, M. R.; Nair, P. K.; Ong, C. K. 1998. “Biophysical Interactions in Tropical Agroforestry Systems”, *Agroforestry Systems*, 38: 3-50.
- Rocheleau, D. E. 1987. “The User Perspective and the Agroforestry Research and Action Agenda”, en: Gholz, H. L. (Ed.) *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Romero, A. & Vargas, O. 2005. “Evaluación de especies leñosas para la recuperación de potreros abandonados Reserva de Cachalú (Encino, Santander)”, Trabajo de grado de Ingeniería Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Rosenthal, G. 2003. “Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration”, *Agriculture, ecosystems & environment*, disponible en www.sciencedirect.com.
- Schroth, G.; Da Fonseca, G. A. B.; Harvey, C. A.; Vasconcelos, H. L.; Izac, A. M. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*, (in press) Island Press, Washington, D.C.
- SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*, disponible en <http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>.
- SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2008. *Opportunities for Integrating Ecological Restoration & Biological Conservation within the Ecosystem Approach*, disponible en https://www.ser.org/pdf/SER_Briefing_Note_May_2008.pdf.
- Sinclair, F. L. 1999. “A General Classification of Agroforestry Practice”, *Agroforestry Systems*, 46: 161–180, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Sinclair, F. L. 2004. “Agroforestry”, *Elsevier*, University of Wales, Bangor, UK.
- Smith, R.D. & Maltby, E. 2003. *Using the Ecosystem Approach to Implement the Convention on Biological Diversity: Key Issues and Case Studies*, Ecosystem Management Series 2, UICN, Gland.
- Somarriba, E. 1998. “¿Qué es agroforestería?”, en F. Jiménez y A. Vargas (Eds.). *Apuntes de clase del curso corto Sistemas Agroforestales*, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica.
- Sorzano, C. 2001. “Regeneración reproductiva en un sitio abandonado e invadido por *Pteridium aquilinum* (L.) Khun. Implicaciones para la restauración. Reserva biológica Cachalú, Encino-Santander. Colombia”, Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.

- Sotomayor, A. 1990. “Sistemas silvopastorales y su manejo”, *Chile Agrícola*, 157:203-206.
- Sotomayor, A.; García, E.; González, M.; Lucero, A. 2008. “Modelos Agroforestales, alternativa productiva para un desarrollo sustentable de la agricultura campesina en Chile”, Mauricio Ponce Donoso, Marcia Vázquez Sandoval (Eds.). 4.º Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, 1 al 3 de octubre de 2008, Talca, Chile.
- Spurgeon, D. 1981. “Agroforestry: a Promising System of Improved Land Management for Latin America”, *Interciencia*, 5(3): 176 -178.
- Stadtmüller, T. 1994. *Impacto hidrológico del manejo forestal en bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo*, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Stocking, M.; Bojo, J.; Abel, N. 1990. “Financial and economic analysis of agroforestry: key issues”, en Prinsley, R. T. (Ed.). *Agroforestry of Sustainable Production. Economic Implications* Commonwealth Science Council, 13-119.
- Suna Hisca. 2009. *Vulnerabilidad de los sistemas productivos identificados frente a los efectos del cambio climático*, Producto N.º 3, Bogotá.
- Suna Hisca. 2009. *Análisis y resultados de la vulnerabilidad y viabilidad ambiental y socioeconómica de los procesos productivos utilizados en los ecosistemas de alta montaña, frente a los escenarios de cambio climático en la zona*, Bogotá D.C.
- Suna Hisca. 2009. *Información cartográfica estructurada Bogotá D.C.*, Programa INAP componente B Alta Montaña.
- Suna Hisca. 2009. *Proceso de consulta a las comunidades de la estrategias de implementación de los sistemas productivos en áreas piloto seleccionadas*, Programa INAP componente B Alta Montaña, Bogotá D.C.
- Suna Hisca. 2009. *Propuesta con las áreas piloto donde se implementarán los sistemas productivos*, Bogotá D.C.
- Suna Hisca. 2009. *Resultados del proceso participativo de la caracterización y construcción colectiva que incluye el estado actual de los sistemas de producción, extracción y aprovechamiento con especial énfasis en los sistemas de ganadería y papa en los ecosistemas de alta montaña como el bosque Andino, páramo y subpáramo la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza*, Bogotá D.C.
- Tamubula & Sinden. 2000. *Sustainability and Economic Efficiency of Agroforestry Systems in Embu District, Kenya: an Application of Environmental Modelling*. *Environmental Modelling and Software* v15 13-2 Universidad Makerere, Kampala, Uganda.

- Triana G. V. 2011. Documentos y cartografía ajustada de la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa (EETA) de la cuenca del Río Blanco a escala 1:25.000 que incorpore los servicios ecosistémicos, Producto 2, Conservación Internacional Colombia, Bogotá.
- Vargas O. & Grupo de Restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia. (Eds.) 2007b. *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: El caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca*, Colciencias y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Vargas Ríos, O. 2002. “Disturbios, patrones sucesionales y grupos funcionales de especie en la interpretación de matrices de paisaje en los páramos”, *Pérez-Arbelaezia*, 13: 73-89.
- Vargas, O. & Grupo de restauración Ecológica UNAL, 2007c. *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*, Orlando Vargas Ríos (Ed.), Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá Convenio interinstitucional: Acueducto de Bogotá, DAMA y Jardín Botánico de Bogotá, Bogotá.
- Vargas, O. & Grupo de Restauración Ecológica UNAL. 2007a. “Restauración ecológica del bosque altoandino, estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)”, Orlando Vargas Ríos (Ed.). Convenio interinstitucional: Acueducto de Bogotá, DAMA y Jardín Botánico de Bogotá, Bogotá.
- Villamil. 2008. *Costos de implementación de alternativas de producción y conservación en el marco del proyecto: implementación de una franja protectora productora asociada al manejo integrado del recurso hídrico de microcuencas en los municipios de Choachi y Junín*, Universidad Nacional de Colombia.
- Wyatt-Smith. 1980. “Agroforestry in the Tropics – a New Emphasis in Rural Development”, *Span*, 22 (2): 65-67.
- Zimmerman, J. K.; Pascarella, J. B.; Aide, T. M. 2000. “Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico”, *Restoration Ecology*, 8 (4): 350-360.

Anexo I

Tabla . Descripción de costos e ingresos de los sistemas agroforestales

	Aliso	Chachafruto	Ganadería	Papa	Maíz	Fríjol	Arveja
1. Costos cultivo [\$]	11.990.625	10.739.160	13.455.998	3.717.066	746.989	1.350.088	4.872.069
Labores	3.906.250	6.034.180	576.086	1.311.299	384.540	405.986	1.472.396
Insumos	7.171.875	3.906.250	1.851.912	2.187.742	247.699	840.828	3.181.649
Otros costos	912.500	798.730	11.028.000	218.025	114.750	103.275	218.025
Mantenimiento anual	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Área (ha)	0,18	0,05	1,00	0,95	0,50	0,45	0,95
2. Servicios ambientales (valor estimado \$)	1.368.240	550.473	-	-	-	-	-
Prevención de la erosión	290.296	81.179	-	-	-	-	-
Materias primas	180.285	50.415	-	-	-	-	-
Recursos medicinales	75.711	21.172	-	-	-	-	-
Regulación climática	821.948	229.851	-	-	-	-	-
Alimento	0	8.773	-	-	-	-	-
Regulación hídrica	0	159.083	-	-	-	-	-
3. Producción (ingreso \$)	-	-	11.648.160	6.734.066	835.788	1.337.526	5.493.746
Leche y venta de terneros	-	-	11.648.160	-	-	-	-
Papa 16,01 toneladas	-	-	-	6.734.066	-	-	-
Maíz 1,21 toneladas	-	-	-	-	835.788	-	-
Fríjol 0,42 toneladas	-	-	-	-	-	1.337.526	-
Arveja 2,34 toneladas	-	-	-	-	-	-	5.493.746
% Reducción de productividad			0%	0%	0%	0%	0%

Tabla . Descripción de costos en ingresos de los sistemas productivos

	Aliso	Chachafruto	Ganadería	Papa	Maíz	Fríjol	Arveja
1. Costos cultivo [\$]	0	0	13.455.998	3.912.701	746.989	1.500.098	5.128.494
Labores	0	0	576.086	1.380.315	384.540	451.095	1.549.890
Insumos	0	0	1.851.912	2.302.886	247.699	934.253	3.349.104
Otros costos	0	0	11.028.000	229.500	114.750	114.750	229.500
Mantenimiento anual	-	-	5%	5%	5%	5%	5%
Área (ha)	-	-	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00
2. Servicios ambientales (valor estimado \$)	0	0	-	-	-	-	-
Prevención de la erosión	0	0	-	-	-	-	-
Materias primas	0	0	-	-	-	-	-
Recursos medicinales	0	0	-	-	-	-	-
Regulación climática	0	0	-	-	-	-	-
Alimento	0	0	-	-	-	-	-
Regulación hídrica	0	0	-	-	-	-	-
3. Producción (ingreso \$)			11.648.160	7.088.490	819.400	1.486.140	5.782.890

	Aliso	Chachafruto	Ganadería	Papa	Maíz	Fríjol	Arveja
Leche y venta de terneros	-	-	11.648.160	-	-	-	-
Papa 16,95 toneladas	-	-	-	7.088.490	-	-	-
Maíz 1,21 toneladas	-	-	-	-	819.400	-	-
Fríjol 0,47 toneladas	-	-	-	-	-	1.486.140	-
Arveja 2,47 toneladas	-	-	-	-	-	-	5.782.890
% Reducción de productividad			2%*	2%*	2%*	2%*	2%*