



Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana





Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana





Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana

© Corpoamazonia y WWF-Colombia

ISBN Impreso: 978-958-8353-57-9

ISBN ebook: 978-958-8353-58-6

TEXTOS:

Andrea Lasso	Luis Alexánder Mejía Bustos
Andrés Coral H.	Luis Germán Naranjo
Camilo Ortega P.	Miller Vallejo
César Suárez	Mónica Lombana
Claudia Lorena Sandoval	Natalia Bernal
David Fajardo	Néstor Ned Torres-Zambrano
Esteban Álvarez Dávila	Nora Solarte Ojeda
Felipe Arteaga Z.	Paola Caicedo
Guillermo Martínez	Rodrigo Soto
Héctor E. Ramírez Chávez	Rubén G. Espinel M.
Ilvia Niño Gualdrón	Santiago R. Duque
Ingrid Vanessa Perdomo-Castillo	Yuri Rosero M.
James Faryd Zuleta J.	Zoraida Restrepo
Jonh Jairo Mueses-Cisneros	
Lucelly Perdomo	

COORDINACIÓN EDITORIAL: Carmen Ana Dereix

DIAGRAMACIÓN: El Bando Creativo

Primera edición, diciembre de 2012

Las denominaciones geográficas en este documento y el material que contiene no entrañan, por parte de WWF, juicio alguno respecto de la condición jurídica de países, territorios o áreas, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

CITAR COMO:

Fajardo, D., LG. Naranjo, & I. Niño (Eds.) 2102. Manejo Integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana. Cali, Colombia. Corpoamazonia y WWF-Colombia. Pág. 134.

Citar capítulo: Duque, S., Torres, N. N., Arteaga, F., Fajardo, D., Coral, A., & Vallejo, M. 2012. Macroinvertebrados acuáticos asociados a las Microcuencas con Manejo de Agroforestería Sustentable en la Amazonia Colombiana. En Fajardo, D., LG. Naranjo, & I. Niño (Eds.) Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana (pp. 91-108). Cali, Colombia. Corpoamazonia y WWF-Colombia.

Este documento se hace en el marco del Proyecto “Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del mejoramiento de los sistemas ganaderos en el departamento del Putumayo –MICG”.

Grupo Directivo WWF-Colombia

Mary Louise Higgins

Directora Programa Subregional Amazonas Norte & Chocó-Darién

Luis Germán Naranjo Henao

Director de Conservación

Ximena Barrera Rey

Directora de Política Pública y Responsabilidad Corporativa

María Fernanda Berón Satizábal

Gerente Financiera y Administrativa

Carmen Candelo Reina

Directora Programa de Gobernanza y Medios de Vida Sostenible

Alexandra Gómez Arias

Directora de Comunicaciones y Marketing

Sandra Valenzuela de Narváez

Directora de Planeación

Consejo Directivo Corpoamazonia

José Benedicto Juajibioy

Comunidades indígenas de la jurisdicción

José Antonio Jajoy Pai

Comunidades indígenas de la jurisdicción

José Florel Angulo Estupiñán

Comunidades negras de la jurisdicción

Omar Antonio Jojoa Chantre

ONG ambientalistas de la región.

Jorge Eliécer Coral Rivas

Representante Alcaldes, Puerto Asís

Domingo Emilio Pérez Cuéllar

Representante Alcaldes, San Vicente del Caguán

Carlos Arturo Rodríguez Celis

Gobernador del Departamento de Amazonas

Jimmy Harold Díaz Burbano

Gobernador del Departamento del Putumayo

Comité de Dirección Corpoamazonia

William Mauricio Rengifo Velasco

Director General

Marta Cecilia Bravo Solarte

Secretaria General

Orlando Díaz Aguirre

Subdirector de Planificación

Bernardo Pérez Salazar

Subdirector de Administración Ambiental

Jorge Andrés Cuarán Ortega

Subdirector Administrativo y Financiero

Luis Alexander Mejía Bustos

Director Territorial Putumayo

Juan de Dios Vergel Ortiz

Director Territorial Caquetá

Liliana Beatriz Martínez Guerra

Directora Territorial Amazonas

Víctor Isidro Ramírez Loaiza

Gobernador del Departamento del Caquetá

Luis Alfonso Sierra

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Brigitte L.G. Baptiste

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Ricardo José Lozano Picón

Director Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM

Luz Marina Mantilla Cárdenas

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI

Leonidas Rico Martínez

Universidad de la Amazonia



CONTENIDO

Prólogo	7
El Piedemonte Andino-Amazónico de Colombia, su importancia en el contexto regional y nacional	9
El Desafío: Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas en el Putumayo	12
La Ganadería en el Putumayo	21
• La ganadería tradicional en el Putumayo y sus impactos en el medio ambiente ..22	
• Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en la Ganadería.....	23
- Relación entre ganadería y cambio climático.....	24
- Alternativas del sector en mitigación y adaptación al Cambio Climático	25
Los sistemas silvopastoriles como propuesta de reconversión ganadera para la región del Putumayo	27
• Planificación de la producción agropecuaria	28
• Condiciones abióticas en predios del piedemonte en el Putumayo	29
• Metodologías integradoras de los sistemas silvopastoriles y agroforestales ...	30
- Conectividad de fragmentos de bosque.....	31
- Bosques ribereños y aislamientos de fuentes de agua	31
- Cercas vivas	31
- Bancos de forraje.....	32
- Sistemas silvopastoriles intensivos	33
- Estudios de caso	33
• Zona de Piedemonte Andino-Amazónico Beneficiario: Alirio Ortega Ortega....	34
- Localización general	35
- Descripción de la actividad productiva.....	35
- Actividades previas al proyecto	35
- Proceso de reconversión en el predio	36
- Éxitos y lecciones aprendidas	37
- Recomendaciones	38
- Reconversión ganadera en la Zona Andina: valle de Sibundoy	38
- ¿Qué es lo que están haciendo doña Pastora, don Antonio y la diócesis en sus fincas?	39
- Lecciones aprendidas	44
Buenas Prácticas Ganaderas y Agrícolas	45
• Conservación de suelos	45
- Materias primas para el compost	45
- Materiales no recomendados	46
- Necesidades para el proceso de compostaje.....	46
• Manejo de especies vegetales acompañantes o arvenses	46
• Uso de venenos para tratamiento de semillas y fumigaciones	47
- Prácticas alternativas para el manejo de semillas	47
• Manejo de insectos no deseados.....	47
- Prácticas alternativas para el manejo y control de insectos	48
• Herramientas para el establecimiento de una ganadería sustentable	49
- Siembras directas	49
- Cercas eléctricas	51
- Protocolo de establecimiento de bancos de forraje	54
- Cosecha de forrajes	59

Los servicios ambientales y el almacenamiento de carbono.	60
• Valoración de servicios ambientales en las cuencas de los ríos Guineo y Orito y la quebrada La Hormiga.	60
• Almacenamiento de carbono en la biomasa y el suelo, en pasturas y sistemas silvopastoriles en dos zonas de vida del Putumayo, Colombia.	69
- El almacenamiento de carbono	70
- Metodología.	70
- Estimación del contenido de carbono.	72
- Mejoramiento de las condiciones del suelo en sistemas silvopastoriles	74
- Conclusiones	75
Aves asociadas a las Microcuencas.	76
• Monitoreo de Aves	78
- Metodología.	78
• Resultados.	80
- Discusión de resultados	84
• Uso y aprovechamiento de hábitat	87
• Presencia de especies de interés especial.	89
- Aves que realizan algún tipo de migración	90
Macroinvertebrados acuáticos asociados a las Microcuencas	91
• Antecedentes.	92
• Metodología	94
• Identificación de macroinvertebrados acuáticos.	95
• Metodología para toma de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos	96
- Aprestamiento.	97
- Toma de muestra	97
- Etiquetado	97
- Red de frío	98
• Resultados del monitoreo de línea base macroinvertebrados acuáticos.	99
- Datos físicos, químicos y microbiológicos	99
- Calidad de aguas según normas nacionales	101
• Resultados monitoreo de macroinvertebrados acuáticos.	102
- Análisis de calidad del agua (índice EPT y BMWP).	106
- Análisis ecológico	108
Determinación de impactos ambientales de los sistemas silvopastoriles a través de elementos de la biodiversidad.	109
• Metodología	110
- Caracterizaciones biológicas	111
- Determinación de impactos	112
• Resultados y discusión.	112
- Caracterizaciones zoológicas	112
- Caracterización de la vegetación	114
• Determinación de impactos.	115
- Escarabajos coprófagos	115
- Anfibios y Reptiles	116
- Mamíferos	117
- Vegetación	122
Literatura citada.	124

PRÓLOGO

Con el fin de propiciar condiciones de crecimiento económico regional sostenido y equilibrado en nuestra área de influencia, Corpoamazonia estableció dentro de los objetivos del plan de acción “Amazonia sostenible 2007-2011” y “Amazonia un compromiso ambiental para incluir 2012-2015”, el manejo integral de las cuencas hidrográficas. De esta manera se apostó a la dinamización y el desarrollo productivo sostenible, a la vez que se promueven esquemas de aprovechamiento, y el uso y manejo responsable de las especificidades del ecosistema amazónico y de los recursos de su oferta natural.

Es así como en el año 2012, en asocio con organizaciones locales e internacionales como Biofuturo, Corporación País Rural y WWF, se adelantó la ejecución del proyecto Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas a través del Mejoramiento de los Sistemas Ganaderos en el Departamento del Putumayo “MICG”, con el que se busca principalmente, la restauración de tierras degradadas por la ganadería extensiva mediante la implementación de sistemas alternativos de producción, asociado a un proceso de investigación, capacitación, y la generación de incentivos para la conservación en 18 microcuencas del departamento.

Una de las principales amenazas de los ecosistemas amazónicos es el sistema tradicional de producción ganadera que causa daños ambientales significativos tales como la deforestación, erosión, compactación de suelos, sedimentación, pérdida de biodiversidad, desprotección y contaminación de fuentes hídricas. Con esto viene la reducción de los servicios ambientales como la regulación de caudales hídricos y captura de carbono entre otros.

En este libro, que recopila de una manera práctica y didáctica los resultados derivados de la ejecución del proyecto MICG, el lector podrá conocer los avances y conceptos aplicables al desarrollo productivo, ambiental y social de las fincas ganaderas del departamento, y su relación con el ecosistema desde una mirada integradora y con visión del futuro en el contexto de la región amazónica.

Es una obra que cumple a cabalidad tres cometidos: primero, contextualiza geográfica espacial y culturalmente al lector sobre las áreas y figuras de trabajo; segundo, concreta el conocimiento actualizado sobre el establecimiento y manejo de sistemas alternativos de producción ganadera; y tercero, muestra la metodología y resultados de la investigación asociada a la generación de servicios ambientales derivados de la implementación de nuevos procesos de agroforestería sustentable en la región. Espero que sea de su mayor provecho.

Cordialmente,

WILLIAM MAURICIO RENGIFO VELASCO
Director General Corpoamazonia



EL PIEDEMONTES ANDINO-AMAZÓNICO DE COLOMBIA, SU IMPORTANCIA EN EL CONTEXTO REGIONAL Y NACIONAL

Por:
Luis Germán Naranjo¹

Cuando el techo de nubes que cobija las laderas orientales del macizo colombiano se despeja, la mirada se extiende por estas escarpadas montañas, todavía cubiertas en gran parte por las densas selvas andinas, a través de las cuales descienden hacia la gran planicie amazónica ríos tan grandes como el Caquetá y el Putumayo. En su viaje, atraviesan una de las regiones más diversas del mundo. Se trata del Piedemonte Andino-Amazónico, puerta de entrada de Colombia a la cuenca del mayor río del planeta.

El piedemonte forma parte del flanco este de la cordillera Real Oriental, que va desde el macizo colombiano hasta la depresión de Huancabamba, en el norte del Perú y que ocupa más de nueve millones de hectáreas. Aquí, la cordillera se interpone a las masas de aire húmedo y caliente que llegan de la planicie amazónica y densos bancos de neblina son arrastrados hasta sus altas cumbres, en donde generan lluvias constantes y abundantes: algunos sectores de estas montañas tienen promedios anuales de precipitación superiores a los 5.000 mm.

En el piedemonte confluyen elementos biológicos de la planicie costera del Pacífico, de las montañas andinas y de la planicie amazónica. En la cordillera Real hay 21 regiones biogeográficas y 30 tipos de ecosistemas, desde páramos húmedos y bosques nublados hasta selvas de zonas bajas e incluso parches de zonas áridas en sectores de poca lluvia. Y gracias a esta enorme variedad de paisajes, el piedemonte alberga la mayor riqueza de especies de los Andes del Norte, y quizá de toda Suramérica, en relación con su área. En este sector de los Andes septentrionales se encuentran, además, los mayores bloques de hábitat continuo para animales emblemáticos y amenazados, como el oso andino y la danta de montaña.

Así como es un lugar de confluencia para miles de especies de flora y fauna, el Piedemonte Andino-Amazónico también ha sido el punto de encuentro de civilizaciones indígenas amazónicas y andinas que han vivido dispersas a lo largo de este enorme territorio. Desde hace casi tres mil años, grupos indígenas como los kamëntzás, ingas, cofanes, quillacingas, sucumbíos, sionas, koreguajes, witotos y muinanes, entre otros, han ocupado estas montañas. Y a pesar de sus singularidades culturales, muchos de estos pueblos comparten su conocimiento de la diversidad de plantas medicinales y mágico-religiosas de estas montañas, alrededor de las cuales han construido sus sistemas de representación y cosmovisiones.

1. Director de conservación
WWF-Colombia.
lgnaranjo@wwf.org.co

Aunque gran parte de los ecosistemas originales del Piedemonte Andino-Amazónico de Colombia aún subsisten, sus patrimonios biológico y cultural están severamente amenazados. Desde la segunda mitad del siglo XX esta zona ha sido colonizada por comunidades indígenas y campesinas provenientes de distintas regiones del país, impulsadas por concesiones petroleras y mineras, y en muchos casos por desplazamientos forzados de los lugares de origen.

Estas sucesivas oleadas colonizadoras han tenido como consecuencia la expansión de la frontera agropecuaria, bajo nuevos patrones de tenencia de la tierra. Y a medida que avanza la colonización, ha incrementado la tasa de deforestación de las laderas de estas vertientes, la apertura de pasturas para sistemas ganaderos de muy poco rendimiento, la expansión de cultivos de uso ilícito como la coca y la amapola y, en general, la pérdida de soberanía alimentaria de los pueblos indígenas.

Muchas de las amenazas que hoy se ciernen sobre el Piedemonte Andino-Amazónico son respuestas a la dinámica de los procesos de globalización e integración económica regional. En primer lugar, el Eje Andino contempla la articulación de la carretera Panamericana a lo largo de los Andes en Colombia y Ecuador, y la carretera Marginal de la Selva, que bordea la cordillera en los tres países. En segundo lugar, el Eje del Amazonas comprende un sistema multimodal de transporte que interconecta los puertos de Tumaco, Esmeraldas y Paita en el Pacífico (en Colombia, Ecuador y Perú, respectivamente), con puertos amazónicos, a través de más de 6.000 km de vías navegables, entre ellos el Putumayo. Y aunque estos proyectos pueden permitir el acceso de productos locales a mercados regionales, su lógica se apoya en la explotación a gran escala de los recursos naturales, la cual compromete el mantenimiento de los atributos singulares de la región.

Muchos de los efectos nocivos de estas amenazas sobre la biodiversidad del piedemonte, se han exacerbado en años recientes con el incremento en la frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos. Esta es una época de acelerado cambio ambiental a escala global y las manifestaciones de sus impulsores se hacen evidentes a diferentes escalas, aún en regiones relativamente poco transformadas como la vertiente oriental de los Andes que mira hacia la cuenca amazónica. Urge, por lo tanto, buscar medidas orientadas a mantener, o incluso mejorar la resiliencia de los ecosistemas del piedemonte, de forma que puedan responder a la gran cantidad de presiones de diversa índole.

Pero un reto de tal magnitud solamente puede ser enfrentado de forma mancomunada por diferentes actores que tienen injerencia sobre el territorio. Por una parte, la conservación solo es viable en la medida en que sea compatible con las aspiraciones de las comunidades locales, especialmente en una región con la complejidad social, cultural, política y económica que tiene el piedemonte. Pero además, la responsabilidad de planear esquemas de desarrollo de bajo impacto ambiental y ponerlos en práctica no puede recaer solamente en las organizaciones del Estado responsables por el manejo de los recursos naturales. Es preciso convocar en este esfuerzo a las administraciones locales y regionales, las autoridades ambientales, la academia y las organizaciones no gubernamentales, de forma tal que se garantice la adecuada apropiación de modelos de ordenación y manejo del territorio verdaderamente sustentables.



© Yuri Rosero / Proyecto MICG

Mocoa - Bajo Afán.

Durante los últimos diez años, este enfoque ha orientado el proceso de numerosas organizaciones y comunidades locales del Piedemonte Andino-Amazónico de construir una visión conjunta de conservación para la región. Pero un ingrediente de la compleja batería de soluciones a los problemas ambientales y sociales de la región que es todavía incipiente, es el del establecimiento de sistemas sostenibles de producción agropecuaria que reduzcan el deterioro de los ecosistemas y la disminución en la capacidad de los mismos para proveer bienes y servicios a la sociedad. En este documento se recogen los resultados de un esfuerzo reciente en esta dirección, que se espera, pueda replicarse en otros sectores de la puerta del Amazonas.

EL DESAFÍO: ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL PUTUMAYO

Por:
Luis Alexander Mejía Bustos¹

cosas en su forma más directa y elemental. Allí interactúan, de manera permanente, agua, flora y fauna, incluida la especie zoológica más activa: la humana. Las cuencas son, por eso, escenarios idóneos para la gestión integral sobre territorio y población. Ellas ofrecen la base indispensable y concreta para el ordenamiento territorial del país y el piso donde se instala, de manera natural, la administración político-administrativa de la Nación.

En ese sentido, y sobre todo en los últimos años, la consideración de las cuencas como territorio de gestión ha retomado un auge inusitado en las declaraciones de política y leyes hídricas y ambientales en América Latina. En Colombia, los desarrollos normativos coinciden con la anterior postura, lo cual se evidencia en la adopción de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial² (Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El hombre nace, crece, vive y muere, siempre, sin excepción, dentro del ámbito de una cuenca hidrográfica. No hay, sin embargo, claridad acerca de qué es una cuenca. El habitante urbano perdió esta noción. El hombre rural la olvidó.

Alberto Mendoza Morales (2008)

Según Mendoza (2008), las cuencas, en todas sus formas y tamaños, son recintos de vida. En esas hondonadas se da la interdependencia de seres y



Leguízamo - Río Putumayo

© David Fajardo / Proyecto MICG

1. Director Territorial Putumayo de Corpoamazonia.

LMejia@corpoamazonia.gov.co

2. Hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Así, las cuencas hidrográficas son consideradas hoy, unidades fundamentales para la planificación, gestión integral y descentralizada del suelo, flora, fauna y agua, y son el lugar donde se medirá el cumplimiento de las metas nacionales de la Política. Esta decisión trasciende la connotación puramente espacial y reconoce la importancia de dichos espacios geográficos delimitados por las divisorias de aguas, como generadores de bienes y servicios ambientales y materializadores de la confluencia de tres actores clave: Usuarios, Entes territoriales y Autoridad ambiental (Figura 2.1).

El Ideam define una cuenca como “aquella unidad de territorio donde las aguas fluyen naturalmente, en un sistema interconectado y en el cual interactúan uno o varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales” (Ideam, 2003) y considera que las subcuencas son “aquellas subdivisiones principales de las cuencas, donde las aguas superficiales y subterráneas alimentan a las cuencas, por lo general las componen aquellas cuencas de segundo orden en adelante” (Romero *et al.*, 2009).

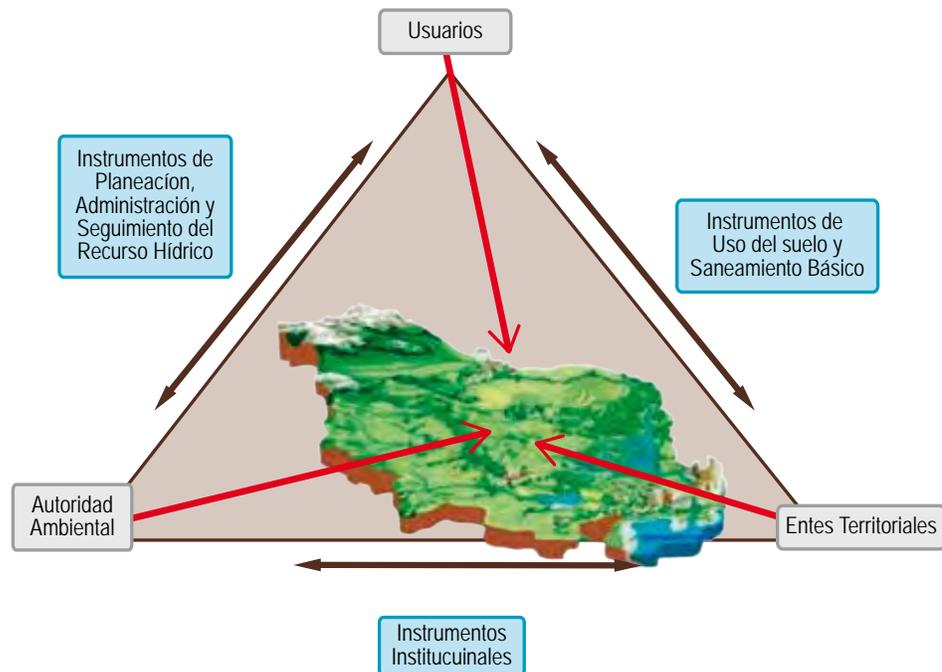


Figura 2.1. Actores clave para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. García (2012)

El Decreto 1640 del 2 de agosto de 2012 (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) recogió los lineamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico basados en criterios de oferta, demanda y calidad hídrica, riesgo y gobernabilidad y determinó una jerarquía territorial para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos. Para cada nivel territorial establecieron las instancias de coordinación, participación, y los instrumentos de planificación, ordenación, manejo y monitoreo del recurso hídrico. (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Estructura de Planificación y Participación.

NIVEL	NO.	ESCALA	INSTRUMENTO PLANIFICACIÓN	OBJETO	PARTICIPANTES	INSTANCIA DE COORDINACIÓN	
1	Macrocuenca	5	1:500.000	Planes Estratégicos	Establecer lineamientos concertados de planificación a nivel de macrocuenca	Ministerios, institutos de investigación, CAR, gobernaciones, gremios, (Cormagdalena)	Consejo Ambiental Regional
2	Zona Hidrográfica	41	1:100.000	Programa Nacional de Monitoreo	Red Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (cantidad y calidad)	MADS, institutos de investigación, CAR	Comité Interinstitucional
3	Subzona o Subsiguiente	309	1:25.000	POMCA	Ordenación y manejo del recurso hídrico y de los RRNN que hay en la cuenca objeto del POMCA	MADS, CAR, gobernaciones, alcaldías, gremios y ONG regionales	Consejo de Cuenca y Comisión Conjunta
4	Acuíferos	ND	1:25.000	Plan de Manejo Ambiental	Medidas de manejo y protección ambiental de los acuíferos priorizados	CAR, alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales	Mesas de trabajo
	Microcuencas	ND	1:10.000	Plan de Manejo Ambiental	Medidas de manejo y protección de las microcuencas prioritarias	CAR, alcaldías, gremios, asociaciones de usuarios locales	Mesas de trabajo

Fuente: García (2012) Adaptado para este texto.

La creación de instancias de coordinación y participación por cuencas, sea para gestionar las intervenciones sobre el agua o sobre toda la cuenca, es un desafío para las entidades pertenecientes al Sistema Nacional Ambiental (SINA) en general, y para las entidades territoriales en particular. Implica desarrollar capacidades de gestión con participación sobre territorios delimitados por razones naturales, a partir de los gobiernos elegidos para gobernar sobre territorios delimitados por razones político administrativas. Cabe mencionar igualmente, el desafío en términos de competencias y responsabilidades de las instancias locales, regionales y nacionales para su ordenamiento y gestión integral, donde parecieran existir contradicciones entre las normas de superior jerarquía y las leyes y decretos que las reglamentan.



© David Fajardo / Proyecto MICG

San Francisco - Río Putumayo.

Por su parte, el Plan de Gestión Ambiental de la Región del Sur de la Amazonia Colombiana -PGAR, 2002-2011, de Corpoamazonia³ estableció también que las cuencas hidrográficas debían ser uno de los criterios para la conformación y estructuración de tres de las cuatro ventanas cartográficas utilizadas en el ejercicio de planificación territorial en su jurisdicción.

Para la delimitación de la ventana cartográfica 1, se adoptó el concepto del espacio geográfico “macroregional” correspondiente a la cuenca hidrográfica total del río Amazonas (escala 1:30’000.000) (Figura 2.2); para la ventana cartográfica 2, las subcuencas laterales izquierdas de la subcuenca superior del río Amazonas (escala 1:15’000.000); y para la ventana cartográfica 3, se asoció la ventana conceptual correspondiente a las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo (escala 1:7.500.000).

Según Corpoamazonia (2008), el departamento del Putumayo está localizado al suroccidente del territorio continental colombiano, cerca del 9% de su territorio pertenece a la unidad de Paisaje Cordillera de los Andes, ubicada por encima de los 900 m, cerca del 6% pertenece a la unidad de Paisaje Piedemonte, ubicada entre los 300 y los 900 msnm y cerca del 85% pertenece a la unidad Llanura Amazónica, ubicada por debajo de los 300 m.

En general, el patrón de drenaje prevaleciente en la región es de tipo subparalelo a subdendrítico, con una alta densidad de drenajes y una baja disección, con pendientes que oscilan entre el 1% y 10% en la llanura; entre el 10% y 30% en el piedemonte, y superior al 30% en la cordillera, con excepciones puntuales (Ideam, 2008).

En el territorio del departamento se han inventariado y codificado las Zonas hidrográficas de Caquetá y Putumayo (Orden 1) y las once Subzonas hidrográficas (Orden 2), las cuales se observan en las Figuras 2.3 y 2.4, respectivamente.

Durante los últimos 14 años, Corpoamazonia ha promovido procesos de ordenación y manejo de 25 cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos municipales en su área de jurisdicción.

3. La Corporación para el Desarrollo Sostenible del sur de la Amazonia, Corpoamazonia, tiene jurisdicción en los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo, con un área aproximada de 224.320 km².

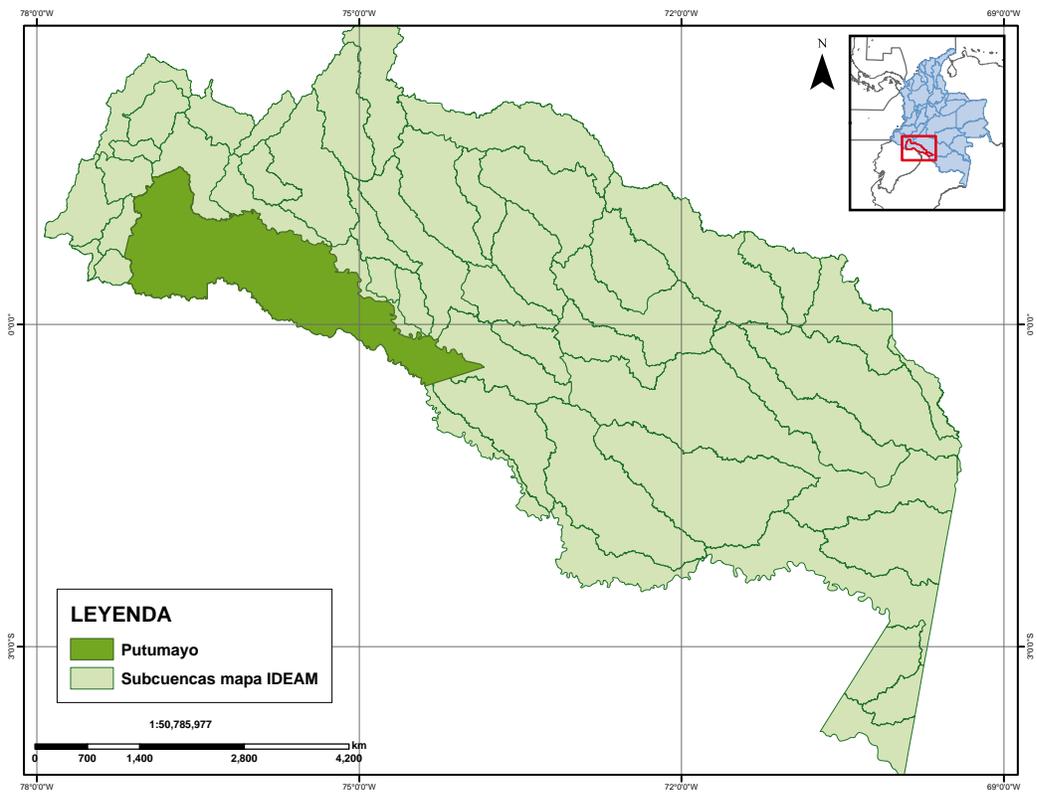


Figura 2.2. Área Hidrográfica del Amazonas (Corpoamazonia, 2012).

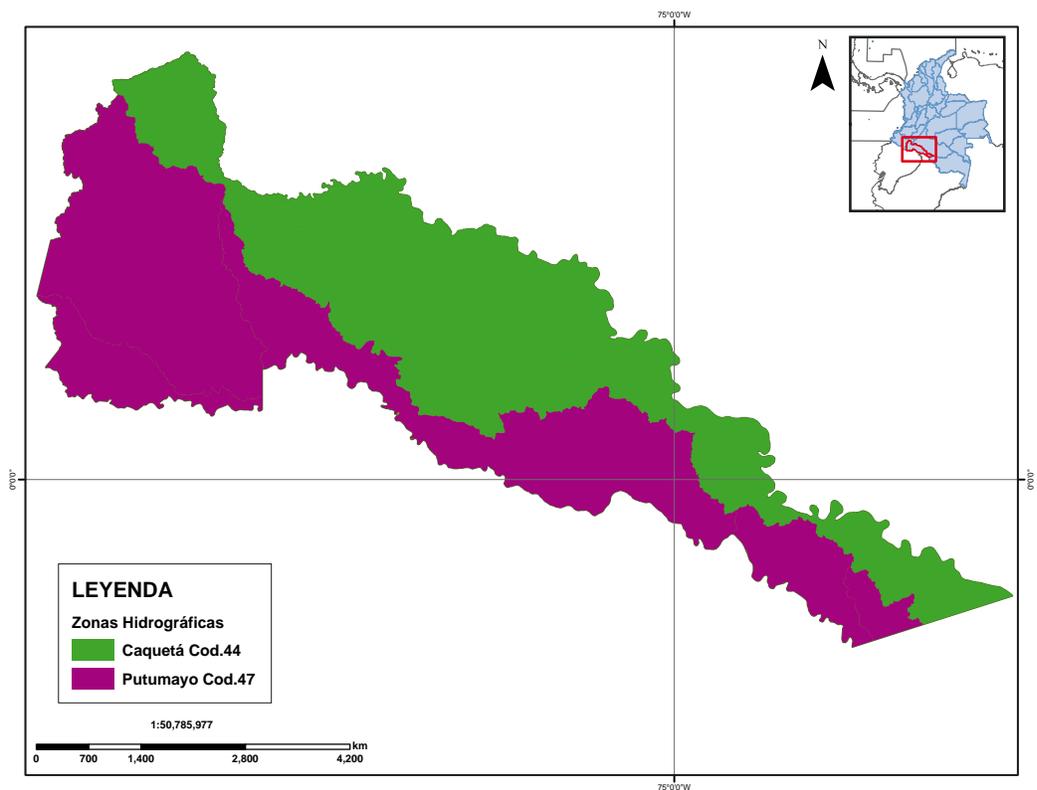
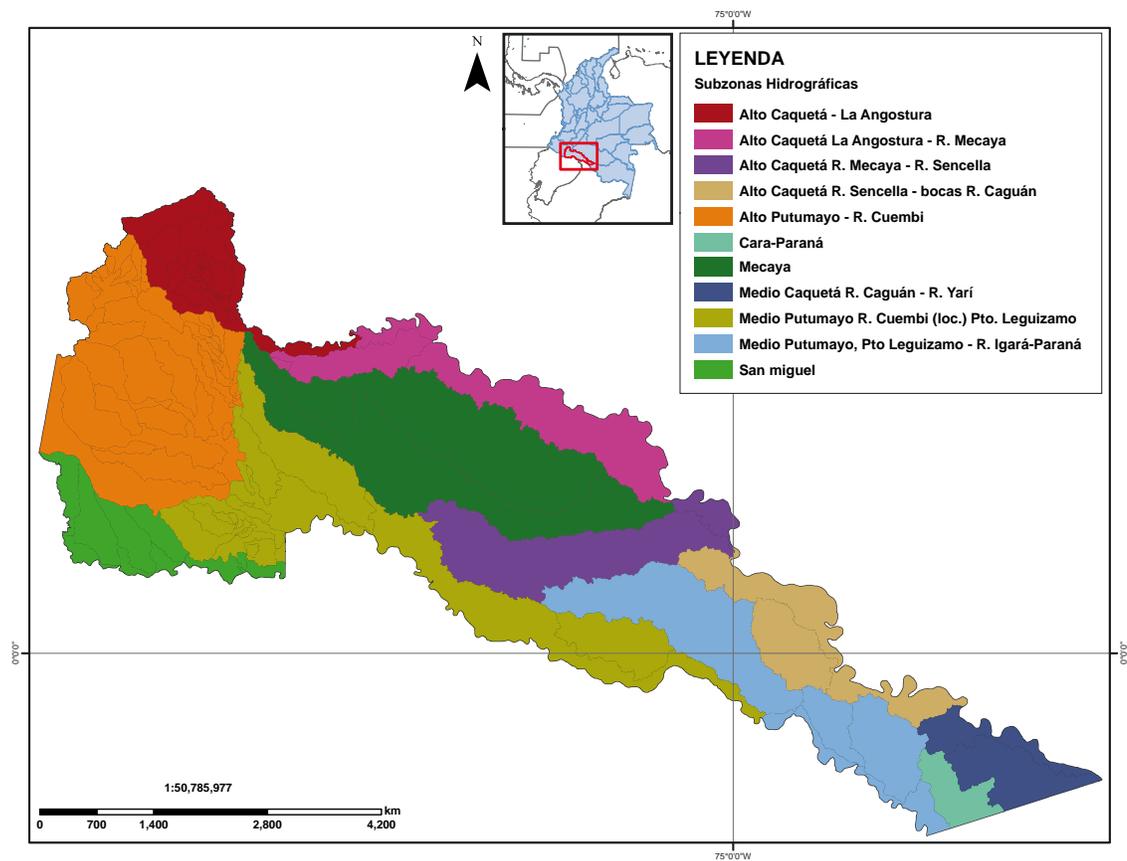


Figura 2.3. Zonas hidrográficas. Fuente: (Corpoamazonia, 2012).

Figura 2.4.
Subzonas
hidrográficas.
Fuente:
(Corpoamazonia,
2012).



De estas, 13 corresponden al departamento del Putumayo. El área total de estas últimas es de 206.414,52 ha⁴. Solo 88.157,5 ha se han declarado en ordenación a través de resoluciones citadas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Relación de cuencas hidrográficas ordenadas en el departamento del Putumayo.
Fuente: Informe Final Dirección Territorial Putumayo (Corpoamazonia, 2012)

CUENCA HIDROGRÁFICA	MUNICIPIOS	ESTADO
La Hormiga	Valle del Guamuez y San Miguel	Formulado y aprobado (Res. 1241 de 2005)
Yarumo	Orito	Formulado y aprobado (Res. 1242 de 2005)
San Pedro	Colón y Sibundoy	Formulado y aprobado (Res. 1243 de 2005)
Pepino	Mocoa	Formulado y aprobado (Res. 0306 de 2007)
Alta-Alta río Putumayo	Santiago, Colón, Sibundoy, San Francisco	Formulado y aprobado (Res. 234 de 2011)
Curiyaco	Mocoa	Formulación y en proceso de aprobación
Agua Negra	Puerto Asís	Formulación y en proceso de aprobación
Güisia	San Miguel	Formulado y en proceso de aprobación
Mulato	Mocoa	Formulado y en proceso de aprobación
La Chorrera	Puerto Guzmán	Formulado y en proceso de aprobación
Taruca y Conejo	Mocoa	Formulado y en proceso de aprobación
Almorzadero	Mocoa	Formulado y en proceso de aprobación

4. Datos tomados de www.corpoamazonia.gov.co

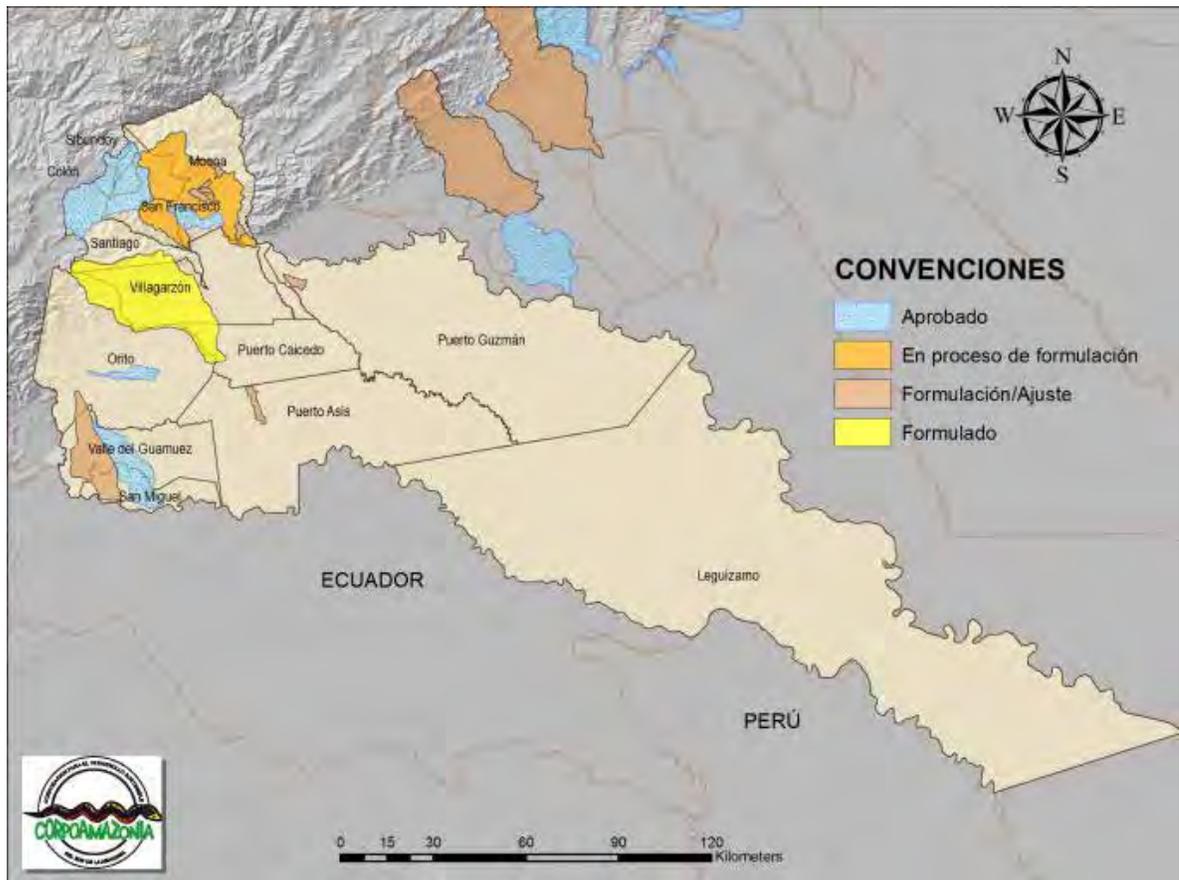


Figura 2.5. POMCAS aprobados y formulados en el departamento del Putumayo (Corpoamazonia, 2012)

Muchas organizaciones de gestión por cuencas, inclusive ya creadas, están lejos de ser funcionales. Hay una serie de situaciones y elementos que explican las dificultades para que la gestión participativa por cuencas sea efectiva, algunas relativamente simples e incluso ingenuas, y otras más complejas.

Corpoamazonia ha desarrollado no solo el inventario y codificación de sus cuencas sino proyectos, enmarcados en convenios de cooperación, que han permitido avanzar en los desafíos que le impone su condición de autoridad ambiental y la normatividad vigente en términos de ordenar ambientalmente el territorio y contribuir de manera significativa en el conocimiento, uso y conservación de la biodiversidad del sur de la Amazonia Colombiana.

Un proceso en marcha que merece ser destacado es el de “*Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas a través del mejoramiento de los Sistemas Ganaderos en el departamento del Putumayo -MICG*”, porque promueve la reconversión en la actividad ganadera en las cuencas hidrográficas a lo largo del departamento del Putumayo, con el fin de sostener o aumentar la rentabilidad de la producción pecuaria y, a la vez, liberar áreas para la restauración y la conservación de los ecosistemas de bosques, permitiendo el cambio de uso de la tierra desde áreas de pastoreo sin árboles a una combinación de usos arborizados en la matriz del paisaje.

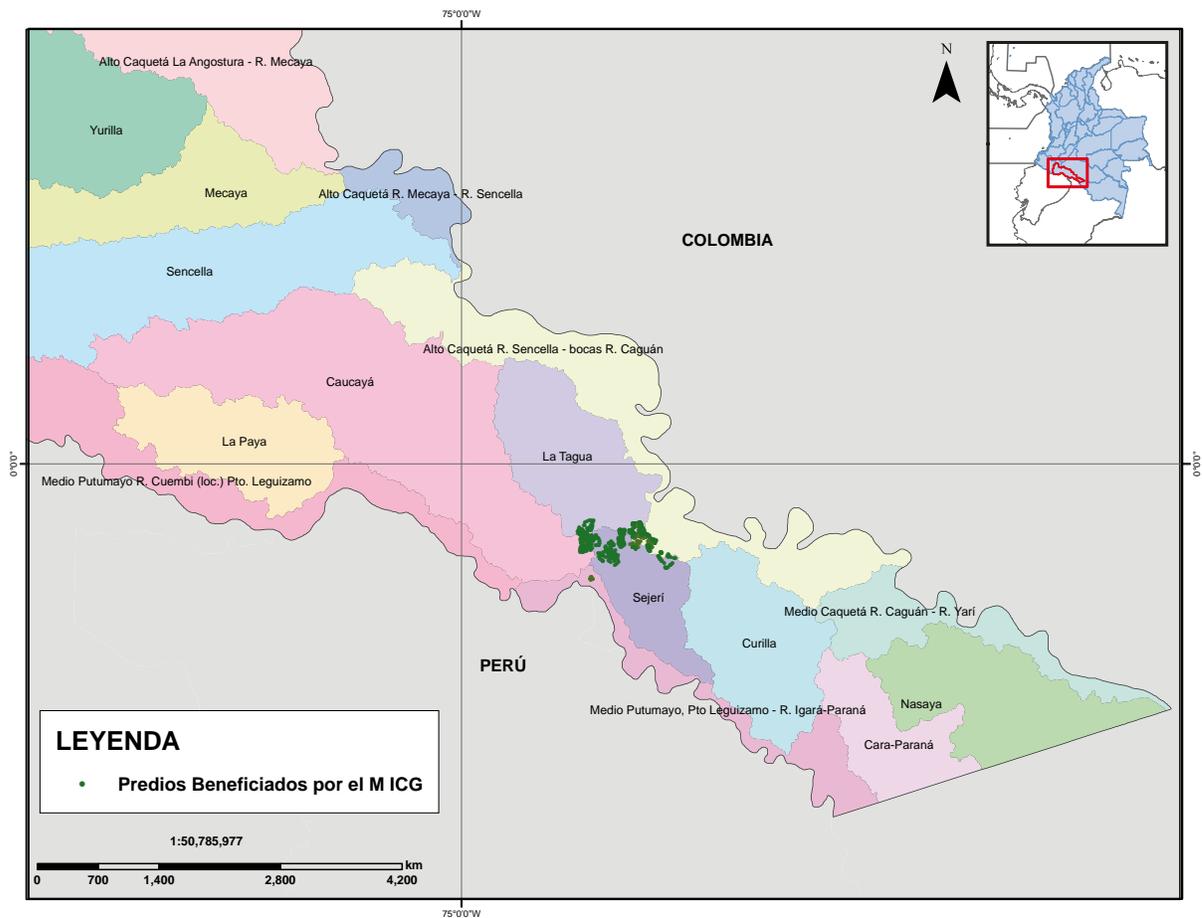


Figura 2.7. Predios beneficiados por el MICG en el Bajo Putumayo.
Fuente: Informe Final Dirección Territorial Putumayo (Corpoamazonia, 2012)



Aislamiento de fuente hídrica con postes de madera plástica
Fuente: Informe Final Dirección Territorial Putumayo (Corpoamazonia, 2012).

© David Fajardo / Proyecto MICG

En esta fotografía se aprecia uno de los avances en términos de aislamiento de fuentes hídricas que se logró usando postes elaborados a partir del plástico reciclado por grupos de recuperadores del Putumayo, y transformados en la planta industrial de madera plástica, ubicada en el municipio de Puerto Asís.

En este escenario de gestión ambiental compartida, se protegen y conservan 19 cuencas en los 13 municipios del departamento del Putumayo y se espera continuar con un proceso similar en el departamento del Caquetá dado que la ganadería extensiva es, por un lado, el sector económico más importante, pero por otro, la actividad que más genera degradación en sus cuencas y microcuencas.

El desafío continúa...

LA GANADERÍA EN EL PUTUMAYO

Por:

David Fajardo, Rodrigo Soto¹
y Camilo Ortega P.²

A finales del siglo XIX e inicios del XX, los misioneros capuchinos fundaron algunos pueblos en el valle de Sibundoy y en las riberas de algunos ríos de la Amazonia colombiana, continuando la labor emprendida en el siglo XVII por los misioneros franciscanos en el área de lo que hoy se conoce como los departamentos de Putumayo y Caquetá, a partir de su sede principal en Mocoa (Ruiz *et al.*, 2007) y promovida por el Gobierno nacional que, en 1892 promulgó las leyes que facultaban a los misioneros para ejercer autoridad civil en el territorio:



El ingreso de animales a las fuentes de agua genera graves impactos al recurso hídrico. San Francisco - Río Putumayo.

“...autorízase así mismo al Gobierno para que de acuerdo con la autoridad eclesiástica proceda a organizar misiones para reducir a la vida civilizada a las tribus salvajes que habitan en el territorio de Colombia bañados por los ríos Putumayo, Caquetá, Amazonas y sus afluentes”.

En 1905 se creó la prefectura del Caquetá, bajo la Ley 103 de 1890, autorizando a las misiones para someter a los indígenas, civilizarlos en toda el área del Caquetá, Putumayo, Amazonas y sus afluentes y se nombró como Prefecto Apostólico a Fray Fidel de Monclar, que gobernaría una extensión de 200.000 km². Entre todas las asignaciones de este dignatario se destacan la de dar impulso a todas las actividades agropecuarias, terminar sin pérdida de tiempo los caminos en construcción, de inmediato talar y limpiar los puertos dos leguas cuadradas

hasta dejarlos listos para sembrar, y entregar a cada colono 20 ha y una casa (Academia Putumayense de Historia, 2012). El 19 de abril de 1913, según informe de Fidel de Monclar, ya se habían talado 200 ha más las cochas a razón de 16 ha por mes. En 1916 se producían 80 arrobas de azúcar diarias y la colonia tenía 80 cabezas de ganado de propiedad de la misión. Para 1917 estas cifras habían crecido hasta 250 cabezas de ganado y 720 ha en cultivos.

De acuerdo con Ruiz *et al.* (2007), a lo largo de la historia de colonización de la región se presentaron cuatro flujos migratorios principales que dan forma de manera directa o indirecta a la ganadería actual. El primer flujo fue ocasionado por la explotación de quina y caucho que se llevó a cabo entre finales del siglo XIX y principios del XX, cuando se fundaron Florencia y Puerto Asís, entre otros asentamientos de importancia. La segunda oleada fue generada por el conflicto con el Perú a comienzos de la década de 1930. Durante esta etapa se desarrollaron vías importantes como la de Pasto-Mocoa-Puerto Asís y el carreteable La Tagua-Caucaya (Leguízamo), lo que trajo el ingreso de pobladores del interior del país, principalmente de los departamentos de Tolima, Huila, Cauca y Nariño.

1. Consultores Proyecto MICG.
david.fajardo1@gmail.com

2. Coordinador Proyecto Putumayo
Trinacional, WWF-Colombia.
scortega@wwf.org.co

La tercera migración ocurrió entre los años 1940 y 1960 y fue promovida por la Ley 200 de 1936 de Reforma Agraria, el impulso de la inversión del Estado en recursos para la Colonización y el desarrollo petrolero en la región. A este impulso se sumó el desplazamiento causado como consecuencia de la violencia partidista, desencadenada a raíz del asesinato de Jorge Eliécer Gaitán en 1948. Finalmente, la cuarta migración se dio a finales de la década de 1970 y se podría decir que continúa hasta los primeros años del siglo XXI, ligada principalmente al cultivo ilícito de coca. Sin embargo, en este último periodo la industria del petróleo sigue atrayendo más población hacia estas áreas.

En todas estas oleadas migratorias hacia el Piedemonte Andino-Amazónico, la ganadería ha estado presente por diversas razones. Por una parte, forma parte del acervo cultural de la colonización pues las reses son consideradas símbolo de poder, sirven como una especie de cuenta de ahorros fácilmente transable y en la forma tradicional de manejo, requieren muy poca mano de obra e insumos. Por lo tanto, es fácil entender que la ganadería bovina sea en la actualidad la mayor actividad pecuaria que se desarrolla en la Amazonia.

Si bien la historia de ocupación del territorio ha sido impulsada principalmente por actividades extractivas (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, s.f.), la ganadería ha continuado el proceso de apertura de áreas significativas de bosque para convertirlas en pasturas. Para el año 2003 se calculaba que las pasturas alcanzaban cerca de 2.331.000 ha en la Amazonia colombiana, de las cuales tan solo unas 128.000 ha correspondían al departamento del Putumayo (Ruiz *et al.*, 2007). Hoy en día el departamento tiene unas 170.000 ha dedicadas a la ganadería, las cuales están localizadas en su mayor parte en los municipios de Puerto Leguízamo, Puerto Asís, Villa Garzón y Orito; el hato ganadero bovino actual del departamento del Putumayo alcanza aproximadamente 177.000 cabezas (Coganasís, Com. Pers.), lo cual representa una capacidad de carga de 1,04 cabezas por hectárea e ilustra la baja eficiencia de la ganadería extensiva que se practica en la Amazonia con escasa inversión en nuevas tecnologías.

La ganadería tradicional en el Putumayo y sus impactos en el medio ambiente

En el Bajo Putumayo la ganadería extensiva se lleva a cabo principalmente en paisajes de lomerío, vegas y terrazas, en las cuales se emplean algunas especies gramíneas naturalizadas o mejoradas para la alimentación del ganado, entre las cuales se cuentan el pasto guaduilla (*Homolepis aturensis*), la grama dulce (*Paspalum notatum*) y las braquiarias (*Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, y *B. brizantha*). Las diferentes especies de braquiarias se adaptan muy bien a las condiciones de suelos ácidos y de baja fertilidad pero son afectadas por los altos niveles freáticos. Durante nueve meses del año, el nivel freático permanece muy alto y la precipitación supera los niveles de evapotranspiración; de mayo a julio es la época en la cual las gramíneas tienen su menor valor de producción, problema se incrementa por el pisoteo y el pastoreo intensivo.

Aunque se ha argumentado que las acusaciones de los efectos de la ganadería sobre la potrerización del país son infundadas (Lafaurie, 2008), muchos estudios sustentan lo contrario. La falta de ordenamiento y planificación de las fincas hace que los elementos fundamentales para la sostenibilidad económica, ecológica y social, como los bosques, el suelo y el agua, se vean seriamente amenazados, pues han sido sometidos a fuertes presiones antrópicas, principalmente la tala indiscriminada para establecer la ganadería extensiva.

En el caso específico del departamento del Putumayo, en donde los predios se componen de pequeñas áreas de lomas, mesas, vallecitos, terrazas, vegas y humedales, se presenta un uso de suelo de tipo monocultural, donde la pradera predomina y el bosque es remplazado por gramíneas que en su mayoría son especies introducidas. La pérdida del bosque implica la desaparición de diferentes especies vegetales y animales, situación agravada por la homogenización del paisaje.

Por otra parte, la expansión de las pasturas manejadas bajo el modelo productivo de la ganadería extensiva, provoca el detrimento de la capacidad productiva del suelo a través de la compactación y la pérdida de organismos descomponedores. El pisoteo del ganado contribuye a la erosión de taludes y al incremento en el arrastre de materia orgánica por la escorrentía. El mal manejo de la ganadería genera además escasez de agua, disminuye la calidad de la misma con la contaminación microbiológica e incrementa la emisión de gases de efecto invernadero como el gas carbónico (CO_2) y el metano (CH_4). Podría afirmarse entonces que los impactos ambientales negativos de la ganadería extensiva en ecosistemas amazónicos afectan no solamente atributos específicos, sino también procesos ecológicos y evolutivos y por ende, comprometen la prestación futura de servicios ecosistémicos.



Ganadería extensiva, municipio de Leguízamo

© David Fajardo / Proyecto MICG

Mitigación y adaptación al cambio climático en la ganadería

Las cada vez más frecuentes modificaciones en los regímenes de variabilidad climática natural y la mayor incidencia de eventos extremos a lo largo del globo, han llevado a que la gente constantemente reconozca que se está dando un “cambio climático” que no pueden explicar.

El cambio climático es la muestra más clara de cómo el ser humano ha llegado a modificar el ambiente en el que habita hasta el punto de alterar de forma significativa las concentraciones de un conjunto de gases que mantenían la temperatura de la tierra en un promedio de 15°C gracias al efecto invernadero natural, y no en los -18°C que tendría la tierra si no contara con esos gases.

Esta modificación en las concentraciones de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) se ha intensificado desde 1750 de la mano de la industrialización y se ha debido, para el caso del dióxido de carbono, principalmente a la quema de combustibles fósiles y al cambio en el uso de la tierra, mientras que el aumento del metano y de los óxidos de nitrógeno se debe principalmente a la agricultura, incluyendo la ganadería (IPCC, 2007a).

En la medida que continúan creciendo las concentraciones de GEI, se hacen más evidentes los cambios en la temperatura y en la precipitación en todo el mundo, así como en la intensidad y frecuencia de fenómenos climáticos extremos, de ahí que se generen diferentes esfuerzos, tanto a nivel internacional como nacional, para mitigar las emisiones de gases y adaptar los procesos productivos, los ecosistemas y las poblaciones, que se verán impactadas por los cambios en el presente y el futuro. Si no se manejan estos impactos, los costos para la sociedad pueden ser elevados (Stern, 2007). La ganadería y todas las personas asociadas a esta actividad no son ajenas a este fenómeno y deberán prepararse frente al reto de adaptarse y ayudar a reducir sus emisiones.

Relación entre ganadería y cambio climático



© David Fajardo / Proyecto MICG

Puerto Caicedo (Derrames y quema de crudo).

La relación entre el cambio climático y la ganadería es en doble sentido. Por un lado la ganadería en Colombia es, según la segunda comunicación nacional de Colombia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la actividad individual que genera más GEI en el país, con poco más del 19% del total nacional (Ideam, 2010). Y por otro lado, al igual que otras actividades productivas, se verá impactada por el cambio climático, y por ello deben identificar su vulnerabilidad y poder generar medidas de adaptación que les permitan responder ante los cambios.

Las emisiones directas de GEI por parte del ganado se deben por un lado a la respiración (al igual que todos los animales, el ganado emite CO_2 en ese proceso), a la fermentación microbiana de sus alimentos ricos en fibras que genera grandes cantidades de metano, y a sus excretas que además de metano, contienen óxidos de nitrógeno, amoníaco y dióxido de carbono.

De forma indirecta, la ganadería afecta las concentraciones de GEI al incentivar los cambios en el uso del suelo, bien sea para generar pasturas para el ganado o para cultivar diferentes productos para alimentarlo. La destrucción de la cobertura vegetal para este tipo de actividades libera grandes cantidades de carbono a la atmósfera.

En conjunto, las emisiones de la ganadería son considerables a nivel global y representan el 9% del total de emisiones de dióxido de carbono, 37% de emisiones de me-

tano, y 65% de las emisiones de óxido de nitrógeno si se incluyen los requerimientos de compuestos nitrogenados para producir el alimento del ganado (Steinfeld *et al.*, 2006).

Desde la perspectiva de cómo el cambio climático afecta a la ganadería, los principales impactos están asociados a la alteración de la temperatura y la precipitación que pueden afectar la productividad, al cambiar la calidad del forraje y modificar el comportamiento de forrajeo de los animales. Por otra parte, el aumento de la variabilidad climática y la frecuencia e intensidad de las sequías pueden resultar en incremento del estrés térmico que a su vez reduce la tasa de engorde, la producción de leche, las tasas de natalidad e incluso, puede llevar a la muerte de los animales (IPCC, 2007b). Así mismo se puede afectar la salud de los animales ante la llegada de nuevos vectores de enfermedades a las zonas de producción y otros efectos indirectos a la cadena de valor, como el aumento en los precios de los insumos productivos, descenso en el precio de los productos generados por reducción de calidad, o incluso potenciales barreras comerciales para productos carbono intensivos.

Todos estos ejemplos muestran que tanto desde la perspectiva de la mitigación como de la adaptación, es necesario tomar medidas prontas para preparar al sector ganadero dentro de la lógica de una agricultura climáticamente inteligente, que es definida por la FAO (2010) como “aquella que incrementa de manera sostenible la productividad, la resiliencia (adaptación), reduce/elimina GEI y fortalece los logros de metas nacionales de desarrollo y de seguridad alimentaria”.

Alternativas del sector en mitigación y adaptación al cambio climático

Son diversas las metodologías existentes para lograr una ganadería climáticamente inteligente, y este breve documento no pretende revisarlas a profundidad sino dar un panorama general que muestre que existe un gran abanico de posibilidades para responder a los nuevos retos que plantea el cambio climático.

Los sistemas silvopastoriles intensivos son un mecanismo de mitigación, ya que aportan a la reducción de las emisiones asociadas a la deforestación que se presentaría en la expansión de prácticas extensivas. Además, si estos tienen un buen diseño, pueden aportar al secuestro de carbono por medio de la agroforestería. Otras actividades asociadas se pueden orientar a la restauración del carbono orgánico del suelo en suelos cultivados o reversando las pérdidas de este elemento en pasturas degradadas (IPCC, 2007c; Steinfeld *et al.*, 2006).

El potencial de reducción de metano se puede manejar con la manipulación de excretas que reduzca emisiones, incluyendo por ejemplo el uso de biodigestores que generen energía y a la vez, quemem el metano y con ello produzcan otros gases con equivalencias menores. Las otras actividades para reducir este gas, son las asociadas a disminuir la fermentación entérica por medio de la mejora de la eficiencia y las dietas. Esto puede lograrse a través de la gestión del pastoreo, correcciones del suelo, suplemento de nutrientes en las dietas de los animales, programas preventivos de salud en los hatos, provisión de fuentes adecuadas de agua de calidad, y mejora



© David Fajardo / Proyecto MCG

Ganadería extensiva, valle del Guamuez.

en la genética y la eficiencia reproductiva. Existen otras técnicas más complejas que buscan ser más efectivas en la reducción, pero que todavía no son viables a gran escala, tales como el uso de vacunas para reducir la metanogénesis, el control de algunos protozoarios específicos del rumen y la reducción de la producción de hidrógeno al estimular bacterias acetogénicas (IPCC, 2007c; Steinfeld *et al.*, 2006).

En cuanto a la reducción de N_2O , las técnicas más frecuentes se orientan a aumentar las bajas tasas de asimilación de nitrógeno de los rumiantes por medio de una alimentación más balanceada que responda a los requerimientos de ciertos individuos o grupos de individuos. Esto puede incluir alimentar los animales diferencialmente según su sexo, fase productiva, o edad, de manera que se correspondan los requisitos fisiológicos con el tipo de alimentación (IPCC, 2007c; Steinfeld *et al.*, 2006).

Por el lado de la adaptación, las alternativas están asociadas a la producción del ganado e incluyen la cría de razas de animales con mayor tolerancia y productividad ante circunstancias climáticas particulares, procurar contar con forraje para periodos poco favorables climáticamente, la mejora de pasturas y manejo del pastoreo, incluyendo el manejo de las reservas de alimento y rotación de pasturas, o la provisión de apoyo suplementario de alimentación y servicios veterinarios adecuados. Otras actividades se centran más en aumentar la calidad de los forrajes de los que se alimentan los animales o a usar especies de pastos nativos que se adaptan mejor a condiciones climáticas difíciles, o por otro lado, a aumentar la cobertura de plantas por hectárea para aumentar la disponibilidad de alimento (IPCC, 2007b; L. Meza & González, 2012). Este manejo de coberturas también puede incluir aumento de la cantidad de árboles que den sombra y así permitir la reducción del estrés térmico del ganado, y a la vez, reducir la evapotranspiración por radiación solar incidente. Dentro de estos enfoques también se pueden mejorar los refugios de los animales para que se protejan de condiciones extremas.

Otras medidas de adaptación pasan por transferir el riesgo, es decir, contar con mecanismos de seguros contra estos riesgos que cubran potenciales pérdidas asociados a la variabilidad climática. Esto se puede dar a través del sistema financiero tradicional, o por medio de apoyos con los gobiernos o incluso, con el desarrollo de fondos de riesgo creados con aportes gremiales (Batima, 2006).

Como se puede observar, el reto de hacer una ganadería climáticamente inteligente tiene un sinnúmero de opciones, pero a lo contrario de lo que se podría pensar, parte de acciones que pueden ser implementadas de manera sencilla y generar beneficios más allá del tema climático, aumentando la productividad, reduciendo costos y mejorando la calidad de los productos generados. El reto es grande, pero las oportunidades también lo son.

LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES COMO PROPUESTA DE RECONVERSIÓN GANADERA PARA LA REGIÓN DEL PUTUMAYO

Por: Rubén Espinel, Rodrigo Soto, James Faryd Zuleta, David Fajardo¹, Nora Solarte Ojeda² e Ilvia Niño Gualdrón³

La transformación de ecosistemas naturales para dar paso a sistemas agropecuarios e infraestructura, ha generado paisajes rurales en los cuales la matriz consiste en un mosaico de sistemas productivos adaptados a cada lugar con propiedades ecológicas y socioeconómicas particulares (Lozano *et al.*, 2009; Lozano, 2009). En los departamentos del Caquetá, Putumayo y Amazonas, los paisajes rurales ocupan en la actualidad cerca de 34.560 km² y en su mayor parte están dominados por la ganadería extensiva y semiextensiva, por lo que se ha convertido en uno de los principales impulsores de la transformación del paisaje y la pérdida de servicios ecosistémicos en la región.

Teniendo en cuenta lo anterior, dentro de la iniciativa de manejo integrado de cuencas hidrográficas prioritarias en el departamento del Putumayo Corpoamazonia identificó la reconversión ganadera como una prioridad con el fin de reducir, hasta donde sea posible, los impactos negativos de este importante renglón de la economía regional, asegurando al mismo tiempo la provisión futura de servicios ecosistémicos como se señaló en el Capítulo 3. Una alternativa viable para esta zona, es el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) (árboles, pastos y animales) y sistemas agroforestales (SAF) (Árboles, cultivos anuales y perennes), pues además de ser mucho más amigables con la biodiversidad que la agricultura industrial y la ganadería extensiva, permiten aprovechar la gran diversidad de especies promisorias.

Si bien el establecimiento de sistemas silvopastoriles excede el presupuesto anual para el mantenimiento y renovación de potreros de la finca, sin embargo, siendo el costo de su establecimiento una cuarta parte mayor que pasturas sin árboles, el valor del mantenimiento de los mismos es menos de la mitad de lo que se requiere en sistemas a libre exposición (Galindo, *et al.*, 2003; Molina, *et al.*, 2008; Murgueitio y Galindo, 2008). El mayor costo de los SSP es el tiempo de clausura del potrero, la forma más efectiva para disminuir los costos de establecimiento de los SSP y SAF, es asociarlos con cultivos de ciclo corto y que puedan tener fácil acceso al mercado o se puedan utilizar en la finca, tales como arveja, frijol, maíz, entre otros (Galindo, *et al.*, 2003; Murgueitio y Galindo, 2008), esta práctica incrementa la fertilidad de las otras especies sembradas y disminuye los costos por limpieza, abonada y aporte en que se debe incurrir si no se hace esta siembra, además de los aportes monetarios que se pueden obtener con la producción de los cultivos acompañantes.

1. Consultores Proyecto MICG.
respinel@yahoo.com
rodrigosjv999@hotmail.com
gpatona@gmail.com
david.fajardo1@gmail.com

2. Contratista Corpoamazonia.
norasolarte78@hotmail.com

3. Oficial de Programa Piedemonte Andino-Amazónico,
WWF-Colombia
inino@wwf.org.co



© Henry Paz

Sistema silvopastoril, Puerto Asís, Guillermo Morán.

Si al aporte de forrajes para el ganado, se suma el mejoramiento del suelo por la descompactación producida por las raíces de los árboles y arbustos del sistema, la fijación de nitrógeno, incremento del ciclaje de nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, producción de madera para construcción, para leña, cercas vivas y barreras rompevientos, entre otros componentes productivos, obtenemos un sistema eficiente en lo financiero, económico, social y funcional de la finca.

De la misma forma, el incremento de los servicios ambientales, es decir, los beneficios que se reciben de la naturaleza y que sustentan la vida en el planeta (Chará y Giraldo, 2011), tales como mejora del paisaje y de su belleza escénica, conservación de fuentes hídricas, captura y almacenamiento de carbono, disminución de los gases de efecto invernadero (GEI) e incremento de la biodiversidad, sirven de vivienda, refugio y sitio de alimentación para muchas especies de insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que ayudan al control natural de plagas en la finca.

Planificación de la producción agropecuaria

La planificación de usos de la tierra en predios rurales es un proceso que debe convocar no solo a los productores, sobre los cuales recae la responsabilidad de llevar a la práctica cada uno de los programas que sean seleccionados y que deben saber cómo implementarlos para que no ocasionen daños en sus predios, sino también a las administraciones municipales a través de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y desarrollo municipal, los programas agropecuarios y los proyectos de asistencia técnica. Del mismo modo, es importante que todos los procesos mencionados estén ligados a la investigación, capacitación y difusión, para que así las lecciones aprendidas lleguen a un mayor número de personas y puedan ser replicadas. Teniendo en cuenta esta consideración, en este capítulo se presenta una breve introducción a las condiciones generales de los paisajes del Piedemonte Putumayense y recomendaciones generales para el establecimiento de sistemas silvopastoriles y agroforestales de bajo impacto sobre la base de recursos naturales de la región.

La planificación de la producción agropecuaria tiene como objetivo mejorar los ingresos de los productores y garantizar que las futuras generaciones cuenten con los mismos recursos naturales para que satisfagan sus necesidades (Gómez, *et al.*, 2003). Puesto que la sostenibilidad ambiental depende del adecuado manejo de los sistemas de producción que se desea establecer en un predio determinado, se debe

conocer muy bien con qué tipo de recursos físicos y biológicos se cuenta (suelo, pasto, bosque, animales, aguas), cuál es el uso apropiado de la tierra, hasta dónde llega su capacidad productiva y cuáles son los principales atributos biológicos y ecológicos cuya conservación es esencial. De esta forma es posible determinar con precisión qué áreas de la finca son más adecuadas para el establecimiento de los sistemas ganaderos y cuáles serían más útiles para otros fines.

Condiciones abióticas en predios del piedemonte en el Putumayo

En el Piedemonte Putumayense, el brillo solar es muy bajo comparado con otras zonas del país, lo que afecta directamente la producción de forraje. Los niveles normales de horas luz no superan las 2.000 unidades equivalentes a 5,4 horas luz por día y el periodo de mayor escasez son los meses de marzo a julio donde la producción de forraje disminuye hasta 30%. Los meses de mayor brillo solar corresponden a diciembre, enero y febrero con 6 horas luz por día.

Durante nueve meses del año el nivel freático permanece muy alto y la precipitación supera los niveles de evapotranspiración. Entre los meses de mayo a julio las gramíneas tienen su menor valor de producción.

Los suelos de vega son de textura franca en el horizonte A y tienden a ser ácidos (pH = 5,6 - 5,8) y tienen buena disponibilidad de nutrientes por su contenido de materia orgánica (4,9%) y buena mineralización. En general, la disponibilidad de nitratos, fósforo y azufre es buena y la concentración de las bases intercambiables como calcio, magnesio y potasio es alta, aunque el Boro es el elemento menor que más escasea (Gómez, *et al.*, 2003).

En los terrenos de lomerío, el tipo de suelo es arcilloso, lo cual facilita su compactación por pisoteo, lo mismo que la pérdida de oxígeno y la disminución en la mineralización de la materia orgánica (Gómez, *et al.*, 2003). Un elemento que es limitante para el buen funcionamiento de las plantas es el aluminio que es alto en estas condiciones de suelo (36-51%). Los contenidos de bases intercambiables son muy bajos y el cobre y zinc escasea en la mayoría de estos suelos.

Los suelos de terraza presentan texturas arcillosas, siendo menor en el horizonte A que en el B. Este tipo de suelo presenta problemas parecidos a los de lomerío. El pH en el horizonte A es ligeramente ácido (5 - 5,2) y aunque el contenido de materia orgánica es alto (5,2 - 5,8%), la mineralización es baja por la compactación generada por el pisoteo del ganado y la pérdida de oxígeno (Gómez, *et al.*, 2003). La disponibilidad de fósforo es baja y la saturación de aluminio alta y facilita el desplazamiento de los cationes favoreciendo el incremento de la acidez de los suelos. El cobre, boro y zinc escasean en estos suelos.

Los problemas de los suelos en la región son exacerbados por el mal manejo que se da a la ganadería. Los animales pastorean en áreas extensas con exceso de pisoteo y



© Yuri Rosero / Proyecto MICG

Sistema silvopastoril, microcuenca quebrada El Achiote, Puerto Caicedo.

consumen el rebrote de los pastos constantemente ocasionando que estos pierdan poco a poco sus reservas nutritivas en detrimento del sistema radicular, que reduce su área de exploración en el suelo a escasamente 10 cm. Así, con las altas precipitaciones que se tienen en el Putumayo (> 5000 mm al año), el agua no se infiltra y corre por la superficie del suelo arrastrando la poca cantidad de materia orgánica que se ha formado y la deposita en los canales o cauces de quebradas o ríos.

Metodologías integradoras de los sistemas silvopastoriles y agroforestales

El manejo integrado de cuencas a partir del establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) y agroforestales (SAF) es una de las aproximaciones al ordenamiento ambiental del territorio en el cual se busca el uso adecuado y la recuperación de los recursos que aún se extraen (agua y suelo) y la biodiversidad. La implementación de SSP y SAF procura desarrollar un sistema finca que contribuya a la salud ambiental de la microcuenca, la cuenca y el territorio. De esta forma, además de aumentar la productividad de los predios, se reconstruye suelo para estas y otras actividades agrícolas, pecuarias y de transformación de productos, se restablecen áreas de regeneración natural y sucesión vegetal, se recuperan terrenos degradados y se protegen fuentes de aguas superficiales y acuíferos (aguas subterráneas). La contribución de los SSP y los SAF a la protección y recuperación de fuentes hídricas es significativa gracias a la prevención de la contaminación, el reciclaje y uso eficiente del agua, y a sus aportes en la regulación hídrica.

La agroforestería es la combinación natural o asociación pensada de uno o más componentes arbustivos y/o arbóreos dentro de pasturas de gramíneas y leguminosas herbáceas (naturales o cultivadas) utilizados para el manejo animal, por medio del pastoreo con rumiantes y herbívoros y la alimentación de omnívoros como cerdos y aves de corral. Por su parte, los sistemas silvopastoriles son sistemas eficientes de producción ganadera con una muy fuerte presencia de árboles asociados a las pasturas. Los árboles integrados a los sistemas ganaderos mejoran la diversidad espacial y biológica e incrementan servicios ambientales del sistema tales como forrajes, leña, maderas, alimentos de consumo humano, captura de carbono, fijación de nitrógeno y conservación del suelo, entre otros (Calle y Carvajal, 2012; Grande y Maldonado, 2011; Jiménez *et al.*, 2011; Murgueitio y Ibrahim, 2008). Aunque la construcción de SSP y SAF no es difícil, es común tener errores que pueden hacer perder el trabajo y aumentar los costos de los establecimientos, así que este documento busca dar pautas que permitan disminuir las fallas más comunes. A continuación, se describen algunos de los elementos espaciales más recomendables para el establecimiento de SSP.



© Yuri Rosero / Proyecto MICG

Aislamiento, microcuenca quebrada El Achiote, Puerto Caicedo.

Conectividad de fragmentos de bosque

El manejo extensivo de la ganadería ha transformado profundamente grandes paisajes del Piedemonte Putumayense, afortunadamente aún se conservan numerosos fragmentos de bosque nativo que son de especial importancia para la conservación de flora y fauna nativas. Estos remanentes de las coberturas originales deben ser tenidos en cuenta en los futuros diseños de

sistemas silvopastoriles que se integren con el paisaje e incrementen la conectividad del mismo (WWF, 2012).

Bosques ribereños y aislamientos de fuentes de agua

Las franjas de vegetación que bordean los humedales y lechos de ríos y quebradas son muy importantes tanto para la regulación y calidad del agua, como para la movilidad de la biodiversidad a través del paisaje (Chará y Giraldo, 2011; Chará, *et al.*, 2008; WWF, 2012). Estas áreas pueden protegerse por medio de cercas eléctricas o alambrados que eviten el acceso del ganado a las fuentes de agua; con estas instalaciones y con el establecimiento de bebederos en los potreros, se evita la contaminación del agua, y al mismo tiempo se contribuye al mejoramiento de las condiciones para el desarrollo de bosques ribereños y generan condiciones favorables para su regeneración natural, o el enriquecimiento de los mismos a través de la siembra de especies arbóreas nativas o introducidas de características protectoras (WWF, 2012).



© Yuri Rosero / Proyecto MICG

Cercas vivas, microcuenca quebrada Agua Negra, Puerto Asís.

Cercas vivas

Lo ideal es que todas las divisiones de la finca tengan cercas vivas con alambre electrificado. Estas cercas son líneas de vegetación en la cual se soporta el alambre de púa o electrificado y sirven para separar potreros, establecer linderos o encerrar cultivos. La cerca viva electrificada permite controlar el paso del ganado de manera muy efectiva con una serie de ventajas con respecto a la cerca convencional de alambre de púas. Permite el ahorro de posteadura hasta en 80% y motiva el remplazo de las cercas con postes muertos por postes vivos que en muy poco tiempo prenden y generan un nuevo individuo (Calle y Carvajal, 2012; Murgueitio, *et al.*, 2008; Murgueitio y Galindo, 2008; WWF, 2012; Zapata y Díaz, 2012). Entre otros beneficios está el ahorro de dinero para su mantenimiento y remplazo

y disminuye la presión que se ejerce sobre algunas maderas a las que se les atribuye gran duración cuando son utilizadas como posteadura y que actualmente están amenazadas. Entre las múltiples ventajas que presentan las cercas vivas están:

- No se destruyen árboles de la misma finca o de la región para producir postes para cercas muertas.
- Producen postes para construir otras cercas o para instalaciones como corrales o construcciones sencillas.
- Producen leña para la finca o para el mercado. Con algunas especies se obtiene madera de buena calidad.
- Actúan como barreras rompevientos.
- Favorecen la conservación de la biodiversidad; numerosas especies de aves, murciélagos, abejas, mariposas, monos, entre otros, encuentran en las cercas vivas un medio para sobrevivir, aún en estas áreas con mínima presencia de árboles.

Bancos de forraje

Los bancos forrajeros son cultivos intensivos cuya finalidad es producir un gran volumen de hojas y tallos de gran valor nutritivo para la alimentación de los animales por medio de sistemas de corte y acarreo. Dentro de los bancos forrajeros se incluyen gramíneas como pastos de corte y caña de azúcar, especies leñosas (árboles y arbustos) o herbáceas como el botón de oro. Algunas de las especies se caracterizan por su valor como fuente de proteína y otras como fuente de energía. Los pastos de corte bien manejados y cosechados en el momento adecuado se pueden considerar en un punto intermedio (Calle y Carvajal, 2012; Giraldo, *et al.*, 2012a; Murgueitio y Galindo, 2008; WWF, 2012).

El objetivo de los bancos de forraje es producir alimento para el ganado en gran cantidad y calidad por unidad de área, para ser utilizado como complemento a la dieta normal de pasto durante todo el año o las épocas en las cuales los pastos en los potreros son escasos o de mala calidad (meses de sequía e incluso en periodos de lluvias intensas). Los bancos forrajeros también pueden ser empleados como base de la dieta en sistemas de producción en confinamiento (estabulación), aunque estos sistemas son menos comunes en Colombia.

Los bancos forrajeros son cultivos en los que se pretende lograr la máxima producción y para su establecimiento se debe seleccionar, en la medida de lo posible, un área de terreno con suelo de buena calidad. De igual forma, los bancos forrajeros deben situarse lo más próximo posible al sitio en el cual se le suministrará al ganado el suplemento alimenticio (establo, corral, potrero). Con ello, se disminuirá el costo de transporte del material y se podrá utilizar el estiércol y los desechos del corral para abonar el cultivo.

Sistemas silvopastoriles intensivos

El sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es un arreglo agroforestal pecuario donde se cultivan arbustos forrajeros en alta densidad (mayor a 7.000 por ha) para ramoneo directo del ganado, asociado siempre con pastos mejorados y cantidades variables de árboles maderables, frutales o de otro tipo (25 a 500 ha⁻¹). Para las microcuencas Agua Negra, La Hidráulica y río Putumayo se contempló la siembra de 5.000 forrajeros y 500 árboles/ha. Las especies elegidas son en su mayoría nativas y otras de gran adaptabilidad. Se caracteriza por la muy alta producción natural de biomasa forrajera que a su vez, logra mantener elevadas las cargas de ganado bovino de carne, leche, doble propósito o cría especializada, así como de búfalos, ovinos y cabras (Murgueitio y Galindo, 2008; WWF, 2012).

Estudios de caso

Las cuencas hidrográficas son espacios de territorio donde las aguas fluyen naturalmente, en un sistema interconectado y en el cual interactúan uno o varios elementos biofísicos, albergando gran variedad de plantas, animales y demás recursos naturales (Ideam, 2003). Pero además de esta definición biofísica, es importante entender que de ellas también hacen parte elementos culturales y socioeconómicos. En las cuencas hidrográficas se desarrollan actividades agropecuarias y urbanas, que brindan oportunidad de trabajo y sustento al ser humano y por eso del manejo de estas unidades del territorio dependerá la calidad de vida de sus habitantes.

Es por esto que Corpoamazonia, la autoridad ambiental del sur de la Amazonia colombiana ha establecido dentro de los objetivos del plan de acción “Amazonia sostenible” y “Amazonia, un compromiso ambiental para incluir” el manejo integral de las cuencas hidrográficas, buscando dinamizar el desarrollo productivo sostenible, promover esquemas de aprovechamiento, uso y manejo sostenible y responsable de los ecosistemas amazónicos y los recursos de su oferta natural, para propiciar condiciones de crecimiento económico regional sostenido y equilibrado.

Dado que una de las principales amenazas que enfrentan los ecosistemas de las cuencas hidrográficas amazónicas es la ganadería extensiva, Corpoamazonia lidera desde hace más de cinco años, alternativas de producción ganadera más amigables con el medio ambiente y económicamente más rentables para el productor, buscando la restauración de tierras degradadas para generar un valor agregado a los procesos de producción en las fincas, donde no solo es importante el componente ambiental, sino también el social y el productivo.

El proyecto *Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas a través del mejoramiento de los sistemas ganaderos en el departamento del Putumayo* y otros procesos liderados por la institución, han permitido la reconversión de 1.327 ha de potreros degradados a sistemas silvopastoriles, bancos de forraje, bancos de energía, plantaciones forestales y el aislamiento de 150 km de fuentes hídricas que hoy surten un proceso de recuperación, a través de la regeneración natural para la regulación de caudales hídricos, donde el ganado ya no tiene acceso, evitando así problemas de contaminación, erosión y sedimentación, entre otros.



© Nora Solarte / Corpamazonia

Sistema silvopastoril, predio La Samaria, vereda La Pacera, corregimiento de Puerto Limón, municipio de Mocoa. Alirio Ortega.

Este proceso no solo implica la reconversión de áreas físicas sino también un trabajo arduo y continuo con los 617 productores ganaderos que han tenido la oportunidad de capacitarse en el manejo de los recursos naturales, transformación y valor agregado de los productos derivados de la ganadería, buenas prácticas ganaderas, gestión empresarial y producción de abono orgánico, entre otros temas.

De igual forma, los participantes de este programa tuvieron la oportunidad de conocer, mediante giras técnicas, las ventajas del manejo de la ganadería sostenible como los sistemas silvopastoriles, a través de los cuales se logra el aumento en la disponibilidad de comida para el ganado, especialmente en épocas críticas de verano, sombra que reduce el efecto de altas temperaturas favoreciendo la reproducción y confort del animal, control de plagas y enfermedades, la generación de servicios ambientales, mejoramiento de los suelos y la biodiversidad, optimización de áreas destinadas a la producción ganadera, aumento en la capacidad de carga y recuperación de áreas de vocación forestal para el cuidado del recurso hídrico.

Zona de Piedemonte Andino-Amazónico, beneficiario: Alirio Ortega Ortega

Con base en el proceso de capacitación de los productores se adelantó la planificación predial participativa de cada uno de sus predios. A partir del ejercicio de recordar cómo era la finca en el pasado, revisar cómo es en el presente y proyectarla al futuro como la finca ideal o la finca soñada, cada uno de los participantes identificó los componentes productivos en los cuales debía enfocar su atención y los compromisos sociales y ambientales que debería asumir para lograr sus objetivos.

Don Alirio Ortega Ortega hace parte de este grupo de productores que decidió asumir el reto de reconvertir su ganadería a una más amigable con el ambiente, sostenible y productiva. He aquí sus experiencias.

Localización general

El predio del señor Alirio Ortega, denominado “La Samaria”, se encuentra ubicado en el inicio de la Zona de Piedemonte Andino-Amazónico, en la vereda La Pacera, corregimiento de Puerto Limón, municipio de Mocoa, a una altitud aproximada de 487 m.

Descripción de la actividad productiva

La Samaria cuenta con una vivienda que brinda los servicios básicos, tiene como actividad principal la ganadería bovina, cuenta con un sistema de producción doble propósito, 32 reses de las cuales 5 son vacas lecheras y 27 son de cría y levante. La producción de leche tiene un promedio de 10 a 11 litros/vaca/día, la carga animal es de 1/ha. La finca tiene 10 potreros en los cuales se rotan los animales cada 45 días, y el intervalo entre partos tiene un promedio de 12 a 13 meses.

El predio cuenta con una mediana cobertura forestal, el suelo es manejado con abonos orgánicos y químicos; para la soca o limpieza se utiliza el machete como herramienta principal, evitando las quemas.

Las diferentes actividades productivas que se desarrollan en la finca la Samaria, permiten cubrir los costos de producción, incluyendo la mano de obra familiar y generan excedentes para costear las necesidades básicas.

Adicionalmente a la actividad ganadera, en este predio se trabaja con la cría de pollos y piscicultura. En la finca hay tres estanques piscícolas con especies como cachama (*Colossoma macropomum*), tilapia (*Oreochromis mossambicus*) y sábalo (*Prochilodus lineatus*), las cuales son comercializadas directamente en la vereda, junto con la leche.

Actividades previas al proyecto

Don Alirio cuenta que *“Hace treinta y cinco años la finca era de mi padre, lo primero que él hizo para tomar posesión y hacer ganadería fueron las talas rasas, hasta dejar la finca como una mesa de billar, sin embargo, hace 15 años la tengo yo y he iniciado un proceso de reconversión, de volver a sembrar lo que había antes”*. Como él mismo describe, este ha sido un proceso costoso pero benéfico para todos.

“Anteriormente tenía el ganado durante un mes en un solo potrero, lo que favorecía la presencia de plagas como la garrapata. Ahora con la cerca eléctrica, el potrero quedo dividido en tres y mantengo el ganado diez días por potrero, lo que permite que se recupere más pronto, en aproximadamente cuarenta y cinco días. Con esto igualmente se evita la tala de árboles ya que se usan mejor los potreros existentes” afirma don Alirio.

En cuanto a la disponibilidad de forraje para el ganado, don Alirio dice *“Antes del proceso de reconversión los potreros se volvían grama y en época de invierno la*

comida se escaseaba, debido a la presencia de un insecto que comúnmente se le denomina salivita o mión de los pastos". Esta plaga corresponde a tres especies de insectos conocidos por los científicos como *Aeneolamia reducta*, *Aeneolomia varia* y *Zulia pubescens*. Su presencia hace que el pasto se torne de un color amarillo, debido a la escasez de agua e intoxicación de la planta, llegando en caso de afectaciones severas al secamiento o necrosamiento total.

Hace algún tiempo, el ganado tenía acceso directo al agua para su consumo y debido a esto se presentaban problemas de accidentes, contaminación por heces, transmisión de enfermedades, erosión, sedimentación y, en época de verano, escasez de agua. Con el desarrollo del proyecto se aislaron 270 m lineales del Cananguchal, un humedal donde la mayor parte de la vegetación está compuesta por la palma canangucha o moriche (*Mauritia flexuosa*), dejando aproximadamente 15 m desde el borde del mismo hasta la orilla del cerco. Dicho aislamiento permitió reforestar el área con 300 individuos de chiparo (*Zygia longifolia*) y favorecer el proceso de regeneración natural en áreas ribereñas, lo que permite mantener importantes servicios ambientales: los bosques ribereños filtran y limpian el agua, amortiguan las lluvias fuertes, evitan la erosión de las orillas y mantienen en su lugar los bancos de los ríos. Esta vegetación regula los caudales, evita inundaciones en invierno y sequías en época de verano.

En el marco del proyecto MICG, se dotó a don Alirio de un bebedero sustituto de 250 litros, resistente a la intemperie, fácil de asear y fácil de transportar. Esta última característica permite llevarlo a los poteros donde se rota el ganado.

Proceso de reconversión en el predio

A la fecha la finca tiene 10 ha reforestadas, siete de ellas establecidas hace tres años, compuestas principalmente por especies arbóreas de gran valor comercial como el granadillo (*Platimicium pinnatum*), achapo (*Cedrelinga cateniformis*), roble (*Hymenaea courbaril*), cedro (*Cedrela odorata*), tara (*Simarouba amara*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), canaleta (*Jacaranda copaia*) y otras de protección como chíparo (*Zygia longifolia*), pan del norte (*Artocarpus altilis*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), guamo (*Inga* sp.), palonegro (*Oliganthis discolor*), matarratón (*Gliricidia sepium*), cachimbo (*Erythrina edulis*). Hace un año se estableció una hectárea de plantación forestal en el marco del proyecto MICG con especies protectoras tales como: guamo (*Inga* sp.), caracolí (*Osteophloeum platyspermum*), chíparo, la cual se sembró cerca de una fuente hídrica que pasa por la finca. Además se sembraron dos hectáreas de sistemas silvopastoriles con 2.240 arbustos forrajeros como cachimbo, nacedero, matarratón, botón de oro (*Tithonia diversifolia*), flemingia (*Flemingia microphylla*) y guamo. Estas especies están asociadas a 53 árboles maderables y el sistema está aislado con cerca eléctrica y puntillones de madera plástica. Alrededor del sistema se sembró una cerca viva con 176 plantas forrajeras, entre las cuales están el nacedero, cachimbo y matarratón.

Con la implementación y el manejo adecuado de estos sistemas el predio ha ganado muchos beneficios, especialmente la mejora de los pastos, y la recuperación del sue-

lo. Actualmente, el sistema silvopastoril se utiliza para corte y acarreo mezclándolo con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y pasto de corte como el *king grass* (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) y mararfalfa (*Pennisetum* sp.) conformando lo que comúnmente se conoce como una ensalada. Este sistema también podría usarse para ramoneo directo, disminuyendo un poco los costos de mano de obra.

Don Alirio manifiesta que *“En la finca se manejaban tres vacas de ordeño; a raíz del establecimiento de los sistemas silvopastoriles se aumentó a cinco vacas en el primer año de cosecha, a estas, se les echa diariamente 100 k de pasto king grass y mararfalfa, este se cosecha en un estado previo a su maduración y florecencia, se le agregan 50 k de forraje y entre 10 y 15 k de caña de azúcar, una sola comida diaria. Para el corte y acarreo en promedio se gasta medio día, porque el cultivo está cerca del establo”*.

Con esta dieta se evidencia que la producción de leche se aumenta, en promedio 1 botella diaria/vaca. Además, la leche tiene mayor contenido de grasa y la dieta mejora la condición física y corporal de los animales. Calificando de 1 a 5 el estado nutricional del animal, (1 es la más flaca y 5 es más gorda), en la finca de don Alirio se maneja un promedio de condición corporal entre 3,5 y 4.

Éxitos y lecciones aprendidas

Entre otras razones del éxito se pueden destacar el establecimiento de viveros en el predio, pues el beneficiario produjo el material vegetal necesario para el montaje de los sistemas silvopastoriles y plantaciones forestales, tanto el forrajero como el maderable. Esto le permitió empoderarse del proceso en la medida en que propagó y sembró especies de su interés con base en las experiencias exitosas de otros productores que conoció en las giras y talleres, incluidos los realizados en el marco del proyecto MICG. Con la producción directa en el predio, el material vegetal está mejor adaptado, presenta menor mortalidad, disminuye el transporte y el costo de producción, considerando la mano de obra disponible y el uso de elementos de la propia finca.

La buena calidad del material vegetal, tanto forestal como forrajero, producido en el predio La Samaria, se debe a que el señor Alirio Ortega realizó diferentes ensayos para la propagación, siembra y fertilización del material a utilizar en su finca con base en su experiencia y la asistencia técnica suministrada por el personal del proyecto MICG.

Como conclusión don Alirio dice que *“El proyecto sirve para concientizar al ganadero del cuidado del medio ambiente, que la rotación de potrero es un tema que beneficia a todos, ya que permite la recuperación de la vegetación y disponibilidad de comida, se puede tener la producción animal a través de los años y disminuye la presencia de plagas o enfermedades del ganado”*.

Recomendaciones

Los sistemas silvopastoriles y bancos de forrajes son esquemas de producción ganadera relativamente nuevos en el departamento del Putumayo, razón por la cual es importante que este tipo de proyectos tengan un acompañamiento y seguimiento constante de las entidades que los lideran a través de la asistencia técnica. Si bien el apoyo suministrado por Corpoamazonia para el establecimiento de sistemas alternativos de producción fue de gran ayuda para los productores ganaderos, ellos manifiestan que sería importante poder acceder a créditos para la implementación de la planificación predial, lo cual generaría un mayor empoderamiento del proceso y la vinculación de beneficiarios que realmente estén interesados en el mejoramiento integral de sus fincas.

Es importante hacer una evaluación de los resultados, impactos y compromisos de los beneficiarios de los proyectos de reconversión ganadera que se han liderado en el departamento del Putumayo, con el propósito de priorizar el apoyo para aquellos que demuestren mayor grado de aprehensión del proceso.

Con el desarrollo del proyecto MICG, se pudo establecer que son importantes los acuerdos por escrito con los beneficiarios y hacer seguimiento continuo al buen uso y optimización de los incentivos entregados, ya que estos generan un mayor compromiso en el cumplimiento de las metas establecidas.

Por otra parte, es relevante tener en cuenta que para la priorización de predios a involucrar en el proceso de reconversión y manejo integral de sus fincas, se buscó generar un impacto positivo en la cuenca hidrográfica, incrementando la conectividad de ecosistemas estratégicos que han sido fragmentados por el sistema de producción ganadera tradicional.

Reconversión ganadera en la Zona Andina: Valle de Sibundoy

Doña Pastora, don Antonio y la diócesis de Mocoa Sibundoy tienen tres cosas en común. La primera, es que tienen fincas en el Alto Putumayo (valle de Sibundoy), ubicadas en la cuenca de la quebrada La Hidráulica que abastece de agua a los acueductos rurales y urbanos del municipio de Sibundoy. La segunda, es que en las tres fincas, como en tantas otras del valle, la principal actividad productiva es la ganadería, y el tercer elemento en común, es que ellos decidieron participar en la implementación y ajuste de un mecanismo de compensación por bienes y servicios ambientales a través de la reconversión ganadera que Corpoamazonia y WWF-Colombia, con el apoyo técnico de Cipav, les planteó en 2010.

Con ellos se desarrolló un modelo de producción ganadera y lechera ajustado a las condiciones particulares del valle de Sibundoy de acuerdo con las necesidades de producción y de conservación de biodiversidad y de servicios ecosistémicos. Con la implementación de estas herramientas se buscó no solo mejorar la productividad de las fincas, sino también disminuir el impacto de los sistemas de producción sobre los suelos, el agua y la biodiversidad y fortalecer su capacidad para enfrentar de



Bebedero sustituto - Juan Isidro Ordóñez. Sibundoy.

mejor manera las variaciones en el régimen de lluvias que se están dando en la zona y que se intensificarán en los próximos años, como parte de los efectos de cambio climático.

El Valle del Sibundoy está situado en el corazón de los Andes, Zona Andina colindante entre los departamentos de Nariño y Putumayo, es una región privilegiada con una extraordinaria diversidad biológica, que alberga el mayor número de especies que se encuentran en cualquier lugar en los Andes del Norte: 167 especies de peces de agua dulce, 104 anfibios, 87 reptiles, 977 aves y 254 mamíferos (WWF, *et al.*, 2007).

Este valle proporciona servicios esenciales de los ecosistemas para la población local, tales como la provisión de agua y control de la erosión, así como los beneficios globales de almacenamiento de carbono y la biodiversidad (WWF y Corpoamazonia, 2010). Sin embargo, este ecosistema rico en área de servicio se enfrenta a dos problemas interrelacionados: 1) la agricultura y ganadería inadecuada, pues grandes proyectos de infraestructura están invadiendo los ecosistemas naturales, y 2) la variabilidad en los patrones de precipitación como consecuencia del cambio climático, está exacerbando los impactos negativos de los ecosistemas de las actividades productivas y el desarrollo económico.

Este complejo conjunto de problemas llamados de un enfoque integrado dirigido a cuantificar los servicios de ecosistemas y el impacto de las prácticas de producción diferentes en su disposición, combinado con la comprensión de la variabilidad del clima, de su impacto potencial sobre los sistemas de producción y la forma en alternativas de producción sostenible, puede contribuir a gestionar los riesgos asociados al cambio climático. Corpoamazonía, consciente de la urgencia de impulsar el establecimiento de sistemas productivos de menor impacto, en 2009 en conjunto con el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Cipav), priorizaron las cuencas donde la actividad ganadera generará impactos: La Hidráulica, Putumayo Pequeño, río Negro y Arteguaza (Arango y Giraldo, 2009).

¿Qué es lo que están haciendo doña Pastora, don Antonio y la diócesis en sus fincas?

La microcuenca de La Hidráulica abarca 2.137 ha. En su parte alta, con mayor cobertura boscosa, se encuentra un resguardo indígena Kamëntsa, cuyos pobladores han delimitado un área de protección alrededor del nacimiento de la quebrada. Antes de la bocatoma del acueducto de Sibundoy, existen 19 predios, en su mayoría minifundios, pertenecientes a igual número de familias campesinas mestizas y una institución (la diócesis Mocoa Sibundoy). Fundación Cipav, (*et al.*, 2010), inició el proceso de diseño del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) haciendo una caracterización de la cobertura existente en la microcuenca donde la mayor parte (62,58%) está cubierta por pasturas. Otro porcentaje importante corresponde a cobertura boscosa, cuyo



© Henry Paz

Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro. Municipio de Mocoa.

bosque natural en la parte alta de la microcuenca y los pequeños parches dispersos suman el 20,64% del total, y zonas en regeneración y otros el 3,20%. Los cultivos anuales y perennes abarcan 13,57% de las 105,35 ha.

A partir de esta caracterización general y de cada uno de los 19 predios (Figura 4.2), Cipav hizo una propuesta de implementación de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) en aquellas fincas cuyos propietarios, como doña Pastora, don Antonio y la diócesis, quisieran participar en el proceso de compensación por servicios ambientales, concretamente referido a calidad y cantidad de agua, a través de la reconversión ganadera hacia este sistema intensivo. Este sistema, adecuado a las características de cada predio y de acuerdo con las aspiraciones que sus dueños tienen sobre él, es un arreglo agroforestal que combina el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad para ramoneo directo del ganado, asociados siempre a pasturas tropicales mejoradas incorporadas al cultivo de árboles maderables o frutales para la industria, el autoconsumo y/o la protección de biodiversidad (WWF, *et al.*, 2010).

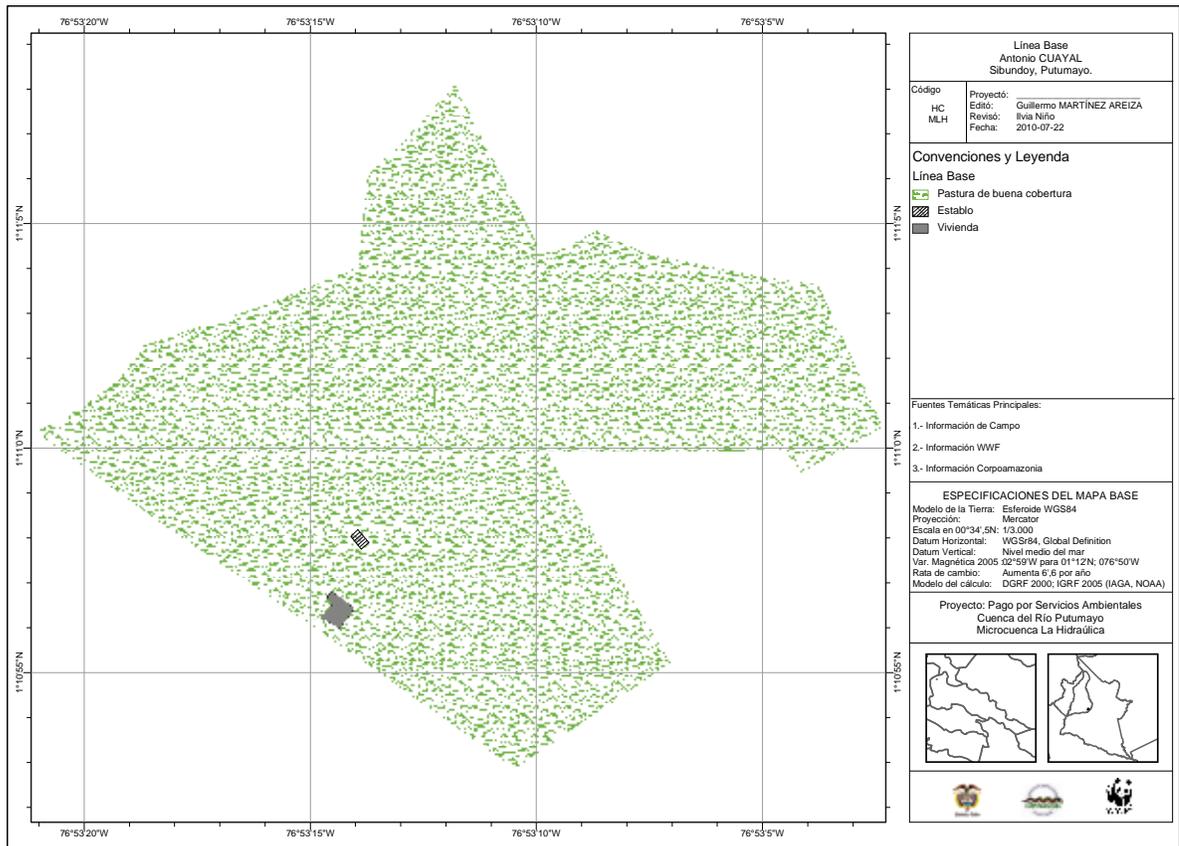


Figura 4.2. Estado original o línea base del predio de don Antonio Cuayal. Sibundoy, Putumayo.

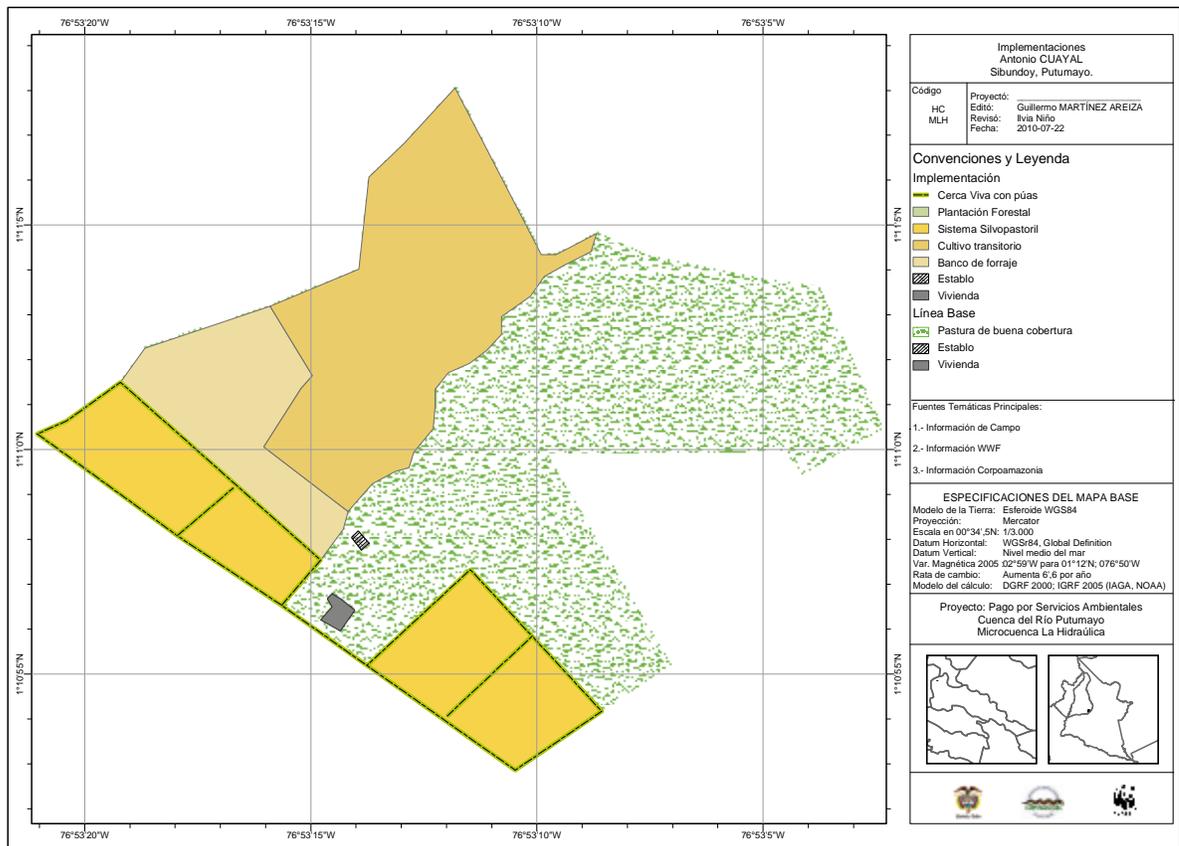


Figura 4.3. Implementaciones realizadas en el predio de don Antonio Cuayal. Sibundoy, Putumayo.



Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro. Vereda Planadas, municipio de Mocoa.

© David Fajardo / Proyecto MICG

El sistema desarrollado incluye un “menú” de alternativas: i) siembra de especies arbóreas y forrajeras para aumentar la cobertura en los potreros; ii) aislamientos de los corredores ribereños y delimitación de potreros con cercas vivas para proteger los cauces de agua, proveer leña y facilitar la rotación y el manejo del ganado en los potreros; iii) establecimiento de saladeros y bebederos dentro de los potreros para eliminar el acceso del ganado a las quebradas y evitar la consecuente contaminación; y, iv) establecimiento de bancos forrajeros con el fin de intensificar la producción de alimento para el ganado y disminuir la necesidad de abrir nuevos potreros y así fortalecer la conservación de la cuenca hidrográfica (Figura 4.3).

Es importante mencionar que si bien el esfuerzo está centrado en liberar algunas zonas importantes para la conservación como son los corredores ribe-

reños y buscar alternativas sostenibles de la actividad ganadera, se busca un manejo integral de la finca, incluyendo mejoramiento en variables ambientales (manejo de bosque y rastrojo, suelos, agua y residuos), social-institucional (participación en procesos organizativos locales, nivel de cobertura de necesidades básicas, nivel de acompañamiento y permanencia por parte de las instituciones), económicas productivas (ingresos, seguridad alimentaria, nivel de uso de insumos agropecuarios externos, nivel de mercadeo y comercialización de los productos), además de las ganaderas propiamente dichas (intervalo entre partos; disponibilidad de bebederos y saladeros y protección de cauces de agua; peso al destete; producción de leche; manejo de praderas; árboles en potreros; cercas vivas; nivel de avance en la implementación de SSPi; nivel de avance en el establecimiento de bancos mixtos de forraje). Mediante un sistema sencillo de monitoreo, donde los dueños de la finca califican cada una de las variables, es posible hacer seguimiento a los avances logrados en el tiempo. En la Figura 4.4, por ejemplo, se ilustra el avance en la finca de doña Pastora durante el periodo evaluado.

Puesto que el desarrollo del sistema parte en cada caso del estado inicial de la finca, se perciben avances desiguales en los tres casos que se presentan. En la granja de la diócesis, donde se ha dado un avance más acelerado hacia la implementación del SSPi en una de sus 17 ha, el sistema se implementó con la siembra y manejo de 5,000 arbustos forrajeros de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), 500 árboles de acacia gris (*Acacia melanoxylon*) y aliso (*Alnus acuminata*) dispuestos en el arreglo como cercas vivas y gramas nativas del género *Paspalum*. El sistema se está utilizando de manera exitosa con el lote de novillas de levante, las cuales consumen con avidez el forraje de los arbustos. Eventualmente, las vacas en producción también ramonean directamente los forrajeros. Si bien no se tienen aún datos estadísticamente significativos, el mayordomo de la finca ha observado que “la leche es más amarilla y hace más nata cuando las vacas consumen botón de oro, aunque no les gusta mucho, las novillas y terneras lo consumen mejor” (Ver foto pág. siguiente).

Diagrama de Seguimiento a la Planificación Predial

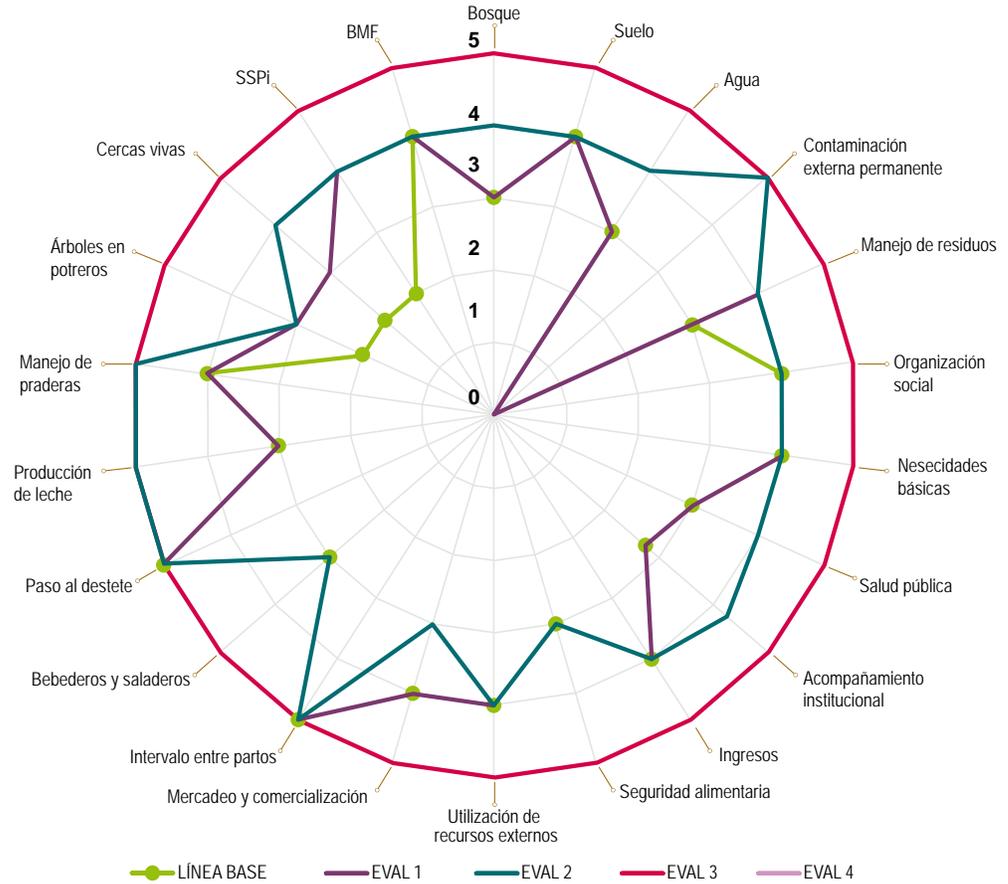


Figura 4.4. Medición de las 21 variables en dos periodos (línea base - febrero 2010 y primera medición noviembre de 2010) en predio de doña Pastora. Línea base, Evaluación 1 y Evaluación 2.



Ganado lechero ramoneando botón de oro en la granja.

© Ivira Niño Guadrón / WWF-Colombia

Don Antonio, por su parte, decidió ensayar el sistema en 2 ha de su finca El Carmen (18 ha en total). Allí, el sistema consta de 10.000 arbustos forrajeros y 1.000 árboles, principalmente de acacia gris, dispuestos como cerca viva y en franjas. Actualmente está siendo utilizado como banco forrajero en la modalidad de corte y acarreo para suministrar el material picado en el establo (ver foto de esta página), si bien lo que se busca en un sistema silvopastoril es que haya ramoneo directo. Dice don Antonio: “Esto lleva bastante trabajo, las matas de botón de oro hay que cultivarlas y abonarlas para que produzcan bastante, para que las vacas se lo coman bien hay que picárselo y revolverlo con maralfalfa (*Pennisetum* sp.), y así se lo comen todo”. Asegura también que “la leche la dan más amarilla y más espesa”.

Doña Pastora en su finca San Antonio, estableció el sistema silvopastoril en el segundo semestre de 2010. A pesar de contar con la misma densidad de arbustos



Don Antonio transportando el botón de oro hacia el establo para alimentar su ganado.

© Iuvia Nifo Guadrón



Botón de oro y acacia en la finca de doña Pastora Rosero, San Antonio.

© Iuvia Nifo Guadrón / WWF-Colombia

forrajeros (5,000/ha) y de árboles (500/ha) y tener un buen desarrollo, la distribución es diferente, pues los árboles están dispersos en los potreros, lo que hace muy costosa la protección individual de cada uno de ellos. Por este motivo y a pesar del buen desarrollo del sistema (ver foto página siguiente), este no se ha utilizado como tal, pues se espera un mayor desarrollo de los árboles maderables para evitar que el ganado los deteriore, el arbusto botón de oro es cortado y dejado sobre el suelo para que cumpla la finalidad de abono verde. Dice doña Pastora: “*Siempre nos han gustado los árboles, con este proyecto sembramos más en los potreros pero así la siembra se vuelve costosa porque hay que protegerlos y el ganado hay que acostumbrarlo para que aprenda a comer el botón de oro*”.

En promedio, la inversión que se hizo por hectárea en las fincas fue de \$1.600.000. En este cálculo no se incluye el costo de mano de obra, aportado por los dueños de los predios como contrapartida.

Como se mencionó anteriormente, esta iniciativa de impulsar el establecimiento de SSPi en las cuencas de La Hidráulica y Alto Río Putumayo se inició en 2010 con el apoyo de Corpoamazonia, Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID, por su sigla en inglés), WWF-Reino Unido y la Fundación MacArthur. Estas dos cuencas se destacan por prestar importantes servicios ecosistémicos (agua y control de erosión en la primera) a las poblaciones de Sibundoy y San Francisco, que están siendo impactadas por la actividad de ganadería extensiva que allí se desarrolla, situación que se verá agravada notablemente a la luz de los escenarios de cambio climático proyectados para la región del valle de Sibundoy.

Lecciones aprendidas

Partir de un análisis a escala de paisaje: Los procesos de priorización de cuencas a partir de sistemas de producción y su impacto ambiental y de análisis de servicios ecosistémicos e impacto a cambio climático, permitieron identificar y priorizar las áreas de trabajo de acuerdo a unas necesidades concretas (control de erosión, protección de agua, conservación de biodiversidad) y unas características específicas de la región del valle de Sibundoy.

Inversión versus beneficios: Además de compartir los gastos de inversión, es necesario resaltar que existen otros beneficios no monetarios resultantes del enfoque integral de asistencia técnica prestada: i) aprendizaje sobre cómo hacer una planificación predial integral; ii) posicionamiento de los beneficiarios en su papel de protectores de un servicio fundamental, regulación de calidad y cantidad de agua para su comunidad.

La reconversión ganadera, como parte de una estrategia de intervención, busca generar cambios para reducir la expansión de nuevas áreas de ganadería. Hasta ahora los esfuerzos son locales y hay que reforzar con el análisis de cambios de uso a nivel regional y trabajar en políticas que pueden propiciar buenas prácticas que no incluyen la conversión de bosques.

BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS Y AGRÍCOLAS

Por: Rubén Espinel, Rodrigo Soto, James Zuleta y David Fajardo¹

Ningún sistema de producción rural es sostenible, a menos que en su desarrollo y manejo se procure conservar la base de recursos naturales del predio y para ello, es recomendable adoptar una serie de prácticas que se fundamentan en los procesos ecológicos que se dan de manera espontánea en la región de interés y que son responsables por la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Este es el principio fundamental de las múltiples variantes de la agroecología y en la actualidad se considera un elemento esencial para el manejo integrado de unidades de planeación como las cuencas hidrográficas.

Teniendo en cuenta las características ambientales del Piedemonte Andino-Amazónico en el departamento del Putumayo, este Capítulo recoge una serie de recomendaciones que, de ser aplicadas en los sistemas agrícolas y pecuarios, contribuyen a la conservación del suelo, el agua, las coberturas vegetales y la biodiversidad asociada y por lo tanto, son esenciales para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos en la región.

Conservación de suelos

Una de las formas de mantener o restablecer el contenido de nutrientes de los suelos es a través de la elaboración de compostaje, que es el proceso mediante el cual se producen abonos orgánicos estables por medio de la descomposición de materia orgánica a través de un proceso de fermentación en presencia de aire (fermentación aeróbica).

Materias primas para el compost

Los materiales utilizados para hacer el compostaje son esencialmente abundantes en las fincas. Se emplean leguminosas, bagazo de caña, paja de maíz, residuos de banano, residuos de cítricos (los de cáscara delgada son más ricos en nitrógeno), residuos de café, corte de pasto, cenizas, follaje de árboles, cal dolomita, estiércol bovino, papel, roca fosfórica, esta última previene pérdidas de nitrógeno, cascarilla y aserrín, entre otros.

Se pueden utilizar además sustancias enriquecedoras para incrementar el contenido de nutrientes o para controlar el pH (acidez), aunque hay productos químicos que presentan desventajas por toxicidad, tales como el biuret de la urea. Del mismo modo se usan sustancias activadoras, que estimulan la descomposición biológica. Estas sustancias son las levaduras, cepas de bacterias, mucílago de lavado del café,

1. Consultores Proyecto MICG.
respinel@yahoo.com
rodrigov999@hotmail.com
gpatona@gmail.com
david.fajardo1@gmail.com



© David Fajardo / Proyecto MCG

Capacitación sobre formación y cuidado de los suelos, municipio de Sibundoy

biofertilizantes, estiércoles más concentrados como la gallinaza, equinaza y similares, humus, orina, follaje de leguminosas, entre otros. Al hacer un compostaje es necesario tener en cuenta que la mayoría de los materiales tiene un limitado contenido de nitrógeno, por lo cual hay que trabajar mezclas con una visión estratégica.

Materiales no recomendados

Por motivos de salubridad y riesgo de infección por enfermedades zoonóticas, es decir, enfermedades que se transmiten de animales a humanos o viceversa, no deben ser usadas heces de perros, de gatos, ni cadáveres. Por otra parte, en Colombia está prohibido usar desechos de matadero tales como harinas de hueso, sangre y contenidos ruminales de reses sacrificadas que se usan en otros países (ICA, 2001).

Debido a su tasa de descomposición demasiado lenta, no se recomienda emplear papel, fibra de cabuya ni telas y tampoco residuos vegetales afectados por hongos como los esclerocios que pueden sobrevivir a las altas temperaturas que se presentan al día siguiente de la instalación del compost y que se caracteriza por el incremento de temperatura de 45°C, hasta casi más 60°C en el tercer o cuarto día.

Necesidades para el proceso de compostaje

Para que el proceso de compostaje se lleve de manera indicada se deben crear las condiciones adecuadas para la subsistencia de microorganismos. Es necesario contar con la presencia de aire, agua, temperatura apropiada, carbono que abunda en materiales secos y de color oscuro, nitrógeno que está presente en las proteínas, abunda en materiales verdes y húmedos y su exceso genera pérdidas de amoníaco, característico del olor a gallinaza. Estos olores se pueden evitar agregando al compost yeso, cal agrícola o fosforita.

Manejo de especies vegetales acompañantes o arvenses

El manejo de las especies vegetales acompañantes de los cultivos o plantas arvenses, también conocidas como “buenesas” en nuestro medio, puede ser mecánico o manual. El manejo mecánico en las explotaciones pequeñas se realiza con implementos sencillos de tracción animal (cultivadora).

El primer manejo se realiza entre los 20 y 30 días después de la siembra, se debe buscar el momento que evite la floración de las plantas acompañantes y se hace un segundo manejo a los 30 días del primero. En algunos casos se requiere una tercera



© David Fajardo / Proyecto MICG

Sistema silvopastoril con árboles dispersos en potreros, Valle del Guamuez

intervención dependiendo de la cantidad de plantas arvenses que se presenten.

En el plateo manual se recomienda no usar azadón porque contribuye a la erosión del suelo y es importante eliminar por completo las hierbas que rodean a cada arbolito sin lastimarlos. Conviene supervisar bien las labores de limpieza y plateo para evitar que sea eliminado lo sembrado.

En los sistemas con especies como matarratón (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus* sp.) o nacedero (*Trichanthera gigantea*), los controles de plantas no deseadas pueden ser mediante ovinos de pelo (camuros) o gansos, que pastoreen los lotes inmediatamente después de realizado el corte.

Uso de venenos para tratamiento de semillas y fumigaciones

Para los casos en que ya esté sembrada la semilla y se observen ataques de plagas, la opción es fumigar los surcos con aplicación dirigida (solo sobre la línea sembrada) para disminuir el ataque de los insectos plaga. Se debe recurrir al uso de venenos únicamente cuando no se encuentre otra opción.

Prácticas alternativas para el manejo de semillas

Para evitar el ataque de plagas como el gorgojo a semillas de maíz o frijol almacenadas en costales de fique o nylon, se colocan tres o cuatro limones verdes bien distribuidos dentro del costal y de esta manera las plagas no aparecerán. También se pueden agregar dos o tres cucharadas de aceite vegetal o de cocina a las semillas, evitando que quede goteando y revolviendo bien el material para que haya buen contacto con la cutícula externa de la semilla.

En cultivos de alta densidad se recomienda establecer lotes de máximo 1 ha, intercalando diferentes especies surco de por medio, para disminuir los ataques de plagas y obtener beneficios de la interacción entre especies, sin olvidar que es necesario dejar callejones de manejo y cosecha por lo menos cada 50 m.

Manejo de insectos no deseados

Aunque se deben buscar alternativas limpias para el manejo de especies de insectos no deseados, lastimosamente hay momentos en que se encuentran fuertes ataques a las siembras y por lo tanto es necesario hacer tratamientos preventivos a las semillas



© David Fajardo / Proyecto MICE

Avispa (*Spalangia cameroni*) parásito y control biológico de la mosca de los cuernos. Valle del Guamuez.

que, por el momento, solamente pueden llevarse a cabo mediante la aplicación de insecticidas antes de la siembra (Soto y Espinel, 2012).

Prácticas alternativas para el manejo y control de insectos

Para los insectos plaga hay controles biológicos comprobados y se consiguen en forma comercial. Algunos de los controles específicos comerciales se relacionan a continuación.

Mariposas y polillas (Lepidópteros): Lepidópteros como el gusano esqueletizador (*Azeta versicolor*), el gusano canasta (*Omiodes martinialis*) y microlepidópteros como *Phylonorictor* sp. pueden controlarse con el microorganismo *Bacillus thuringiensis*. El gusano esqueletizador se controla también rompiendo su ciclo biológico mediante la poda de los árboles y haciendo liberaciones de la avispa *Trichogramma* sp. (50 a 100 pulgadas por hectárea).

Pulgones (Áfidos): Por lo general aparecen en épocas secas fuertes y pueden controlarse regando agua por aspersión si se puede, o aplicar con bomba una solución con jabón común (18 cucharadas de jabón por cada 20 litros).

Hormiga arriera (*Atta* sp.): Para el control no químico de la arriera hay diferentes opciones. La más efectiva consiste en excavar el hormiguero para localizar y eliminar en forma manual la reina. Otro método consiste en hacer dos zanjas en forma de cruz que atraviesen el hormiguero de sur a norte y de occidente a oriente, con una anchura y profundidad mayor a 25 cm y aplicar estiércol fresco o gallinaza a lo largo de las zanjas, para contaminarlo y así lograr que las hormigas abandonen el sitio. Es conveniente remojar con agua inmediatamente después de la aplicación del estiércol o gallinaza para que estos penetren mejor en las cavernas del hormiguero. Otras formas de contaminar los hormigueros se logran insuflando pollinaza molida en las bocas de los nidos, hongos del género *Trichoderma*, sangre o una mezcla de 5 partes de ceniza, 1 parte de azufre y 5 de cal. Se pueden usar una o varias de estas opciones a la vez para lograr un buen control. Es importante aclarar que aunque la hormiga arriera causa daños a los cultivos, el trabajo que realiza en los sitios donde establece sus colonias produce suelos de alta fertilidad; por lo tanto, se sugiere hacer manejo y no eliminación de las mismas. Recuerde que las plagas existen porque se les ha modificado su hábitat. Son más los beneficios que aportan las hormigas arrieras que los daños que causan y por eso, hay que aprender a manejarlas.

Insectos chupadores (Homópteros) y defoliadores (Chrysomelidae): Para el control de los insectos chupadores como *Empoasca* sp., o *Bladina* sp. y defoliadores como *Chalepus* sp., o *Dysonicha* sp., pueden usarse hongos como *Bauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* o *Verticillium lecanii* que se pueden aplicar en forma individual, pero si se consiguen en mezcla producen un mejor efecto. Las esporas de los hongos al entrar en contacto con el cuerpo de los insectos, germinan y segregan enzimas que permiten ablandar la cubierta del insecto, penetrarlo y causarle trastornos fisiológicos, daños en los sistemas muscular, nervioso, entre otros, que lo paralizan causando su muerte entre tres y cinco días después de la infección.

Herramientas para el establecimiento de una ganadería sustentable

Los sistemas silvopastoriles se establecen para garantizar la seguridad alimentaria animal, incluyendo bovinos, búfalos, cabras, ovejas, equinos, conejos, cuyes, cerdos, aves criollas (gallinas, patos, pavos) y peces y para la seguridad alimentaria humana.

Las especies de plantas más conocidas para establecer los SSP y SAF son matarratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), morera (*Morus* sp.), chachafruto (*Erythrina edulis*), písamo (*E. fusca*), cachimbo (*E. poeppigiana*) y ramio (*Boehmeria nivea*).

Hay especies menos difundidas pero de gran calidad nutricional como cratyliia (*Cratylia argentea*), botón de oro (*Thitonia diversifolia*), pinocho (*Malvaviscus penduliflorus*), jobo (*Spondias purpurea*), papayuelo (*Cinodoscolus acotinifolius*), guandul (*Cajanus cajan*), ortiga (*Urera* sp.), bore (*Alocasia macrorrhiza*) y chilacuan o papaya de tierra fría (*Vasconcellea cundinamarquensis*).

Para establecer los sistemas existen las alternativas de siembra directa y simultánea de semillas de gramíneas (caña de azúcar o pastos), semillas de árboles, preferiblemente fijadores de nitrógeno y especies para consumo humano (fríjol, maíz, yuca, plátano), o introducción de plantas en pasturas ya establecidas.

Siembras directas

Es indispensable la completa y buena preparación del suelo con todas las labores culturales necesarias que, en labores mecanizadas, incluyen descepada, arada, rastreada, surcado y abonada (Soto y Espinel, 2012). Se recomienda:

Eliminar especies vegetales que puedan competir con las plantas a sembrar.

Para labores mecanizadas con tractor, utilizando el cincel rígido o vibrador, solo en terrenos planos y ondulados con alta compactación, se debe aflojar el suelo a una buena profundidad. Es conveniente hacer primero calicatas u hoyos, para determinar la profundidad efectiva del suelo y el nivel freático. Por ejemplo si éste está a 1 m de profundidad, trabajar el cincel a 0,70 m.

Usar la rastra a media traba para uniformizar el tamaño de los terrones del suelo y la rastra fina para disminuir el tamaño de los terrones y lograr la textura adecuada para surcar. Recuerde que el suelo no debe perder su estructura.

En terrenos de ladera: Hacer las labores manuales, y si hay tracción animal (equina, bovina o bufalina) hacer labranza mínima. En suelos compactados, realizar dos pases de arado para que el suelo quede flojo en forma apropiada.

Hacer el trazado para demarcar las distancias de siembra.

Aplicar abonos orgánicos en buen estado de maduración (gallinaza, compost, lombricompost, otros) en forma manual y a chorro en el surco (si no hay análisis de



Sistema silvopastoril con botón de oro y especies maderables, Orito.

© David Fajardo / Proyecto MICO

suelo, aplicar como mínimo media libra a una libra/planta) para garantizar una buena actividad biológica del suelo y la fertilidad del cultivo.

Siembra directa con semilla sexual

Para evitar pérdidas de dinero es importante hacer pruebas de germinación de las semillas, en especial de las leguminosas. Solo se necesita regar 100 semillas sobre papel periódico humedecido y taparlas con el mismo también húmedo, colocar este sobre un ladrillo de barro bien mojado y que esté en un recipiente con agua hasta la mitad de la altura del ladrillo (así garantiza que la semilla siempre esté húmeda). Durante 15 días revisar las semillas cada día y al final, contar cuantas semillas germinaron. Se considera que la semilla está en buen estado para la siembra si en la prueba hay más de 80 semillas germinadas (80% de germinación).

En la siembra directa con semillas es necesario tener en cuenta que estas no deben quedar demasiado enterradas, lo ideal es que la profundidad de siembra sea dos veces el diámetro mayor de las semillas y que queden bien tapadas con suelo (tierra) pero no sepultadas. En cada espacio hay que sembrar dos a tres semillas y hay que estar atentos con el proceso de germinación en el suelo para hacer las respectivas resiembras en el momento adecuado, que debe ser antes de la primera limpieza.

Para almacenar semillas es necesario que estas no estén húmedas, tenerlas bien empacadas en plástico, sellar los empaques evitando que quede aire dentro y guardarlos en condiciones de frío moderado de refrigeración a temperaturas entre 5 y 7°C, **no congelación**. Debe evitar periodos largos de almacenamiento (más de seis meses) pues disminuye la viabilidad (poder de germinación) de la semilla.

Siembras con arbolitos de vivero o estacas vivas

Para la siembra de árboles en forma directa en pasturas ya establecidas se usan técnicas de labranza mínima para evitar la erosión. Se debe utilizar la guadaña con nylon, a ras de piso para manejar las plantas acompañantes, o usar coberturas muertas como residuos de cosecha, parches en forma de ruana, de fibra tejida (yute, cabuya, fique o plásticos) (Soto y Espinel, 2012). Algunas recomendaciones especiales son:

- Cortar en bisel las estacas vivas para siembra directa, sin heridas ni daños en los botones de germinación.
- Las estacas deben ser cosechadas de plantas sanas.
- Procurar sembrarlas lo antes posible después de la cosecha para evitar la deshidratación y daño en los puntos de crecimiento.
- Los arbolitos deben ser sembrados antes que la raíz salga de la bolsa y se enrosque (cola de marrano) y es necesario hacer el hoyo más profundo que la longitud de la raíz.

- Las siembras deben ser preferiblemente en horas de la mañana o en la tarde para evitar la deshidratación de los arbolitos.
- Hacer hoyos de 20 x 20 cm de lado y mínimo 35 cm de profundidad. Entre más grande el hueco es mucho mejor porque el éxito de la futura planta está en el desarrollo radicular.
- En lo posible aplicar abonos orgánicos en forma manual, en cada hoyo (media libra a una libra/hoyo). El abono no debe quedar a más de 10 cm de profundidad para evitar los procesos anaeróbicos y la pudrición del material.
- Antes de realizar el trasplante es necesario podar las raíces que crecen por fuera de la bolsa.
- Plantar un árbol por hoyo, sin bolsa plástica y llenar el hoyo con tierra.
- No dejar las bolsas plásticas en el suelo pues son peligrosas para los animales y además contaminan.
- Al sembrar arbolitos o estacas es importante apretar el suelo hasta el cuello de la planta, para eliminar los espacios de aire y tener presente que la compactación debe quedar por encima del nivel del suelo, formando un montículo para evitar el encharcamiento.
- Se debe hacer plateo manual por árbol para controlar la competencia por luz y nutrientes de especies vegetales acompañantes.
- Hacer una segunda abonada, aplicando abono orgánico (250 g/árbol) cuatro meses después de la siembra.
- Aislar las áreas de SSP y SAF con cercas que pueden ser vivas, muertas o eléctricas, para evitar la entrada de animales (cerdos, ganado) que pueden dañar los cultivos.



Cerca viva eléctrica, Valle del Guamuez.

© David Fajardo / Proyecto MICG

Cercas eléctricas

Las cercas eléctricas pueden ser instaladas con postes, varas o varillas permanentes, o la mezcla de postes, estacas o estacones vivos. Existen diferentes tipos de pulsadores: de baja o alta impedancia, los que funcionan con la corriente eléctrica de la finca, o con celdas fotovoltaicas (energía solar) (Espinel, 2012). Las cercas eléctricas pueden usarse en distintos arreglos de cercas en las fincas, como división de potreros, aún para especies menores, incluidos cerdos y aves, construcción o protección de cercas vivas, construcción de callejones para el tránsito de los animales, aislamiento de caminos y calles internos de la finca, protección de relictos de vegetación natural y regeneración natural, protección de nacimientos de agua, protección de corredores ribereños y corredores biológicos, aislamiento de áreas de alta fragilidad (remociones en masa, cárcavas, pendientes fuertes, humedales), entre otros.

Las cercas eléctricas en las fincas tienen muchas ventajas. Ayudan a proteger los bosques pues su uso disminuye o elimina el empleo de postes muertos de madera, evitan que los animales se maltraten y lastimen con las púas de las cercas tradicionales, son de rápida instalación, tienen bajos costos de mantenimiento, son muy versátiles y flexibles, permitiendo cambiar fácilmente su ubicación para hacer nue-



Desviador de rayos, usado para prevenir el paso de descargas eléctricas fuertes hacia el impulsor. Valle del Guamuez.

© David Fajardo / Proyecto MICG

vas divisiones y es fácil retirarlas para darles otros usos, tal es el caso de las cercas eléctricas dobles para protección de surcos de árboles en crecimiento.

El costo de instalación de una cerca eléctrica es dos o tres veces más barato que el de una cerca de púas tradicional. Los materiales y las herramientas requeridos para su instalación se detallan a continuación:

Postes principales (templadores, templones o madrinos): Son los puntos firmes para la tensión del alambre y se ubican al inicio y al final de un tramo de cerca, en las esquinas y donde van los broches o puertas; y en medio de tramos largos donde son puntos de apoyo. Deben medir como mínimo 2,10 m de largo y tener entre 10 y 15 cm de grueso y van clavados en la tierra como mínimo 70 cm. La distancia entre ellos depende del tipo de terreno, en suelos planos se pueden instalar cada 50 m. En terrenos quebrados los postes deben estar más cercanos.

Pueden colocarse postes intermedios que se separan de 2 a 5 m de distancia, también utilizar postes sacados de la misma finca, en lo posible evitar usar maderas nativas o que escaseen, si se tienen árboles de madera dura y resistente, guadua, o mejor aún, postes de plástico reciclado.

Los postes de madera deben ser descortezados, puestos a secar y tratados. En algunos casos se aplica aceite quemado (de motor) brea o alquitrán en la parte inferior del poste que va a ir dentro de la tierra y en el “cuello” que sobresale de ella. Con frecuencia se encuentran postes que tienen punta en forma de cono o pirámide, esto se hace con el fin de evitar que el agua penetre en la madera y pueda escurrir por los lados. Los nudos de la madera representan puntos de debilidad y por lo tanto al escoger los postes que se utilizarán como principales, es necesario tener en cuenta aquellos que no tengan nudos o la menor cantidad de ellos.

Pies de amigo: son los postes que van al lado del templador y sirven de refuerzo para darle más resistencia al templar el alambre. Pueden ser ubicados a uno o a ambos lados del templador.

Estacas o estacones vivos: como su nombre lo indica, son material vivo y con su uso se pretende que a corto plazo se conviertan en cerca viva. Deben medir como mínimo 2 m de largo para impedir que el ganado se coma los rebrotes superiores y tener entre una y tres pulgadas de diámetro.

Alambre acerado o galvanizado: debe ser de calibre 12,5 (25 m/kg): en el mercado hay varios calibres: 12,5, 14 y 16 (el más grueso es el calibre 12,5, le sigue el 14 y el más delgado es el 16).

Puntillones: Son varas son varas de 1,8 m de longitud que se clavan en el suelo y se utilizan como ayuda para trazar en línea recta los cercos.

Hoyadores: Herramientas tipo barretón, regatón, pala hoyadora y barras de hierro usadas para romper el suelo donde irán los postes, y retirar la tierra de los hoyos.



© David Fajardo / Proyecto MICG

Cerca eléctrica protegiendo estacas de matarratón en una futura cerca viva. Valle del Guamuez.

Pisón: Se utiliza para apisonar la tierra alrededor del poste dentro del hoyo y darle firmeza. Se puede remplazar por el mango grueso de un regatón o barra.

Pinza cortadora de alambre: Para cortar el alambre se puede usar una pinza cortafrío o una cizalla.

Cinta métrica: La de mayor utilidad es el decámetro y permite medir a mayor distancia entre los postes, la longitud de la cerca y otras dimensiones.

Rollo de hilo grueso o cuerda: se puede utilizar para tomar las medidas anteriores cuando no se tiene cinta métrica. También para guía o como nivel de la altura de los postes.

Estacas cortas de madera: Para señalar los sitios en los cuales deben ir ubicados los postes.

Procedimiento para establecer una cerca eléctrica

En primer lugar, se debe hacer el trazado de la cerca. Para ello, hay que limpiar el terreno, medir y marcar el sitio por donde va a ir la cerca, clavar en el suelo los puntillones cada 10 o 20 m, según la inclinación y tipo de terreno, unir y nivelar los puntillones en la parte de arriba con un hilo grueso o cuerda.

A continuación hay que señalar con estacas el sitio en los cuales deben ir los broches. Clave una estaca al inicio, mida el ancho del broche y clave la estaca al final de la medida, siempre siguiendo la línea trazada con el hilo o cuerda. Continuando con la línea trazada, clavar estacas en el suelo a la distancia a la cual irán los postes principales (templadores) de la cerca.

El siguiente paso es hoyar el terreno. Se deben hacer los hoyos para los templadores en los sitios marcados con las estacas. Cada hoyo debe tener unos 40 cm de lado por 70 a 80 cm de profundidad y debe ser lo suficientemente amplio para que quepan el poste y el pisón para apretar la tierra alrededor de ellos. Retire las estacas a medida que hace los hoyos.

Los hoyos para las estacas o estacones vivos intermedios deben tener 35 cm de lado por 60 cm de profundidad. Para clavar los postes, primero hay que poner los templadores en las esquinas, en los extremos de los broches o puertas y como postes de apoyo en los tramos largos. Primero clave los postes en los extremos, ponga alrededor la tierra que retiró al hacer el hoyo apisonándola a medida que se llena y revisando que el poste quede firmemente clavado. No eche piedras, ni trozos de madera, solo la tierra que retiró.

En la parte superior de los templadores que están en la línea de trazado, ponga templado un hilo grueso o cuerda para que sirva de guía y todos los postes queden a la misma altura.

El pie de amigo va a un lado o ambos lados del poste templador al que se le ha hecho en la parte de arriba una “caja” con un serrucho, en la cual debe entrar la punta del pie de amigo, que ha sido cortada para que encaje en ella. El extremo inferior va cla-

vado en la tierra; golpéelo hasta que le de firmeza al poste templador. Clave una estaca corta de madera al lado del pie de amigo que se enterró para evitar que se mueva.

Para alambrar, contar primero el número de postes principales y postes vivos en los que será fijado el alambre, cortar la misma cantidad de trozos de manguera aislante por cada línea de alambre que va a colocar. Cada trozo de manguera aislante debe medir unos 25 cm de largo. A continuación, instalar en el poste templador inicial los tensores, uno por cada línea de alambre, e instalar en el poste templador final de la línea, un aislador cilíndrico terminal por cada línea de alambre.

Luego se desenrolla una de las líneas de alambre y se tiende en el suelo, siguiendo la línea de los postes. Se debe tener la precaución de no permitir que se doble o quiebre para facilitar la introducción de la manguera aislante.

Se introducen los trozos de manguera aislante, uno por cada poste, por una de las puntas del alambre y se van deslizando hasta la distancia de cada poste.

Las líneas se instalan iniciando de arriba hacia abajo. Asegurar la línea de alambre en el tensor, extender y fijar el otro extremo de la línea en el aislador terminal. Tiemple con cuidado el alambre y luego fije con una grapa cada manguera aislante en el poste que le corresponde, teniendo cuidado de no clavar hasta el fondo la grapa para evitar romper la manguera aislante.

Para evitar daños en la posteadura viva que sea sembrada, las mangueras aislantes pueden ser aseguradas al poste con alambre dulce.

El número de líneas a instalar depende del tipo de animal y de la agresividad que tengan. Con ganado manso se puede trabajar con cerca eléctrica de una sola línea.

Procure instalar líneas completas de alambre, sin uniones en medio, para disminuir pérdidas de energía eléctrica y así obtener mejor rendimiento del pulsador.

Protocolo de establecimiento de bancos de forraje

Como se mencionó anteriormente, los bancos de forraje pueden integrar diversos tipos de plantas que, en conjunto, proporcionan suplementos alimenticios de gran importancia para el ganado y que permiten la intensificación de la actividad pecuaria contribuyendo por lo tanto a reducir los impactos nocivos y la ineficiencia de la ganadería extensiva. A continuación, se detallan algunas recomendaciones para la siembra y manejo de algunas de las especies más recomendables para el establecimiento de bancos de forraje en el Piedemonte Putumayense.

Establecimiento y manejo de matarratón (*Gliricidia sepium*)

Es un árbol leguminoso de origen centroamericano, distribuido por África Occidental, sur de Asia, Antillas y América tropical, en altitudes desde 0 hasta 1.300 m; soporta la sequía pero se produce en zonas con precipitaciones de 500 a 2.300 mm

por año y en suelos ácidos hasta erosionados, aunque requiere suelos livianos y profundos y no tolera la competencia por luz (Soto y Espinel, 2012).

Además de ser fuente proteica para rumiantes, es medicinal, sirve de sombrío, soporte para otros cultivos, cerca viva, produce madera y es melífera; se propaga por semilla sexual y por estacas. 1 kg de semilla contiene entre 7.000 y 8.000 semillas.

Para sembrarlo es necesario tener en cuenta la dirección del sol y hacer la siembra de oriente a occidente, pues el matarratón es de alta exigencia en luminosidad. En zonas de ladera debe ser sembrado en curvas a nivel o en tres bolillo.

En siembra directa de semilla sexual es necesario preparar el terreno y marcar las distancias de siembra en surcos dobles, con una distancia entre plantas de 50 cm x 50 cm y callejón de 1 m, o a 1 m entre plantas por 1 m entre surcos, plantando a chuzo dos semillas por sitio. La siembra directa requiere mucha atención durante los tres primeros meses y se obtiene la primera cosecha a los 7 meses de sembrado.

Se puede hacer siembra de semilla sexual en vivero y cuando alcancen una altura de 20 a 30 cm se trasplantan al lote. Esta técnica disminuye la edad de corte en uno o dos meses, pero incrementa los costos de establecimiento. La resiembra se debe realizar antes de los 20 días post siembra para evitar la competencia por luz entre las plantas.

El intervalo entre los cortes varía de tres a cuatro meses, dependiendo de las condiciones agroclimáticas. Cada dos o tres años es necesario hacer podas de rejuvenecimiento, cuando se ha formado una cabeza improductiva. Esa poda se realiza a una altura de 50 cm.

La siembra por estacas no se recomienda para sistemas intensivos de corte y acarreo (Bancos forrajeros) porque hay baja perdurabilidad del cultivo, pero puede ser utilizada para el establecimiento de cercas vivas.

Establecimiento y manejo de morera (*Morus* sp.)

Esta planta tiene buena producción de biomasa, alta palatabilidad y alto valor nutricional para rumiantes y monogástricos. Su origen es asiático y hoy está por todo el mundo (Soto y Espinel, 2012). Se emplea para alimentar al gusano de seda (*Bombyx mori*) y en alimentación animal. Se da en suelos de textura media, buen drenaje, pH de 6 a 7, buen nivel de materia orgánica y no soporta encharcamientos. La morera se siembra por estacas cortadas en bisel con machete bien afilado y sin dejar heridas ni maltrato en ellas, deben tener una longitud de 15 a 20 cm y 1,8 a 2 cm de diámetro. Es importante usar tallos maduros de árboles de más de tres años de edad, sacando estacas sanas de la parte media de la rama.

La técnica de siembra con mayor porcentaje de germinación es en vivero, en camas enterrando $\frac{2}{3}$ de la estaca; se cubre con plástico para controlar humedad y especies no deseadas y a los 45 días se corta el plástico para permitir la aireación. La germinación es de dos a tres meses y el trasplante es sacando las estacas de la cama, quitar las hojas y podar a una altura de 10 a 15 cm.

El procedimiento más económico es la siembra directa en campo, teniendo la precaución de hacer un vivero equivalente al 10% de la población establecida para resiembra. La densidad por hectárea oscila entre 10.000 y 30.000 árboles, dependiendo de la distancia de siembra: 1 m x 1 m; 80 cm x 40 cm; 80 cm x 50 cm; o 90 cm x 40 cm.

La morera es una planta exigente en fertilización así que debe ser sembrada, intercalada con especies que fijan nitrógeno al suelo (leguminosas) y otras especies forrajeras como nacedero o ramio; al trasplantarla se le debe aplicar abono orgánico (250 g/planta) y fertilizarla por lo menos tres veces/año (2 a 3 t de gallinaza/ha.)

El primer control de malezas debe ser manual a los 20 días del trasplante y la primera poda de formación debe ser a 20 cm, dos a tres meses después del trasplante, para formar la copa y estimular el rebrote y la cosecha es cada 75 a 90 días a 30 o 40 cm de altura desde el suelo. La poda de rejuvenecimiento debe hacerse a 15 o 20 cm luego que la planta ha formado una copa con múltiples rebrotes llamada cuerno de venado, que tiene baja productividad.



Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), Valle del Guamuez.

© David Fajardo / Proyecto MICG

Establecimiento y manejo de botón de oro (*Tithonia diversifolia*):

También conocido como mirasol o margaritona, planta arbustiva no leguminosa originaria de México y Centroamérica, está altamente distribuida en la zona tropical de América, India y Ceilán. En Colombia se encuentra en un rango altitudinal que va de 0 a 2.500 m, en diferentes suelos, desde neutros a ácidos y fértiles hasta muy pobres y no tolera mucho sombrero (Soto y Espinel, 2012). Tiene alta importancia en el diseño de SSP pues además de ser fuente proteica, produce néctar y polen para las abejas y atrae otros insectos benéficos que controlan plagas. Se emplea como parte de la dieta para cabras, ovejas, aves de corral, conejos, cuyes, bovinos y cerdos, además de ser de gran utilidad como abono verde.

La siembra se debe hacer por estacas de 20 a 40 cm de largo que al menos tengan tres nudos, tomadas de la parte leñosa y media de los tallos verdes. Se recomienda aplicar enraizador a las estacas y sembrarlas el mismo día que son cortadas. Un enraizador natural que sirve para otras semillas asexuales, está en los cristales de la sábila (*Aloe vera*), licuados con 200 cc de leche fresca de vaca. Los extremos de las estacas se humedecen en esta solución y luego se siembran.

En la siembra directa deben usar dos estacas por sitio, a distancias de 0,50 m entre sitio y 1 m entre surcos o 0,75 m x 0,75 m o 0,75 m x 1 m o 1 m x 1 m entre plantas.

Mientras se establece el cultivo se recomienda cubrir el suelo con bagazo de caña o plantas arvenses para el control de malezas. El método más efectivo de siembra es

hacer vivero o almácigo y trasplantar las estacas enraizadas para evitar altas pérdidas en el establecimiento.

El primer corte debe ser entre los 6 y 8 meses de edad, según las condiciones de precipitación, y la cosecha siempre debe ser antes de la floración (aproximadamente cada siete semanas) con corte a 10 cm del suelo. La fertilización se hace con abono orgánico aplicando entre 250 y 500 g por planta.

Establecimiento y manejo de nacedero (*Trichanthera gigantea*)

Este árbol no leguminoso es conocido en Colombia con diferentes nombres comunes, tales como quiebrabarrigo, cajeto, aro, tune, madre de agua y yátago. Es nativo del trópico suramericano y se puede encontrar en altitudes de 0 hasta 2.150 m; crece en suelos profundos, con buen drenaje y tolera suelos de pH bajo (5,0). Alcanza alturas entre 4 y 12 m (Soto y Espinel, 2012).

En Colombia no se ha obtenido producción de semilla sexual viable y solo ha sido posible reproducirlo por estacas frescas que deben ser cortadas en bisel, con machete bien afilado y sin dejar heridas ni maltrato en ellas, deben tener un diámetro entre 2 y 3 cm, longitud de 20 a 30 cm y tres nudos o yemas germinales.

El nacedero se siembra en vivero, cubriendo la tierra con plástico para controlar malezas y protegerlo de la humedad. Se debe enterrar $\frac{2}{3}$ partes de la estaca y el corte que va enterrado debe ser por debajo del nudo. Las estacas también se pueden sembrar en bolsas llenando estas con una mezcla de tres partes de arena, tres partes de tierra y una parte de abono orgánico. Las plantas de vivero deben ser trasplantadas al cabo de tres o cuatro meses, cuando alcanzan 40 cm de altura y deben ser podadas las ramas para evitar la deshidratación de la planta. La distancia de siembra es de 0,8 m x 0,8 m o 1 m x 1 m entre plantas y entre surcos.

La altura de corte ideal es a 1 m y se dejan un tallo principal teniendo cuidado de no dañar los nudos que son los puntos de crecimiento del follaje. La altura de corte depende también de las condiciones climáticas, de modo que en zonas de altas temperaturas y pocas lluvias los cortes se deben hacer a 1,30 o 1,50 m de altura.

La siembra directa necesita buen control de especies no deseadas y buena disponibilidad de agua. El control de malezas se hace con el manejo de alturas de corte, pues la sombra impide el desarrollo de malezas, que también se pueden controlar con coberturas muertas como bagazo de caña, o vivas por siembra de leguminosas como canavalia (*Canavalia ensiformis*), maní forrajero (*Arachis pintoii*), o kudzú (*Pueraria phaseoloides*).

La edad al primer corte es de 6 a 8 meses dependiendo de la cantidad de agua que reciban los árboles y los cortes de cosecha se deben hacer cada 90 días a 1 m de altura.

Establecimiento y manejo de cámbulo o cachimbo (*Erythrina poeppigiana*)

La propagación de este árbol originario de los Andes peruanos se hace por medio de semilla sexual aunque también se puede hacer por estacas de unos 25 cm de longitud, con diámetro de 0,6 a 1,7 cm, sembradas a una distancia de 6 m x 6 m. El primer corte se hace un año después de sembrado y se continúan los cortes cada 3,5 meses dejando orear el follaje de un día para otro antes de suministrarlo al ganado (Soto y Espinel, 2012).

Establecimiento y manejo del chachafruto (*Erythrina edulis*)

También conocido como balú, poroto, chaporuto o frijón de árbol, se localiza en alturas comprendidas entre 1.300 y 2.250 m. Se propaga por semilla sexual y por estacas. Para la siembra por semilla sexual se emplean frutos maduros que se sumergen en agua por 24 horas y se siembran en bolsa; al cabo de 90 días se hace el trasplante o cuando las plantas alcancen 40 cm de altura. La propagación por estacas debe ser con estas de 0,5 a 1 m de altura con 3 cm de diámetro, y se trasplantan cuando enraícen (Soto y Espinel, 2012).

La siembra debe hacerse a distancias de 0,8 m x 0,8 m o 1 m x 1 m. En terreno pendiente se debe sembrar en curvas de nivel o en tres bolillo. El primer corte es a los 8 meses y luego cada 90 a 100 días.

Establecimiento y manejo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Es bien conocida y usada en toda América Latina para alimentación animal, en especial como banco energético (Preston y Leng 1987). Para la siembra a chorrillo de 1 ha de caña de azúcar se necesitan 8 t de semilla, sacada de lotes de primer corte o del lote más joven de la finca (7 a 9 meses de edad); con 1 ha de caña para semilla pueden ser sembradas 10 ha (Soto y Espinel, 2012).

Antes del transporte, los tallos deben ser cortados con machete afilado en trozos de 50 a 60 cm de largo (4 entrenudos y sus respectivas yemas o botones de germinación en óptimo estado) y amarrados en “paquetes” de 10 unidades para evitar daños en las yemas durante el transporte.

Los paquetes deben ser desarmados solo al momento de la siembra, cada trozo será puesto en forma horizontal dentro del surco a 10 cm de profundidad, formando una hilera de caña traslapada (chorro continuo) que debe ser tapada con tierra. Hay que cuidar que las yemas queden orientadas hacia las paredes del surco (no hacia arriba y abajo) para que todos los rebrotes puedan salir y crecer.



© David Fajardo / Proyecto MICG

Establecimiento de sistema silvopastoril, valle del Guamuez.

Antes de la siembra se trazan los surcos a 1,5 m entre surco y en curvas a nivel. Si la caña es solo para alimentación animal y producción de miel, se puede sembrar en surcos a 1 m de distancia, para que el cultivo cierre rápido las calles, haya autocontrol de las malezas y se tenga mayor producción de biomasa por unidad de área.

Según la fertilidad del suelo, se aplican 3 a 6 t/ha de gallinaza en forma manual en el surco. Se siembra la semilla de caña traslapada entre sí, en el fondo del surco y se tapa con tierra. La semilla germina 10 a 20 días después de la siembra; si el surco presenta vacíos mayores de 1 m hay que resembrar; la época crítica de competencia por malezas es entre los 15 y 120 días después de sembrada o cortada la caña y se deben hacer dos limpiezas manuales.

Se debe aplicar gallinaza (2 a 4 t) cuatro meses después de la siembra, luego del segundo control de malezas. Después de la segunda abonada se aporca (recubrir con suelo la base de la caña) para proteger las raíces y el abono, y garantizar mejor soporte para la caña en crecimiento.

El primer corte para forraje se hace al año de edad, aunque la ventaja de la caña de azúcar como forraje, es que se puede cortar desde los 9 meses hasta los 36 sin afectar la calidad nutricional. Solo se producen cambios en los azúcares (se aumentan la glucosa y la fructosa y se disminuye la sacarosa) que se comportan de igual forma para la alimentación animal.

Cosecha de forrajes

Después de las siembras los cultivos necesitan un periodo para su completo establecimiento, tiempo necesario para el buen desarrollo de sus raíces y follaje; recuerde que no deben ser cosechados antes de estar en su estado óptimo (Soto y Espinel, 2012). Algunos ejemplos concretos de los cultivos mencionados en este capítulo, son:

El matarratón, el nacedero y el chachafruto no deben ser cosechados antes de los seis meses de sembrados.

El botón de oro debe ser cosechado 6 meses después de la siembra, aunque se recomienda a los 4 meses hacer un primer corte para que se incorpore al suelo como abono verde y garantice la movilidad del fósforo.

Para la cosecha de forrajes es indispensable que el machete esté bien afilado para que el corte sea limpio, sin dejar desgarres en la planta y se debe hacer de abajo hacia arriba y en sesgo.

En la cosecha de caña de azúcar el corte debe ser a ras del suelo. En el caso que el corte no se haya hecho de esta forma es necesario “cepillar”, labor que consiste en cortar de nuevo pero a ras de suelo. Recuerde que este procedimiento se debe hacer para pastos de corte porque cuando quedan tocones o partes del tallo por encima de la superficie del suelo, los azúcares que quedan en la planta se convierten en alcohol y queman los tejidos o futuros brotes de la planta.

LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Por: Guillermo Martínez Areiza¹, César Suárez² e Ilvia Niño Gualdrón³.

Valoración de servicios ambientales en las cuencas de los ríos Guineo, Orito y la quebrada La Hormiga

En el marco de la implementación del convenio MICG suscrito entre Corpoamazonia y WWF, se aborda el análisis de bienes y servicios ecosistémicos en tres cuencas prioritarias del departamento del Putumayo, con el fin de evaluar la afectación de los mismos por los sistemas de producción pecuaria.

En el caso específico de este proyecto, se evalúan los servicios de conservación de biodiversidad, captura de carbono, producción hídrica, potencial de retención de sedimentos de las cuencas y subcuencas.

Para ello, se usó la herramienta de evaluación integral de servicios ecosistémicos y compensaciones -INVEST (sigla de su nombre original en inglés⁴), desarrollada por el “Proyecto Capital Natural”, liderado conjuntamente por la Universidad de Stanford, la Universidad de Minnesota, *The Nature Conservancy* (TNC) y WWF. Esta herramienta contiene un conjunto de modelos integrados que permiten identificar, cuantificar, valorar y localizar en mapas los servicios de los ecosistemas y hacer un estimativo de su valor, ayudando a los diferentes usuarios a visualizar los potenciales efectos de posibles decisiones, e identificar lugares en los cuales se busca la compatibilidad entre los beneficios económicos, sociales y ambientales, dependiendo de la cantidad y la calidad de información disponible para alimentar el modelo.

En lo que respecta a la biodiversidad, las tres cuencas presentan un alto grado de intervención por debajo de los 1.000 m de elevación. La cuenca de la quebrada La Hormiga, que se localiza completamente por debajo de esta elevación, presenta niveles de intervención en toda su área configurando parches de áreas naturales con espacios intervenidos y áreas en proceso de regeneración. La cuenca del río Guineo, presenta altos niveles de degradación en dos franjas que corren paralelas al eje de la vía que comunica la cabecera municipal de Villagarzón con el corregimiento de Puerto Umbría. La cuenca del río Orito, cuyos mayores valores de degradación se presentan asociados al eje vial Santana - cabecera de Orito y de esta hacia El Cruce, paralela al oleoducto transandino, tiene el mayor nivel de degradación en la cabecera donde se localiza una significativa cantidad de los pozos petroleros activos del departamento. Esta cuenca, además de ser la de mayor extensión, es la que mayor porcentaje de área presenta por encima de los 1.000 m de elevación, zona que en general, presenta un buen nivel de conservación de sus características naturales en el departamento.

1. Consultor Proyecto MICG
gmareiza@yahoo.es

2. Coordinador Sistemas de Información Geográfica,
WWF-Colombia.

cfsuarez@wwf.org.co

3. Oficial de Programa Piedemonte Andino-Amazónico,
WWF-Colombia

inino@wwf.org.co

4. Integrated Valuation of Ecosystems Services and Tradeoffs.

La calidad del hábitat es un atributo que se comporta de manera inversa a la degradación. En consecuencia, las áreas de cada cuenca que presentan menores niveles de degradación, son las que presentan mayores niveles de calidad de hábitat (Figura 6.1).

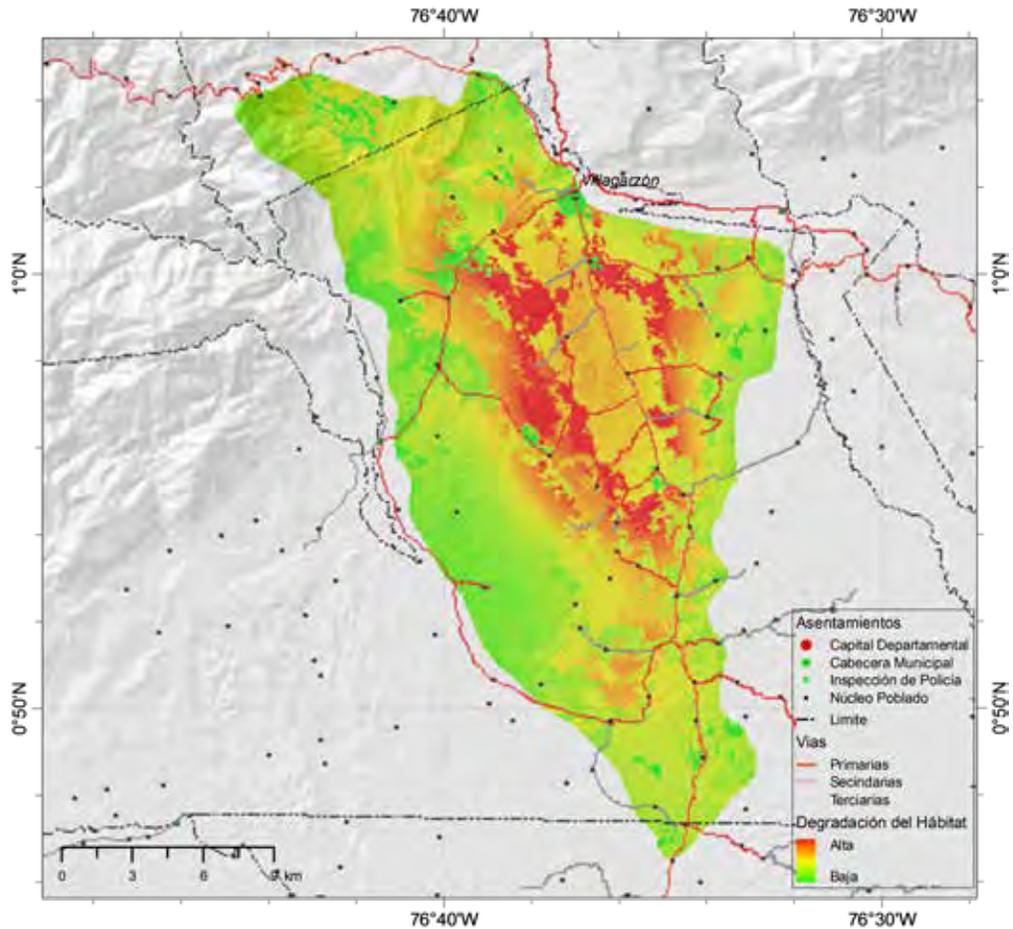


Figura 6.1.A. Degradación de hábitat según Modelo INVEST de Biodiversidad. Cuenca río Guineo.

En lo que respecta al servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono, los distintos estratos de la vegetación contribuyen de manera diferente: el suelo y la biomasa por encima de la superficie almacenan las mayores cantidades de carbono (Figuras 6.2 y 6.3) y todas las cuencas presentan el mismo comportamiento. En el futuro, el acopio de información de campo para cuantificar con mayor precisión la cantidad de carbono presente en los diferentes estratos asociados a las coberturas del suelo permitirá, junto con escenarios futuros de cobertura y uso del suelo, refinar los resultados obtenidos y configurar propuestas de servicios ambientales tanto para el almacenamiento como para el secuestro del carbono.

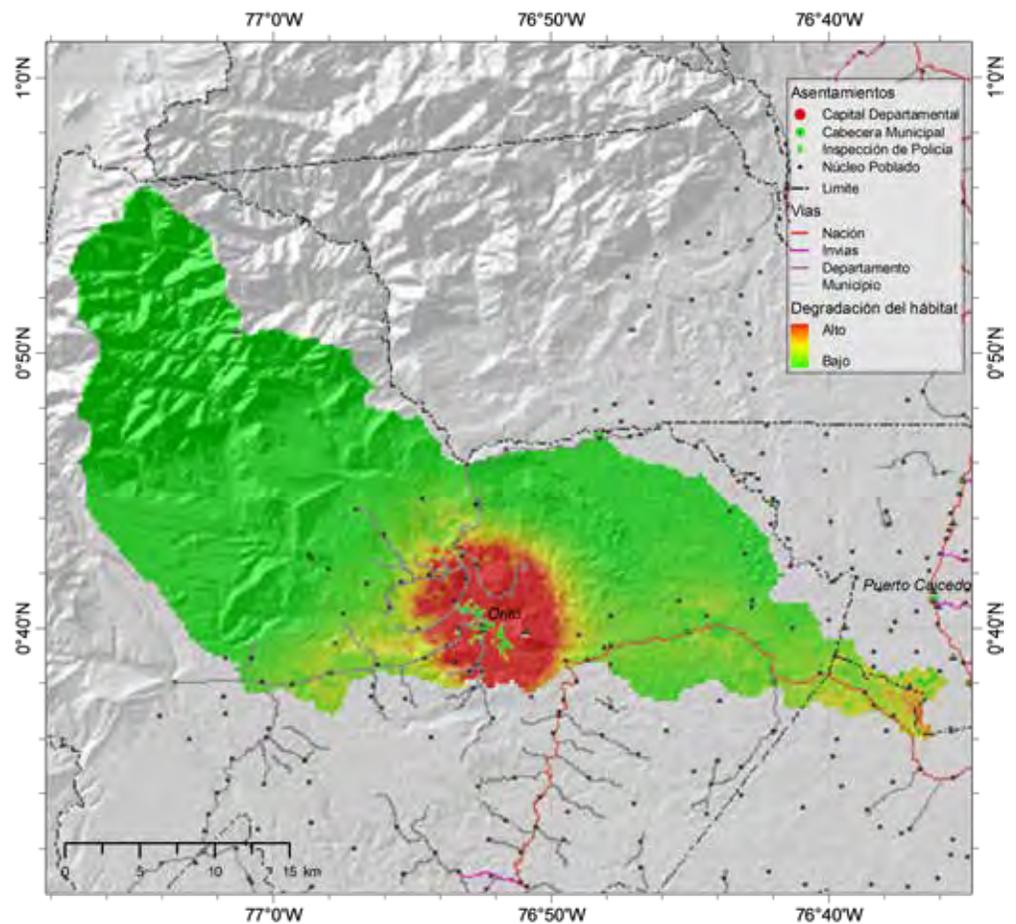
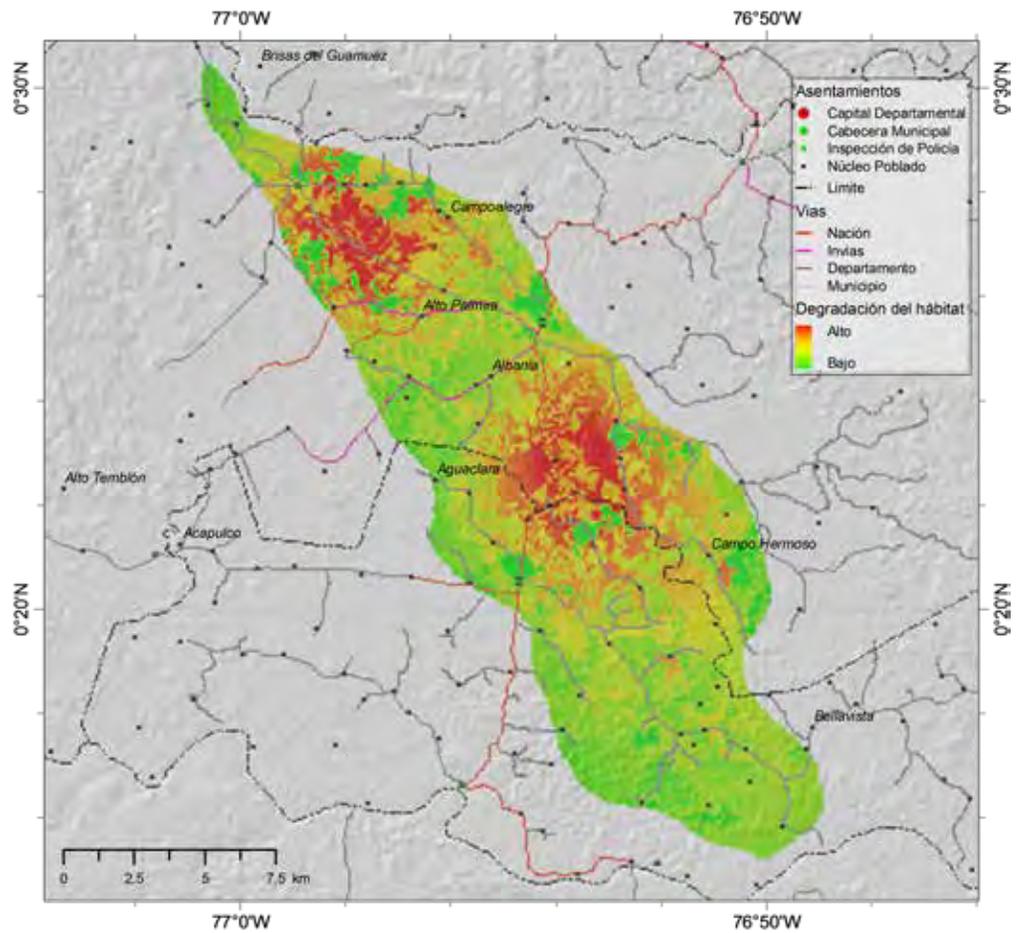


Figura 6.1.B. Degradación de hábitat según Modelo InVEST de Biodiversidad. En su orden: cuenca Q. La Hormiga y cuenca río Orto.

Mg Carbono/ha por Sustrato por Cuenca

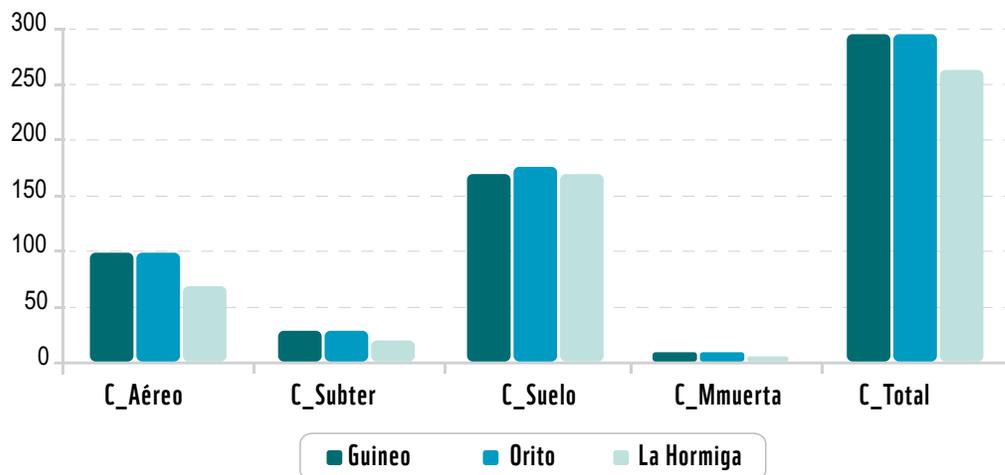


Figura 6.2. Carbono capturado por tipo de sustrato en cada cuenca.

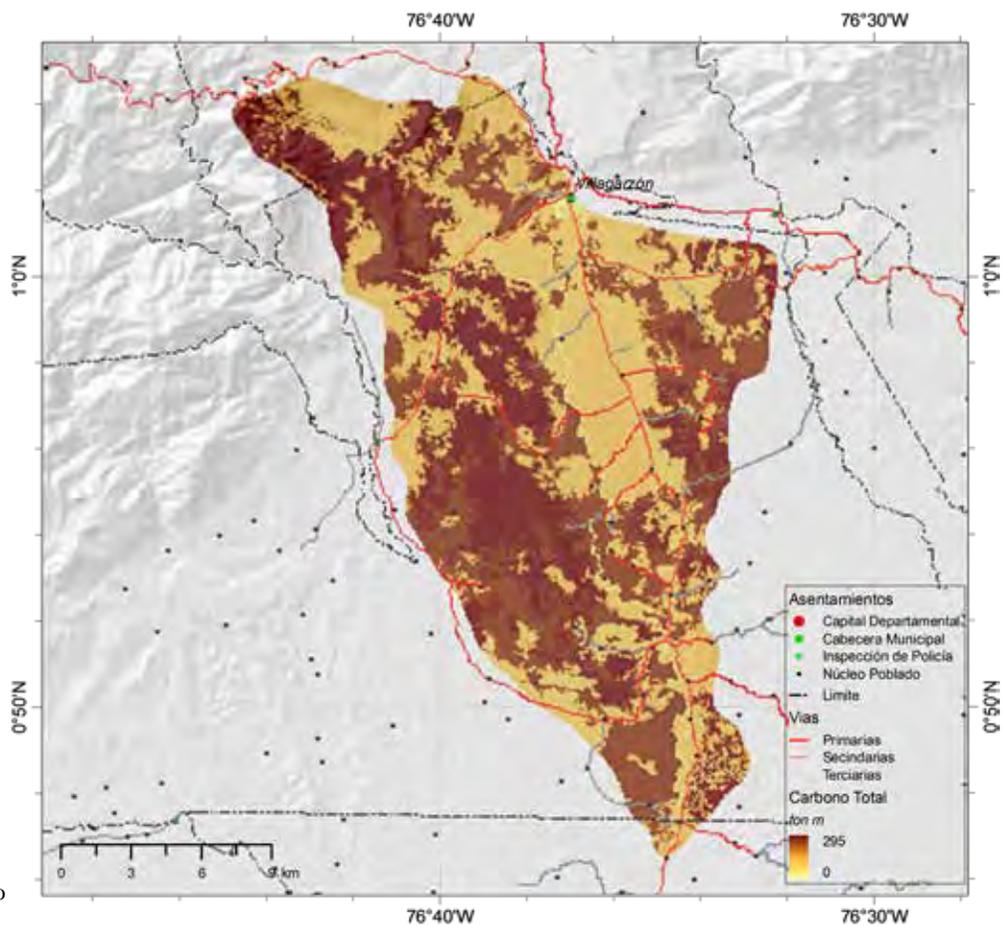


Figura 6.3.A. Almacenamiento de carbono según Modelo InVEST de carbono. Cuenca río Guineo.

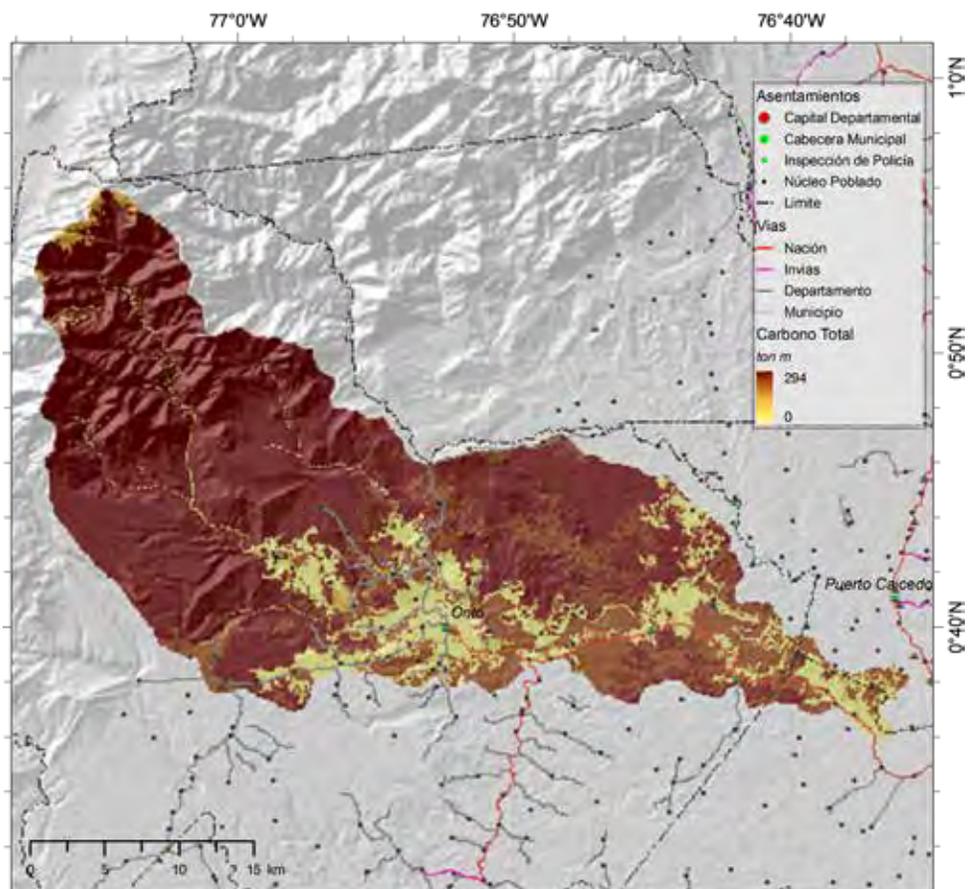
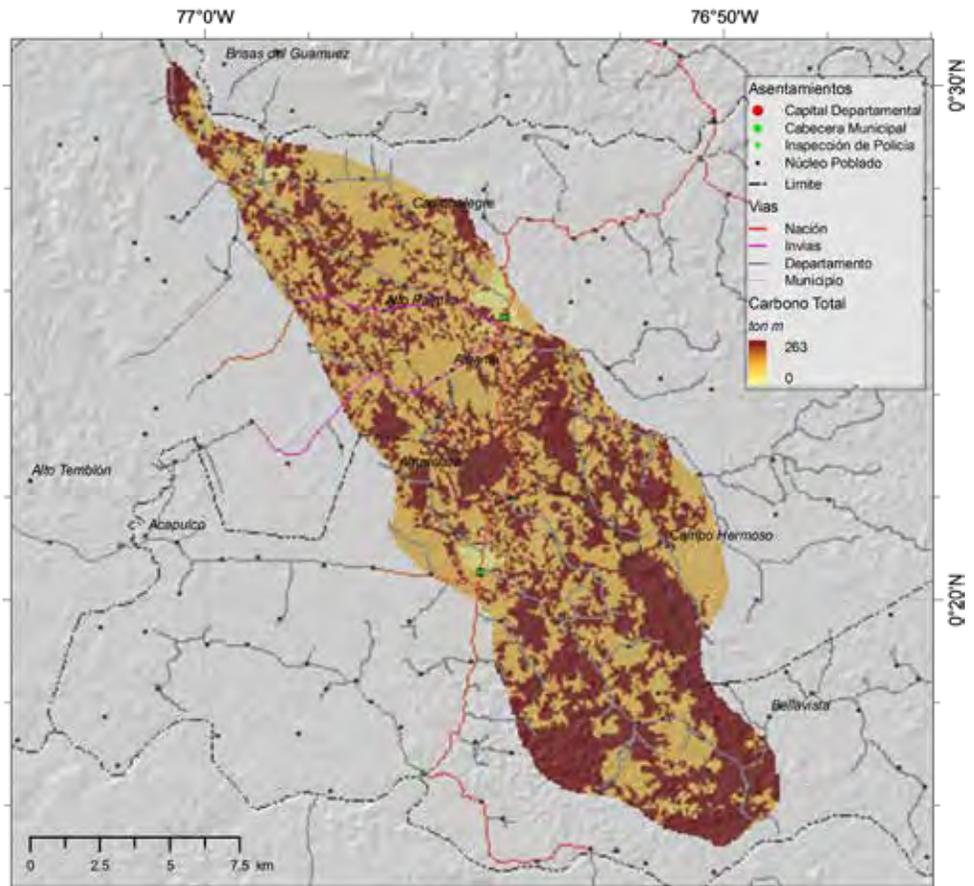


Figura 6.3.B. Almacenamiento de carbono según Modelo InVEST de carbono. En su orden: cuenca Q. La Hormiga y cuenca río Orto.



© Esteban Álvarez Dávila / Proyecto MICO

Medición DAP Carbono
Erythrina fusca (cachimbo).

La oferta hídrica de la región en general y de las cuencas analizadas en particular, presentan altos niveles (Figura 6.4), a pesar de la significativa intervención de los paisajes naturales y aún después de descontar el volumen de la demanda de agua para el desarrollo de actividades humanas y productivas. Los altos niveles de precipitación durante todos los meses del año y la baja demanda de agua para actividades productivas en la región, propician una oferta significativa de este recurso, que es incorporado a las corrientes superficiales cada año. Sin embargo, la transformación de los paisajes incide directamente con cambios a mediano y largo plazo en las condiciones climatológicas locales que se pueden ver reflejadas en una disminución significativa del volumen de agua que se precipita. Lo anterior, sumado a un posible aumento de las actividades humanas y productivas en la región, propiciadas por el mejoramiento de la infraestructura vial y energética y el impulso que quiere dar el Gobierno nacional a la minería y a la explotación de hidrocarburos, son aspectos que pueden comprometer la producción de agua en el futuro cercano.

sumado a un posible aumento de las actividades humanas y productivas en la región, propiciadas por el mejoramiento de la infraestructura vial y energética y el impulso que quiere dar el Gobierno nacional a la minería y a la explotación de hidrocarburos, son aspectos que pueden comprometer la producción de agua en el futuro cercano.

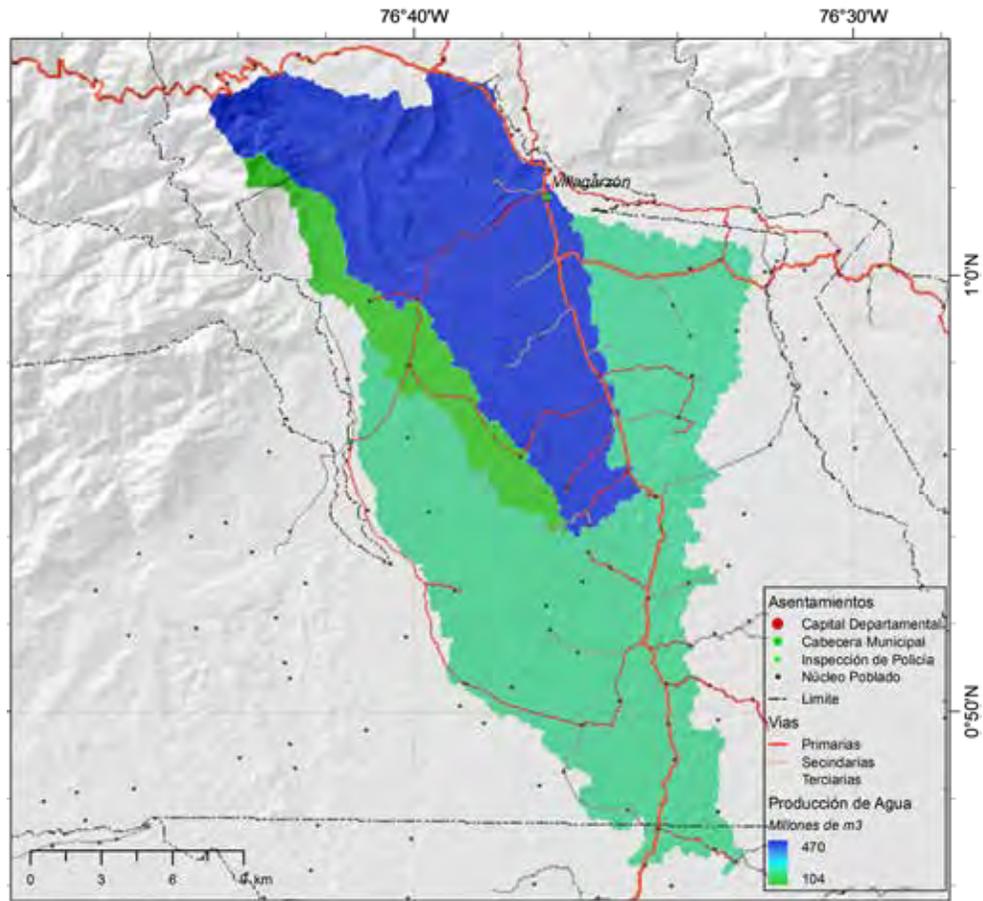


Figura 6.4.A. La oferta hídrica según Modelo INVEST de producción de energía. Cuenca río Guineo. Las subcuencas con mayor oferta hídrica, están en color azul.

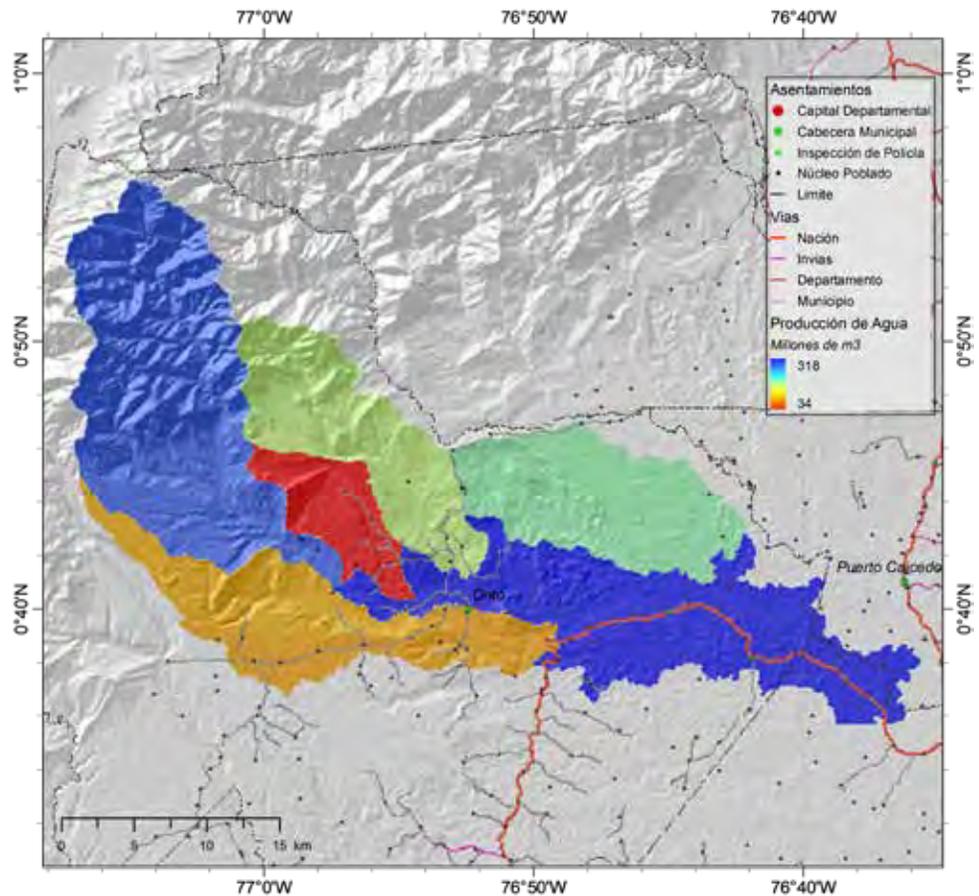
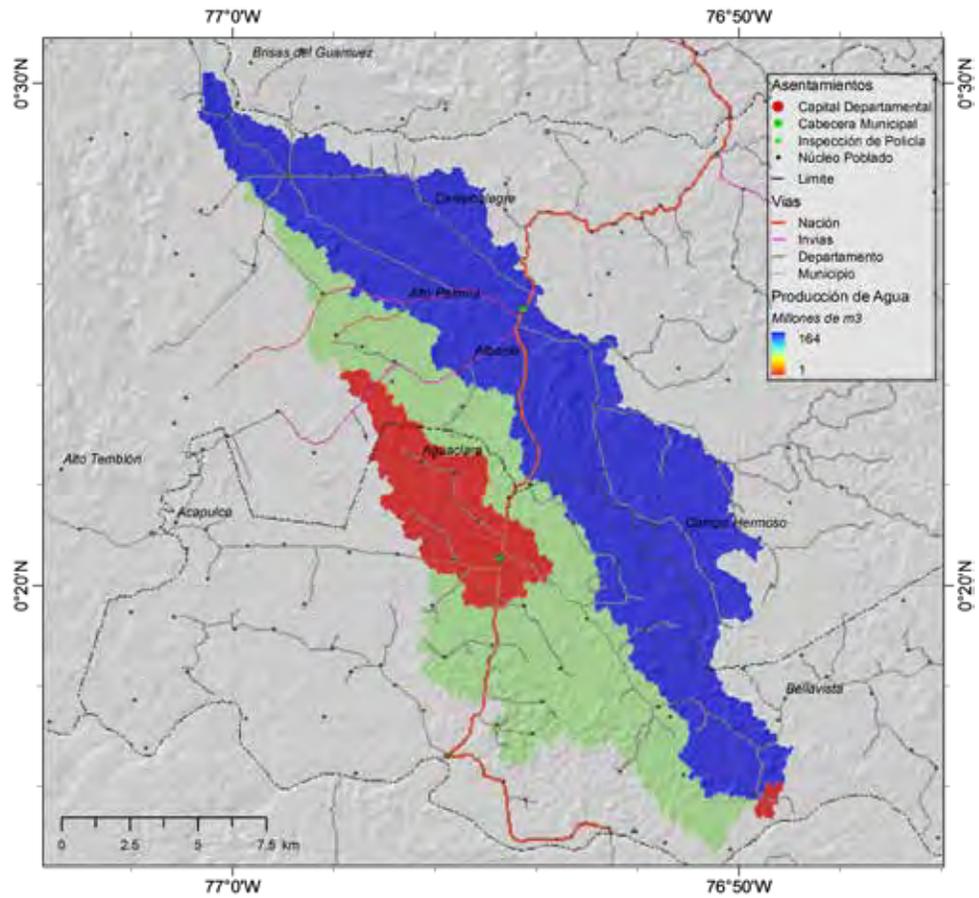


Figura 6.4.B. La oferta hídrica según Modelo INVEST de producción de energía. En su orden: cuenca Q, La Hormiga y cuenca río Orto. Las subcuencas con mayor oferta hídrica, están en color azul.



© David Fajardo / Proyecto MICG

La cobertura vegetal permite retener partículas del suelo, evitan la erosión y ayudan a regular y mantener la humedad.

Entre muchos otros servicios ambientales, la cobertura vegetal es muy importante por su capacidad de retener las partículas del suelo ante la acción erosiva de agentes físicos como las lluvias y el viento, que ocasionan el aumento de la cantidad de sedimentos que llegan a los cuerpos de agua, y afectan las condiciones de navegabilidad de ríos y quebradas y la vida útil de las centrales hidroeléctricas o los reservorios de agua. Las condiciones actuales de cobertura y uso del suelo, junto con el gradiente de pendientes, la erodabilidad asociada a las lluvias, el índice de erosividad de los suelos, entre otros, permitieron estimar para cada subcuenca, las toneladas de sedimentos que no alcanzan a llegar a las corrientes y cuerpos de agua, gracias a la acción de

la vegetación (Figura 6.5). Si la información suministrada a este modelo se complementa con escenarios futuros de cobertura y uso del suelo, es posible estimar la cantidad de sedimentos retenidos o de suelo perdido, facilitando la toma de decisiones para orientar estrategias de conservación o recuperación de ecosistemas.

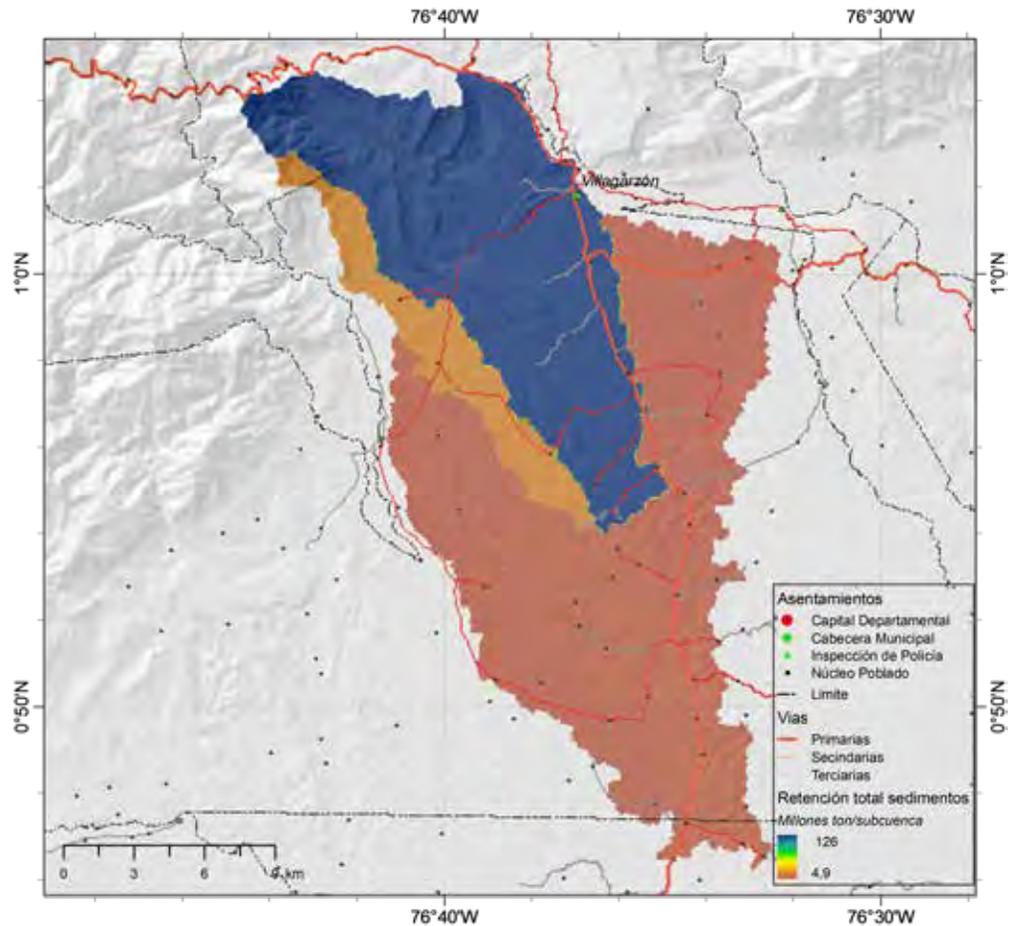


Figura 6.5.A. Retención Total de Sedimentos por subcuenca según Modelo InVEST de Retención de Sedimentos. Cuenca río Guineo. Las subcuencas con mayor retención de sedimentos, están en color azul.

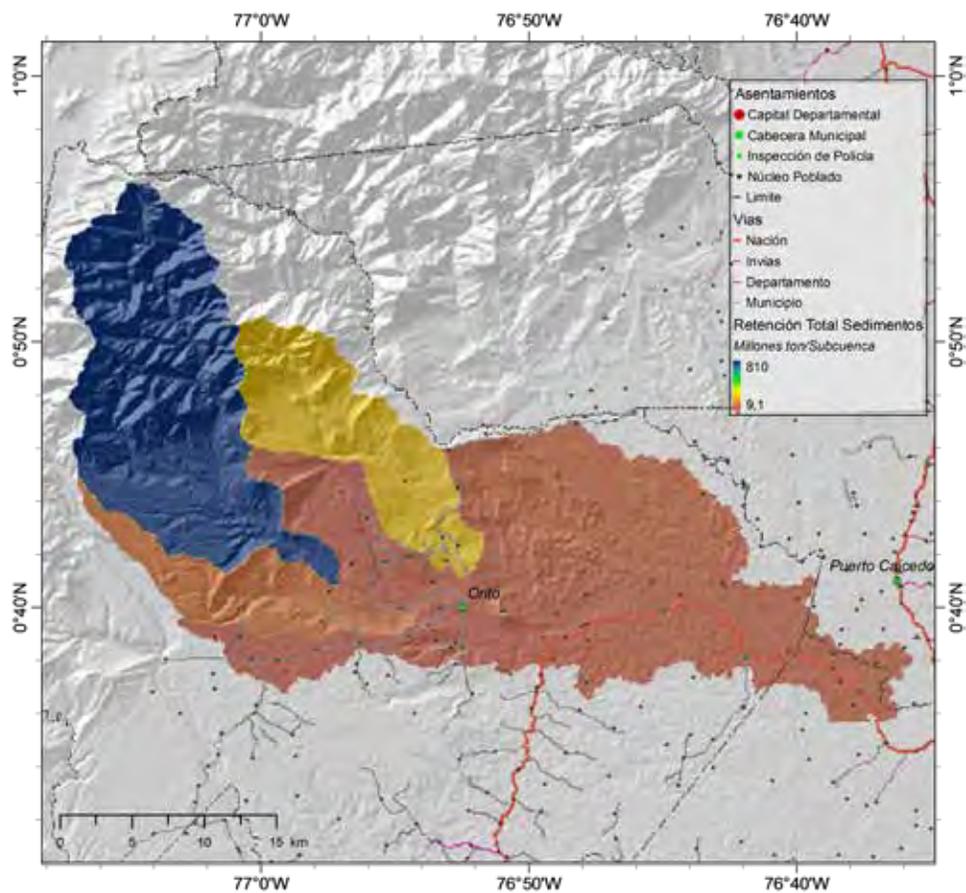
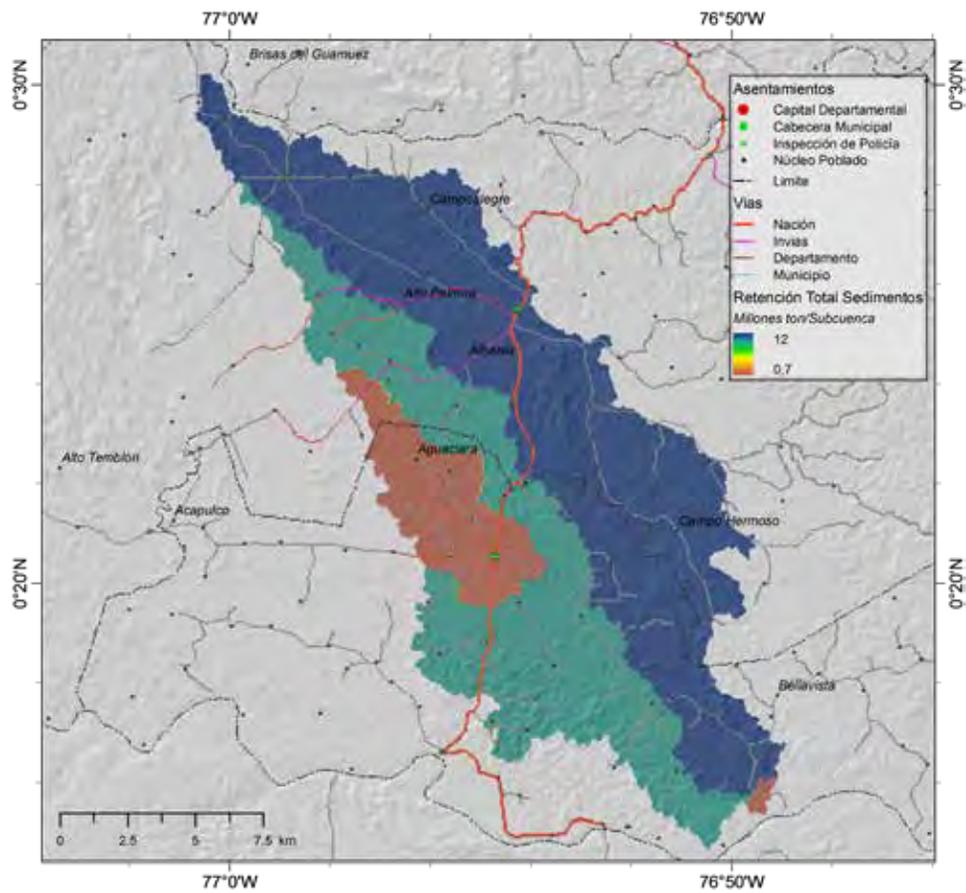


Figura 6.5.B. Retención Total de Sedimentos por subcuenca según Modelo InVEST de Retención de Sedimentos. En su orden: Cuenca Q. La Hormiga y cuenca río Orito. Las subcuencas con mayor retención de sedimentos, están en color azul.



© Esteban Álvarez Dávila / Proyecto MICG

Almacenamiento de carbono en la biomasa y el suelo, en pasturas y sistemas silvopastoriles en dos zonas de vida del Putumayo, Colombia

Medición carbono radicular.

Por: Esteban Álvarez Dávila, Andrea Lasso, Paola Caicedo y Zoraida Restrepo¹.

Tres años después de establecer diferentes sistemas silvopastoriles (SSP, incluyendo cercas vivas CV) en 13 predios del Putumayo (ocho en Puerto Asís, 250 m de elevación y cinco en Sibundoy, 2200 m) se cuantificó el carbono almacenado en cada sistema comparándolo con pasturas sin ningún tipo de manejo y se evaluó el efecto sobre los suelos midiendo la densidad aparente y la fertilidad en suelos con y sin SSP. Los resultados indican que los SSP y contienen mayor carbono total que las pasturas, con un 10,5% más de carbono en Puerto Asís y entre 4,3% y 4,0% en Sibundoy, debido principalmente a la contribución de los árboles. El suelo es el compartimiento que mayor carbono retiene en ambos sitios y aunque se observan mayores valores en los SSP y CV, la variación entre los diferentes predios no permitió detectar diferencias significativas con las pasturas. Las tasas de incremento de carbono anual fueron de $3,7 \pm 2,4$ t/ha para los SSP en Puerto Asís, de $1,3 \pm 1,1$ t/ha para las CV en Sibundoy y de $1,2 \pm 0,7$ t/ha para los SSP en Sibundoy similar a lo reportado en otras regiones ganaderas del neotrópico.

Algunas de las especies utilizadas en los SSP muestran un potencial importante para la fijación de carbono, principalmente *Oliganthe discolor* (palo negro), *Inga edulis* (guamo) y *Erythrina fusca* (cachimbo); no obstante, algunos individuos de especies dejadas en los potreros (como *Brownea similis*) o que aparecen durante el proceso de sucesión (como *Cecropia spp* y *Ochroma lagopus*), secuestran carbono en cantidades similares a los árboles sembrados, sugiriendo que el manejo de la sucesión puede ser otra alternativa para mejorar las pasturas.

Se observó una tendencia significativa a la reducción de la densidad aparente del suelo en los SSP en comparación con las pasturas, lo que sugiere un efecto positivo de los árboles; no obstante, en todos los SSP (con una sola excepción) los propietarios excluyeron el ganado de las parcelas, lo cual puede contribuir también los resultados observados. No se observaron diferencias en la fertilidad de los suelos entre SSP y pasturas, aunque los contenidos de materia orgánica y N fueron levemente superiores en los primeros. Se concluye que a pesar del corto periodo transcurrido desde el establecimiento de los SSP son evidentes los efectos positivos sobre el almacenamiento de carbono. Para el mejoramiento de las condiciones del suelo (reducción de la compactación e incremento de la fertilidad) se requiere de futuras observaciones para detectar los cambios.

1. Consultores Proyecto MICG.
esalvarez3000@gmail.com
cataagrof@gmail.com
paou498@hotmail.com

El almacenamiento de carbono

En el año 2002 existían 516 millones de hectáreas de pasturas en Suramérica, para, con una tendencia al aumento paralela a la tasa de deforestación y con impactos verificables sobre la conservación de la biodiversidad y el cambio climático (FAO, 2005). El potencial de los sistemas agroforestales (suelos y biomasa) para almacenar carbono puede variar entre 20 y 204 t ha⁻¹, principalmente en los suelos e incluso con incrementos anuales que pueden variar entre 1,8 y 5,2 t ha⁻¹ (Beer, *et al.*, 2003; Ibrahim, *et al.*, 2005). Sin embargo, a pesar del reconocimiento del potencial que poseen tanto los bosques como los sistemas agroforestales para almacenar carbono, aún falta información sobre el mismo para muchos paisajes ganaderos en Latinoamérica, especialmente en la región Amazónica.

En este estudio se estableció el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo y en la biomasa arbórea de diferentes usos de la tierra en paisajes ganaderos en Puerto Asís (500 m y 3.000 mm/año de precipitación) y Sibundoy (2.200 m, 2.800 mm/año) establecidos en junio de 2009 en el marco de los convenios 0526 de 2009 y 0285 de 2009 suscritos entre Corpoamazonia - Coganasís y Corpoamazonia - WWF, respectivamente.

Metodología

En cada sistema silvopastoril se establecieron parcelas de 250 m² (10 m x 25 m) de acuerdo con lo recomendado por MacDicken (1997), en las cuales se hizo el inventario de los árboles con DAP ≥ 10 cm. Los que tenían DAP entre 5 y 9,9 cm se censaron en una subparcela de 10 m de lado y los árboles más pequeños (DAP < 5 cm) en subparcelas de 5 x 5 m (Figura 6.6). Para la medición de la biomasa de los sistemas de cercas vivas, se hizo un inventario de los árboles a lo largo de 25 m. La biomasa de estos árboles se estimó con las ecuaciones alométricas desarrolladas en este estudio que predicen el peso seco de cada árbol a partir del diámetro del tronco y la densidad de la madera. Las ecuaciones para biomasa aérea y raíces gruesas fueron:

Puerto Asís

$$BA \left(\frac{kg}{\text{árbol}} \right) = \text{Exp} [(-1,90 + 2,31 \times \ln(DAP) + 0,51 \times \ln(Dm))]$$

$$BRg \left(\frac{kg}{\text{árbol}} \right) = \text{Exp} [(-3,17 + 2,32 \times \ln(DAP) + 0,55 \times \ln(Dm))]$$

Sibundoy

$$BA \left(\frac{kg}{\text{árbol}} \right) = \text{Exp} [(-1,15 + 2,31 \times \ln(DAP) + 0,51 \times \ln(Dm))]$$

$$BRg \left(\frac{kg}{\text{árbol}} \right) = \text{Exp} [(-2,51 + 2,32 \times \ln(DAP) + 0,55 \times \ln(Dm))]$$

Donde,

BA = Biomasa aérea,

BRg = Biomasa de raíces gruesas,

DAP = diámetro del árbol en cm

Dm = densidad de la madera por especie en g/cc.



© Esteban Álvarez Dávila / Proyecto MICG

Medición carbono radicular.



© Esteban Álvarez Dávila / Proyecto MICG

Medición carbono Foliar.

Para estimar la biomasa de las plantas herbáceas en los SSP, cercas vivas y pasturas se tomaron tres muestras de 50 cm de lado, cortando el pasto a ras del suelo, también se hicieron muestras de raíces finas y suelos en tres puntos a 1 m de distancia de la línea de árboles. Multiplicando la biomasa de los árboles en 25 m de cercas vivas por 16 se obtuvo una distancia promedio de 400 m de cerca viva/ha, asumiendo que los potreros son de 1 ha y de forma cuadrada y que esta sería la longitud mínima por ha de potrero para cualquier sistema de cercas vivas.

Se midió la biomasa de las raíces finas (diámetro < 2 mm) en un muestreo usando un barreno de golpe (Root Auger Eijkelkamp) que permite obtener cilindros de suelo de 30 cm de longitud y 8 de diámetro, tomados en tres puntos dentro de cada parcela (Figura 1). Se calculó la biomasa total (aérea y subterránea) de cada parcela como la sumatoria de la biomasa de los árboles, herbáceas y raíces finas y luego se extrapoló a unidades de t/ha. Para convertir los datos de biomasa en carbono se tomaron muestras de tejidos (leñoso y hojas) de especies (dos en Sibundoy y nueve en Puerto Asís) para análisis en laboratorio.

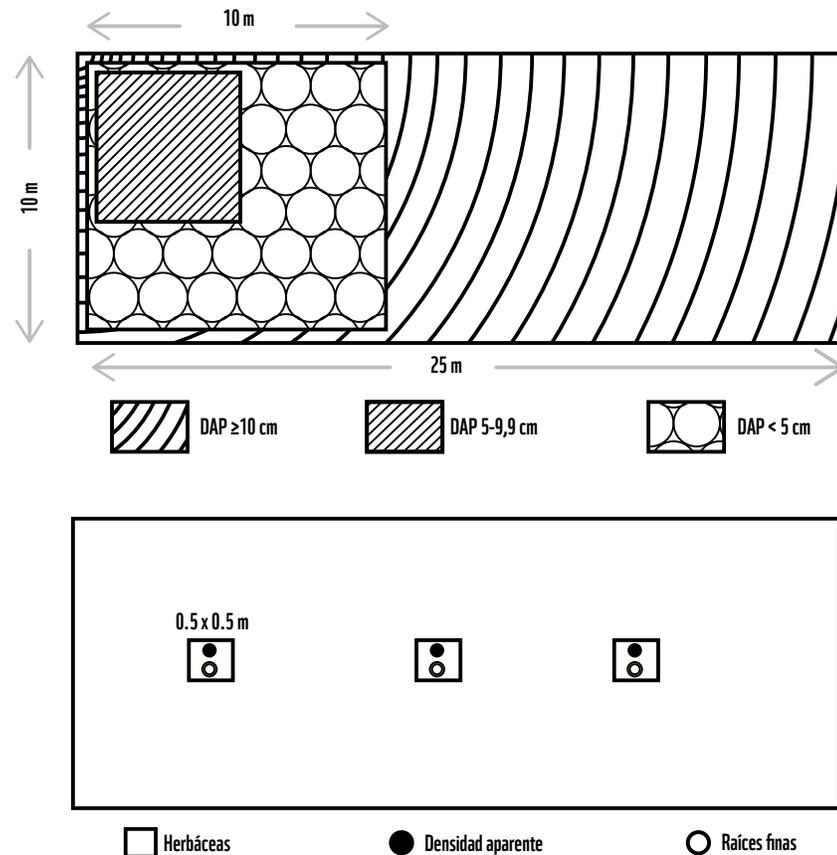


Figura 6.6. Diagrama mostrando el tipo de muestreo que se utilizó para cuantificar la biomasa en sistemas silvopastoriles y pasturas

Para el contenido de carbono orgánico del suelo toma más un 1 kg de suelo hasta 30 cm de profundidad, recolectado de diferentes sitios en cada SSP, CV y pasturas. El contenido de carbono en el suelo (C t ha⁻¹), se estimó mediante la fórmula:

$$C = \alpha \times \delta \left(\frac{t}{m-3} \right) \times Pm \times fc \quad (1)$$

Donde:

α = área (ha),

δ = densidad aparente del suelo en (t/m³)

Pm = profundidad de muestreo (m)

fc = fracción de carbono (%C/100).

Estimación del contenido de carbono

Se observa una gran variación en el contenido de carbono de los árboles (biomasa aérea y raíces gruesas) en los sistemas silvopastoriles (Tabla 7.1), con un rango entre 4,1 - 28,7 t/ha en Puerto Asís y 0,5 - 8,6 t/ha en Sibundoy. Estas diferencias pueden estar relacionadas tanto con las especies que se sembraron en cada predio, como con el manejo de cada propietario y con las condiciones del sitio (drenaje y fertilidad) donde se estableció el sistema. Las tasas de incremento de carbono anual fueron de 3,7 + -2,4 t/ha para los SSP en Puerto Asís, de 1,3 + -1,1 t/ha para las CV en Sibundoy y de 1,2 + -0,7 t/ha para los SSP en Sibundoy. Estos resultados están dentro del rango reportado previamente para SSP en el neotrópico (Ibrahim *et al.*, 2005b).

Tanto en Puerto Asís como en Sibundoy, los sistemas silvopastoriles SSP presentaron mayor contenido total de carbono que las pasturas (Tabla 6.1). El componente que más aporta en todos los casos es el carbono orgánico del suelo lo cual concuerda con lo reportado por diferentes autores (Ibrahim, *et al.*, 2007). El contenido de carbono en el componente arbóreo de los SSP y las cercas vivas fue mayor en Puerto Asís que en Sibundoy. En Puerto Asís los árboles representan un porcentaje mucho mayor (10,5%) con respecto al total que en Sibundoy (4,3% y 4,0% para las CV y SSP respectivamente). En promedio, los SSP almacenan un 18,6% más carbono total que las pasturas en Sibundoy, pero solo 8,1% en Puerto Asís. No se encontraron diferencias significativas en el almacenamiento total de carbono entre los SSP (y CV) y las pasturas en ninguno de los dos sitios.

Las especies más abundantes encontradas en los sistemas silvopastoriles en Puerto Asís fueron mataratón y cachimbo, con contenidos de carbono promedio de 5,5 kg/árbol y 22,6 kg/árbol respectivamente. En esta misma localidad se observaron individuos que fueron dejados por los propietarios en el sitio de establecimiento del sistema (ej. Palo cruz) o que aparecieron espontáneamente por el proceso de sucesión natural que se presenta en la región. De acuerdo con los resultados, estas especies pueden contribuir en forma importante a la captura de carbono en los SSP lo que sugiere que pueden ser una forma alternativa de manejo para el mejoramiento de las pasturas en Amazonia.

En el caso de Sibundoy, *Acacia decurrens* presentó un alto contenido de carbono (promedio de 47,5 kg/árbol) en comparación con Aliso (5,1 kg/árbol), lo que se explica por la alta variación en las tasas de crecimiento de este último (con muchos individuos con bajas tasas de crecimiento y algunos pocos con tasas altas). Esto indica la necesidad de mejorar el proceso de selección de los árboles que se siembran de esta especie o que requieren un manejo más intensivo de preparación del suelo y fertilización. Por el contrario, *Acacia decurrens* tiene altas tasas de crecimiento en la mayoría de los individuos, indicando posiblemente mejores procesos de selección.

Tabla 6.1. Valores promedio de almacenamiento de carbono (t/ha) en diferentes usos del suelo

MUNICIPIO	SISTEMA	PROMEDIO ALMACENAMIENTO DE CARBONO (T/HA)					
		ÁRBOLES	RAÍCES GRUESAS	RAÍCES FINAS	PASTOS	SUELO	TOTAL
Puerto Asís	Sistema SP	9,4	2,8	0,5	0,9	108,6	122,1
	Pasturas			0,9	2,5	108,9	112,9
Sibundoy	Cerca Viva	3,3	1,0	2,5	2,5	170,4	181,0
	Sistema SP	3,1	0,9	2,5	0,7	198,9	206,3
	Pasturas			2,8	2,9	165,1	173,4

MUNICIPIO	SISTEMA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%) DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO					
		ÁRBOLES	RAÍCES GRUESAS	RAÍCES FINAS	PASTOS	SUELO	TOTAL
Puerto Asís	Sistema SP	64,1	64,2	47,4	58,8	19,6	12,3
	Pasturas			46,7	50,8	23,9	23,5
Sibundoy	Cerca Viva	85,5	86,0	36,3	31,2	41,9	39,8
	Sistema SP	58,6	59,9	53,0	11,6	37,9	37,0
	Pasturas			22,0	22,6	23,5	22,8

Medición carbono,
SSP botón de oro.



© Esteban Álvarez Dávila / Proyecto MICG

De las especies usadas en los SSP y CV en Sibundoy, la más productiva fue acacia, con el mayor porcentaje de individuos creciendo por encima de los 10 cm de DAP. Aunque un alto número de individuos de aliso alcanzan un $DAP \geq 10$ cm, la mayor proporción de se encuentra en la categoría de 1-5 cm. En el caso de Puerto Asís, el cachimbo fue el que presentó mayores tasas de crecimiento, pero la mayor proporción de los individuos mostraron DAP inferiores a 10 cm. Tanto el matarratón como el bohío presentaron bajas tasas de crecimiento (el total de individuos con diámetros < 10 cm). Estos resultados muestran una alta variación en las tasas de crecimiento de los individuos de la misma especie y sugiere la necesidad de hacer una mejor selección de las especies y de mejorar el manejo en vivero para tener tasas de crecimiento más altas y homogéneas.

Mejoramiento de las condiciones del suelo en sistemas silvopastoriles

Un análisis de varianza mostró que la densidad aparente del suelo es menor en los SSP que en las pasturas, para Puerto Asís ($F = 5,57$, $p = 0,023$). En Sibundoy se encontró un resultado similar con menor Densidad aparente (δ) del suelo en los SSP que en las pasturas. La Densidad aparente de las CV fue similar a la de las pasturas. Estos resultados se corroboran con la tendencia general a la reducción de la Densidad Aparente del suelo en los SSP en comparación con las pasturas, lo que sugieren un efecto positivo de los árboles, pero que también puede estar relacionado con la exclusión del ganado. En todos los sistemas silvopastoriles (con excepción de un sitio en Puerto Asís), los sitios de ensayo para los SSP las parcelas se aislaron completamente de la actividad del ganado.

En el caso de la fertilidad de los suelos no se encontraron diferencias en ninguno de los casos, aunque la MO y el N, fueron levemente superiores en los primeros. Probablemente el poco tiempo transcurrido (3 años) desde el establecimiento de los SSP y las CV se la razón de que no se observen los efectos positivos sobre la fertilidad del suelo que ha sido reportados en otras áreas con sistemas silvopastoriles en el trópico (Hernández, *et al.*, 2008).

Conclusiones

A pesar del corto periodo transcurrido desde el establecimiento de los SSP hasta la medición hecha en este estudio, se comienzan a ver tendencias positivas sobre el almacenamiento de carbono, particularmente por la acumulación de biomasa en los árboles sembrados en los SSP y las CV. Los resultados muestran una gran variación en las prácticas de establecimiento de los SSP, con una amplia variedad de especies forrajeras sembradas y con especies espontáneas de la sucesión secundaria que algunos propietarios deciden dejar en los sistemas. Se observa igualmente, una gran variación en las tasas de crecimiento de los individuos de las mismas especies, lo que sugiere la necesidad de hacer una mejor selección de las semillas y de manejo de las plántulas en el vivero.

Se observó una tendencia significativa a la reducción de la densidad aparente de suelos en los SSP en relación con las pasturas, pero su relación con el efecto de los árboles no es claro debido a que los propietarios excluyen el ganado de las áreas SSP, en las cuales los árboles terminan siendo usados como bancos de forraje. No se observaron tendencias claras en cuanto al mejoramiento de la fertilidad de los suelos, debido posiblemente a la poca edad de los SSP; en este sentido se recomiendan futuras evaluaciones con el objetivo de detectar los cambios.

AVES ASOCIADAS A LAS MICROCUENCAS

Por: David Fajardo, Mónica Denir Lombana Luna y Yuri Rosero Mora¹.



Cardenal pantanero (*Paroaria gularis*).

© Yuri Rosero M. / Proyecto MICG

Colombia es uno de los cinco países con mayor riqueza biológica del mundo. Sin embargo dicha riqueza se ve amenazada porque parte de su desarrollo socioeconómico está basado en la sobreexplotación de esta base de recursos, razón por la cual la conservación y uso sostenible del patrimonio natural son las metas más importantes para lograr el desarrollo sostenible del país (Chaves *et al.*, 2006; Thompson, 2010).

El departamento del Putumayo no es ajeno a la problemática ambiental que amenaza su diversidad, aunque a diferencia del resto del país, donde la mayor tasa de deforestación afecta los bosques de montaña, en el departamento se presenta por debajo de los 1.000 m de elevación (Bohórquez, 2002). Como se ha mencionado en varias ocasiones en este libro, la deforestación en el departamento del Putumayo usualmente se inicia por actividades extractivas que posteriormente tienden a convertirse en áreas para ganadería. Sin embargo, la conversión directa de áreas boscosas en zonas de pastoreo se ha incrementado, generando una serie de impactos negativos sobre los recursos naturales, como la pérdida de caudales hídricos, erosión, compactación de suelos y particularmente disminución de la biodiversidad (Lombana y Rosero, 2013).

La implementación de sistemas silvopastoriles constituye una alternativa que contribuye a mejorar la competitividad ganadera y disminuir el impacto ambiental; permitiendo el incremento de la producción de alimentos de alta calidad, el mejoramiento de la productividad y la reducción de la presión sobre los ecosistemas de bosque, generando procesos de conservación de los recursos de flora y fauna asociados (Clavero y Suárez, 2006). La siembra de árboles y arbustos en sistemas silvopastoriles restablece el hábitat, permitiendo la conectividad entre ecosistemas, aumentando la movilidad de las especies e incrementando la biodiversidad (Giraldo, *et al.*, 2012). Muchas especies susceptibles a desaparecer encuentran en estos hábitats refugio, sustento y lugares para anidar. Las aves y los macroinvertebrados acuáticos reflejan en alto grado los cambios que ocurren a nivel de paisaje (Fajardo y Sáenz, 2012) y por lo tanto sirven como indicadores de la calidad del mismo. Según Alonso, *et al.*, (2004) las comunidades de aves se favorecen por el establecimiento de estos sistemas de producción agroforestal y la diversidad asociada al sistema silvopastoril se incrementa en relación al mayor tiempo de explotación del sistema y mayores tamaños de las áreas establecidas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, con el proyecto “*Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del mejoramiento de los sistemas ganaderos en el departamento del Putumayo*” se buscó desarrollar procesos de conservación con un enfoque ecosistémico que permitiera reconocer las necesidades de diferentes conjuntos de especies (Franco *et al.*, 2006).

1. Consultores Proyecto MICG.
david.fajardo1@gmail.com
lombanaluna@gmail.com
yuri22@gmail.com



© David Fajardo / Proyecto MCG

Tityra enmascarada (*Tityra semifasciata*).



© David Fajardo / Proyecto MCG

Gallo de roca andino (*Rupicola peruvianus*).



© David Fajardo / Proyecto MCG

Perico chocolero (*Aratinga wagleri*).

El establecimiento del monitoreo de la biodiversidad permite evaluar su estado actual y compararla con estados futuros, que reflejen las modificaciones generadas en el paisaje. Este capítulo presenta las metodologías establecidas y los resultados obtenidos del monitoreo de aves y macroinvertebrados acuáticos, en 20 microcuencas del departamento del Putumayo, distribuidas en tres zonas geográficas claramente distinguibles: la Zona Andina correspondiente al Valle del Sibundoy entre 2096 y 3000 m de elevación, la Zona del Piedemonte entre 300 y 1600 m y la Llanura Amazónica por debajo de 300 m (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Microcuencas en las cuales se realizó el monitoreo de la aves y macroinvertebrados acuáticos, agrupadas por zona y municipio.

ZONA	MUNICIPIO	MICROCUENCA
Zona Andina	Colón	Río San Pedro
	San Francisco	Río Putumayo
		San Francisco
	Santiago	Río Tamauca
Sibundoy	La Hidráulica	
Zona del Piedemonte Andino-Amazónico	Mocoa	Río Mocoa
		Río Pepino
		Río Afán
		Río Mulato
	Puerto Caicedo	Río Cocayá
		Río Achiote
	Puerto Guzmán	Río Mandur
Villa Garzón	Río Guineo	
Zona de la Llanura Amazónica	Puerto Asís	Río Cuembí
		Quebrada Agua Negra
	Orito	Río Orito
		Río Yarumo
	Valle del Guamuez	Río Güisía
		Río La Hormiga
Leguízamo	Quebrada El Bufe	



© David Fajardo / Proyecto MICG

Pava negra (*Aburria aburri*).

Monitoreo de aves

El conocimiento acerca de la avifauna del departamento del Putumayo es muy limitado, como lo revela una revisión de la literatura pertinente. Apenas tres trabajos (Bohórquez, 2002; Calderón, *et al.*, 2011; Salaman, *et al.*, 1999) se refieren específicamente al mismo, aunque reconocen su alta diversidad y singularidad. Con el fin de analizar el aporte de los sistemas silvopastoriles a la conservación de la biodiversidad, en el desarrollo del proyecto MICG se estableció la línea base para el monitoreo de aves silvestres, por considerarlas un componente importante de la diversidad animal y juegan papeles ecológicos importantes en la dinámica de sus hábitats. Muchas especies participan en el control de plagas, en la polinización y en la dispersión de semillas de un amplio espectro de plantas, por lo cual tienen un impacto importante sobre el proceso natural de regeneración de los bosques y el mantenimiento de muchos enlaces ecológicos indispensables. Por otra parte, las aves son sensibles a la destrucción y fragmentación de sus hábitats naturales, hecho que ha resultado en la desaparición local de muchas especies. Por su sensibilidad frente a la actividad humana y dado que son relativamente fáciles de observar y estudiar, se convierten en buenas indicadores de calidad de hábitat.

En este documento se presentan los resultados obtenidos a partir de la evaluación de la avifauna en 17 de las 20 microcuencas en el área de Piedemonte y la Llanura Amazónica del departamento del Putumayo. Además de resaltar la diversidad de aves que se asocian a los sistemas silvopastoriles, se analizan los resultados en relación con criterios para la selección de áreas de importancia para la conservación de aves (AICA).

Metodología

Evaluación de la composición de la avifauna en tres usos del suelo: potreros, sistemas silvopastoriles y zonas de aislamientos. En el caso de los sistemas silvopastoriles se evaluaron los predios en los cuales se realizaron implementaciones en el año 2010 y aquellos priorizados para implementaciones en el año 2012, con el fin de determinar el estado actual y los cambios a largo plazo de las comunidades de aves antes, durante y después del desarrollo del Proyecto MICG.

En cada microcuenca se localizaron 21 puntos de conteo de radio fijo (siete por cada hábitat), dada su eficacia para evaluar composición y abundancia de especies de acuerdo con el tipo de hábitats, que permite evidenciar cambios espaciales y temporales de las poblaciones de aves, (Gregory, *et al.*, 2004; Ralph, *et al.*, 1996; Sutherland, *et al.*, 2004).

En las parcelas se registraron todos los individuos de las especies de aves observadas y escuchadas dentro de los círculos de conteo; se hicieron los muestreos entre las 06:00 y las 11:00, con intervalos de 15 minutos en cada punto. Para complementar el análisis de la avifauna total se registraron todas las especies encontradas de forma oportunista. Para la identificación de las aves registradas se usaron las guías de Hilty y Brown (2001) y Restall, *et al.*, (2007). La nomenclatura taxonómica en este documento sigue la propuesta de Remsen, *et al.*, (2012).



© David Fajardo / Proyecto MCG

Barranquero andino (*Momotus aequatorialis*).

Análisis ecológico

Se estimó la diversidad de especies en cada hábitat (diversidad α) tanto como el número de especies o Riqueza (S) con el índice de Margalef como mediante el análisis de la equidad de las abundancias por especie con los índices de Shannon-Wiener, y Simpson.

El índice de Shannon-Wiener expresa la impredecibilidad en la composición específica de un ensamble de especies y se calcula como

$$H' = -\sum p_i \times \ln \times p_i$$

Donde:

$$p_i = n_i / N$$

n_i = número de registros de la especie i .

N = número de registros totales

Por su parte, el índice de Simpson expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una muestra pertenezcan a la misma especie y se calcula como

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i (# individuos de la especie i/N)

Se evaluó la similitud de la composición de especies entre las microcuencas con el índice de Jaccard, usando el programa estadístico Past v. 2.02 (Hammer, *et al.*, 2001). Este índice es igual a 1 en casos de similaridad completa e igual a 0 en comunidades sin especies en común y no considera el número de individuos de cada especie, de forma que todas tienen igual peso (Villareal, *et al.*, 2004). El índice se calcula como:

$$I_j = c/a+b-c$$

Donde:

a = Número de especies presentes en el sitio A

b = Número de especies presentes en el sitio B

c = Número de especies presentes en el sitio C

Se determinó el uso de los sistemas vegetales evaluados por parte de las especies, diferenciando entre zonas de aislamiento, sistema silvopastoril y potreros; para el caso de la microcuenca de la quebrada Agua Negra, se tuvieron en cuenta las cercas vivas con el fin de comparar los resultados obtenidos en el monitoreo de avifauna realizado en el año 2010 en el marco del proyecto “*Desarrollo y Validación de un Esquema Piloto de Compensación por Servicios Ambientales en Cuencas Hidrográficas Estratégicas y Reconversión de Sistemas Ganaderos en el Departamento del Putumayo*”.



Pava hedionda (*Opisthocomus hoazin*).

© David Fajardo / Proyecto MICG



Amazilia ventriblanco (*Amazilia fimbriata*).

© David Fajardo / Proyecto MICG

Resultados

Se evaluaron 274 puntos de conteo, 85 en la Zona Andina. Los 189 puntos restantes corresponden a la Zona de Piedemonte y a la Llanura Amazónica, distribuidos en nueve microcuencas.

4.179 aves registradas en los puntos fijos de conteo, correspondientes a 201 especies. Tanto el mayor número de individuos como el de especies (1961 y 133 respectivamente), correspondió a la Llanura Amazónica (Yarumo, Orito, Agua Negra, Cohebí, Bufeo, quebrada La Hormiga, La Güisía). En el Piedemonte (Pepino, Mocoa, Afán, Cocayá, Achiote y Guíneo) se registraron 1.777 individuos de 127 especies y en la Zona Andina (San Francisco, Putumayo, Hidráulica y San Pedro) se encontró el menor número de individuos y especies 441 y 50, respectivamente.

En lo que respecta a la Diversidad (H'), esta relaciona la riqueza, el número de individuos por especie y la dominancia para entregar un valor que estima el estado de la comunidad en general, para su cálculo únicamente se utilizaron los datos de los puntos de conteo de radio fijo (Tabla 7.2), el índice de diversidad (H') registró valores entre 3,908 y 2,377 para las microcuencas evaluadas. Los valores obtenidos están entre medios y altos para todas las microcuencas, reportando valores superiores a 2, según la escala de Magurran (1988). Estos resultados evidencian una asociación positiva entre la diversidad de especies de aves y sistemas vegetales evaluados. Siendo el mayor valor de diversidad el que se encuentra en la microcuenca de la quebrada Agua Negra (3,908), entre tanto la microcuenca del río Putumayo en San Francisco presenta el menor valor de diversidad (2,377).

El comportamiento de la comunidad aviar observado a través de la diversidad beta, que mide las diferencias (el recambio) entre las especies de dos puntos o dos tipos de comunidad. Estas diferencias podrán ocurrir en el espacio, cuando las mediciones se hacen en sitios distintos en un mismo tiempo, o en el tiempo, cuando las mediciones se realizan en el mismo lugar pero en tiempos distintos (Moreno & Halffter). En el recambio de especies de acuerdo con el análisis de la similitud, usando el índice de Jaccard, se encontró que las microcuencas de la Zona Andina están más claramente diferenciadas que las demás (Figura 7.1), tanto la Llanura Amazónica como el Piedemonte conforman un gran grupo que se subdivide en tres conjuntos, el primero aso-

Tabla 7.2 Valores de los Índices de Riqueza, Abundancia, Diversidad y Dominancia de la comunidad de aves para las 17 microcuencas evaluadas en el departamento del Putumayo. Basados en Moreno y Halffter (2001)

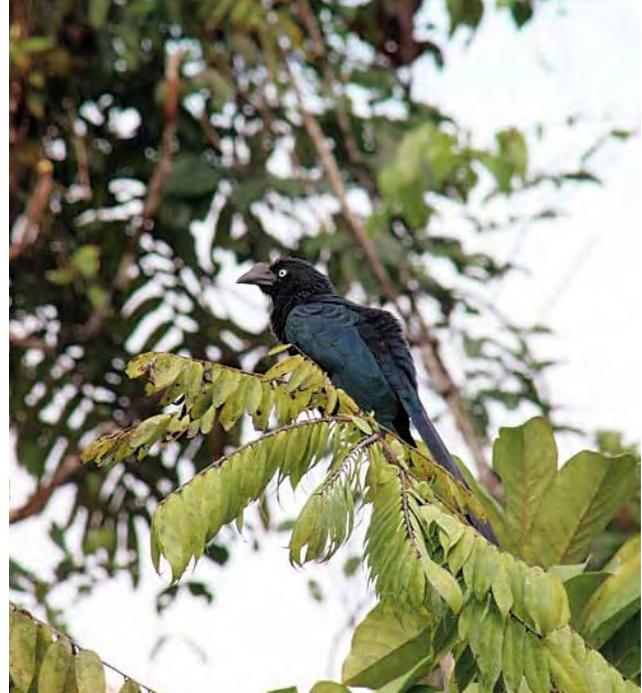
MICROCUENCA	ÍNDICES			
	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	DOMINANCIA
Río Afán	40	214	3,158	0,925
Quebrada Agua Negra	84	547	3,908	0,9681
Río Cocayá	59	382	3,604	0,9621
Río Cohembí	78	436	3,898	0,9702
Caño Bufeó	52	335	3,383	0,9525
Río Achioté	60	334	3,801	0,972
Río Pepino	50	263	3,632	0,9672
Río Guineo	52	253	3,492	0,9513
Río Mocoa	42	323	3,202	0,9316
Quebrada La Hidráulica	25	82	2,824	0,9191
Río Putumayo	31	172	2,377	0,7763
Río San Pedro	19	65	2,637	0,9108
Río San Francisco	28	122	2,84	0,9172
Río El Yarumo	72	156	2,489	8,868
Río Orito	84	200	3,082	0,94
Quebrada La Hormiga	85	225	2,932	0,9173
Quebrada La Güisía	46	47	2,666	0,919

cia las microcuencas del río Yarumo, río Orito, quebrada La Hormiga y el río Guisía que son ríos torrenciales donde con una alta transformación de los ecosistemas naturales, principalmente por la extracción de hidrocarburos y actividad agropecuaria. Otra agrupación se observa en las cuencas del río Pepino, río Mocoa y río Afán, todos ubicados en el piedemonte, son ríos también torrenciales pero con menor intervención de actividades mineras, finalmente el grupo de la quebrada Agua Negra, río Cohembí, río Cocayá, río El Bufeó y el río Guineo a excepción del último, son ríos de aguas lentas meándricos y de fondos lodosos, y sus ecosistemas están más próximos a la Llanura Amazónica, posiblemente permite una mayor movilidad de las aves y compartan las mismas especies.



© David Fajardo / Proyecto MICG

Chango colombiano (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*).



© Yuri Rosero M. / Proyecto MICG

Garrapatero mayor (*Crotophaga major*).

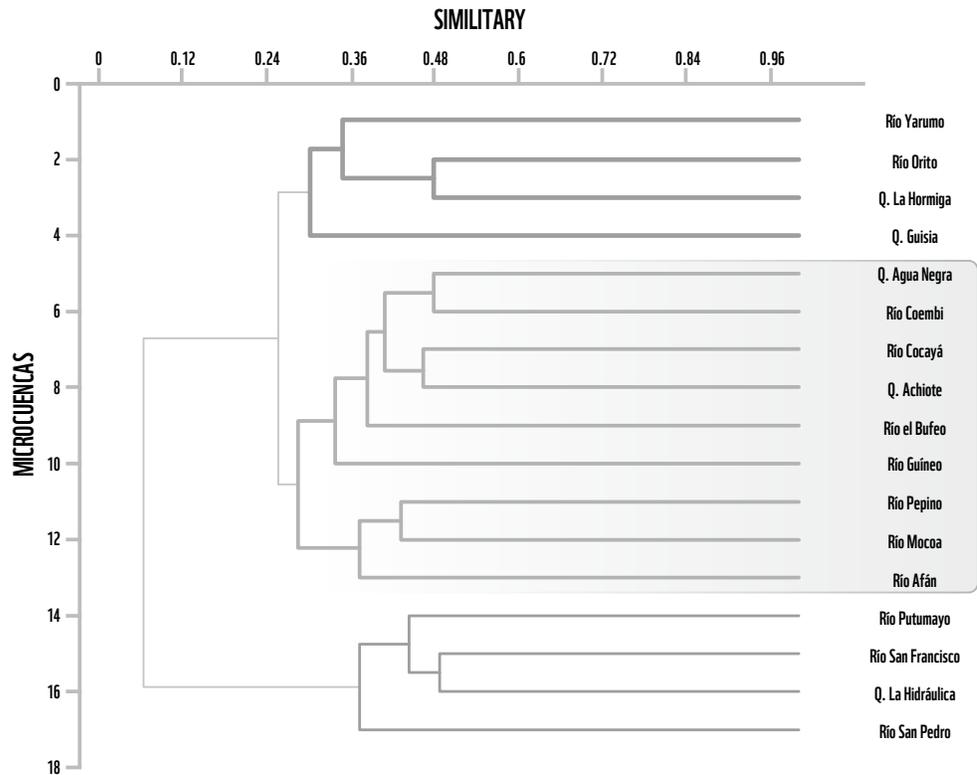


Figura 7.1. Similitud en la composición de especies de aves silvestres entre las microcuencas evaluadas en el departamento del Putumayo.

Fuente: Lombana & Rosero, 2013.

Durante los muestreos se registraron 21 especies que presentan alguno de los criterios considerados para la declaración de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (Renjifo, *et al.*, 2002) ver Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Especies de aves con criterios AICA registradas para las microcuencas evaluadas.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	A1	C01	A2	NEO	A4
<i>Ortalis guttata</i> (Spix) 1825	Guacharaca caribeña			A2	NEO 9	
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert) 1783	Vaco colorado					CO4
<i>Agamia agami</i>	Garza colorada					CO4
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus) 1758	Garcita rayada					CO4
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus) 1758	Garcita del ganado					CO4
<i>Ardea cocoi</i> (Linnaeus) 1766	Garzón azul					CO4
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus) 1758	Garza real					CO4
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul					
<i>Egretta thula</i> (Molina) 1782	Garza patiamarilla					CO4
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	Ibis verde					CO4
<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein) 1823	Coquitos					CO4
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus) 1758	Guala común					CO4
<i>Buteo swainsoni</i> (Bonaparte) 1838	Águila de Swainson					CO4
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina) 1782	Pellar común					CO4
<i>Charadrius collaris</i> (Vieillot) 1818	Chorlito collarejo					CO4
<i>Tringa solitaria</i> (Wilson, A.) 1813	Andarrios solitario					CO4
<i>Pionites melanocephalus</i> (Linnaeus) 1758	Cotorra pechiblanca				NEO 13	
<i>Pionus chalcopterus</i> (Fraser) 1841	Cotorra maicera				NEO 10	
<i>Galbalcyrhynchus leucotis</i> (Des Murs) 1845	Jacamar orejiblanco				NEO 13	
<i>Myiarchus apicalis</i> (Sclater, PL & Salvin) 1881	Atrapamoscas apical			A2		
<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i> (Tarragon) 1847	Chango colombiano	EN	EN	A2		

Fuente: (Lombana y Rosero, 2013). CRITERIOS MUNDIALES: A1. Aves amenazadas a nivel global. A2. Aves con rango restringido. A3. Aves restringidas a biomas. A4. Aves congregatorias. CRITERIOS NACIONALES: CO1. Especies Amenazadas de Colombia. CO2a. Aves casi endémicas. CO2b. Aves de especial interés genético.

En lo que respecta al uso diferencial de los hábitats estudiados, se halló un mayor número de especies asociadas a las áreas de aislamiento (bosques, matorrales y rastrojos asociados a cuerpos de agua), seguido por los sistemas silvopastoriles, áreas de potrero y cercas vivas en la microcuenca Agua Negra (Figura 7.3).



© David Fajardo / Proyecto MICG

Gallito de ciénaga (*Jacana jacana*).

Nº. ESPECIES SISTEMAS EVALUADOS



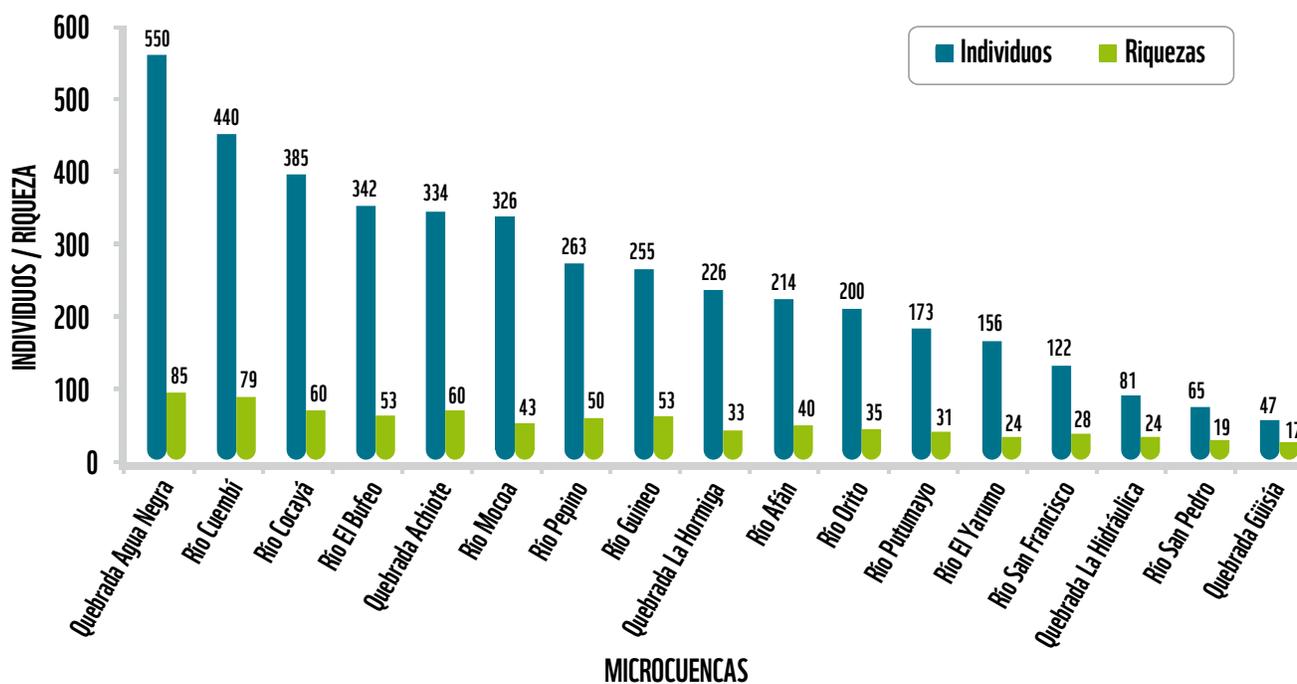
Figura 7.2. Número de especies que hacen uso de los diferentes sistemas vegetales evaluados en las 17 microcuencas del departamento del Putumayo.

Fuente: Lombana y Rosero, 2013.

Discusión de resultados

Composición, abundancia, riqueza, diversidad.

El total de especies registradas para la zona alta (67) representa 41.35% del total de especies registradas para la Cuenca alta del río Putumayo (Corpoamazonia, 2008b). La abundancia, riqueza y diversidad de especies encontradas para cada una de las microcuencas (Figura 7.3), permite evidenciar ciertas diferencias en la estructura y conformación de los hábitats, teniendo en cuenta los procesos de intervención humana, relacionados principalmente con la adecuación de tierras para la implementación de actividades productivas, así como para la ampliación urbana y el desarrollo de megaproyectos.



Fuente (Lombana & Rosero, 2013b)

Figura 7.3. Número de especies e individuos que hacen uso de los sistemas vegetales evaluados en las 17 microcuenas del departamento del Putumayo.

Los valores obtenidos son bajos en riqueza y medios en diversidad, para todas las microcuenas; sin embargo refleja el estado y las características en las que se encuentran las áreas de muestreo. Es importante aclarar que en este no se incluyeron recorridos en la parte plana del valle de Sibundoy, en la cual otros estudios han encontrado un número importante de especies, principalmente acuáticas y migratorias (Corpoamazonia, 2008; Fundación Cipav, *et al.*, 2010; Fundación Cultural del Putumayo, 2006; Fundación Sachamates, 2009).

En general, la abundancia de individuos y riqueza de especies en muchos de los puntos de conteo de cada hábitat fue muy baja. Varias de las especies se detectaron fuera de los puntos de muestreo, lo que evidencia la importancia de incrementar la conectividad en los predios con diferentes tipos de hábitat, principalmente con zonas de bosque, matorrales y rastrojos, en los que se reporta un mayor número de especies.

Estas especies e individuos encontrados para el río Putumayo, lo mismo que el mayor número de especies exclusivas (31 dentro de los puntos de muestreo y 50 en general) puede interpretarse en razón de la proximidad de los predios a zonas extensas de bosque y a la heterogeneidad y complejidad del paisaje; sin embargo, en el área es evidente el desplazamiento de muchas especies de aves, debido a los impactos generados por la actual construcción de la variante San Francisco Mocoa.

Los bajos valores de riqueza y abundancia de aves en las microcuenas La Hidráulica y San Pedro pueden explicarse por el mayor deterioro del hábitat en ambos sitios de muestreo, en donde hay amplias zonas de potrero y de cultivos muy cercanas a las fuentes hídricas. Por otra parte, allí se encontró una significativa pérdida de árboles en los sistemas silvopastoriles y procesos activos de deforestación y extracción minera.



Jacamar orejiblanco (*Galbalcyrhynchus leucotis*).

© Yuri Rosero M. / Proyecto MICG



Arrendajo común (*Cacicus cela*).

© David Fajardo / Proyecto MICG

Todas estas características permiten a la vez explicar la similitud encontrada entre las microcuencas en cuanto a condiciones biofísicas y manejo cultural.

En la zona de piedemonte, se observó un comportamiento similar en las comunidades de aves en cada una de las microcuencas evaluadas. Sin embargo, la composición de la comunidad presente es diferente, demostrando que la variedad de especies refleja de manera representativa la alta biodiversidad presente en cada una de las microcuencas y sistemas vegetales evaluados.

Todos los puntos de muestreo presentaron una alta diversidad, destacándose la microcuenca del río Pepino como el punto con el mayor valor (3,632); esto puede explicarse por la oferta florística encontrada en la zona, lo cual deja ver que las estrechas y múltiples asociaciones entre aves y plantas tienden a favorecer la colonización y aprovechamiento de los diferentes hábitats.

Adicional a esta circunstancia natural se presenta el efecto de intervención antrópica que se evidencia en la ampliación de la frontera agrícola y ganadera que están invadiendo y transformando los ecosistemas. Los resultados obtenidos revelan un gran potencial avifaunístico presente en el piedemonte del departamento del Putumayo.

Las diferencias obtenidas en cuanto a la abundancia, riqueza y diversidad de especies encontradas en cada una de las microcuencas de la Llanura Amazónica pueden relacionarse, al igual que en la Zona Andina y en el Piedemonte, con el estado de los hábitats en los puntos de muestreo y en general a las condiciones actuales del uso del suelo. En todas las microcuencas se evidenciaron procesos de cambio en la estructura y conformación de los hábitats, causados principalmente por la producción ganadera, la extracción de petróleo, los cultivos ilícitos, la quema de oleoductos, los derrames de petróleo y las fumigaciones, ya que estos procesos ocasionan la pérdida de coberturas vegetales y de la fauna asociada a ellas.

En las cuatro microcuencas de la Llanura Amazónica se obtuvieron valores bajos de riqueza. Los mayores valores, tanto de riqueza como de abundancia correspondieron a la quebrada La Hormiga, seguida del río Orito. Ambas microcuencas presentan zonas dedicadas a la ganadería próximas a amplias zonas de bosque o algunos sistemas de arborización que permiten la coexistencia de diferentes especies de aves. En cuanto al río Yarumo, actualmente está afectado por la quema constante del oleoducto, que ha presentado la pérdida de la cobertura vegetal en varias zonas, lo cual incide en los resultados obtenidos. Para el caso de la quebrada La Güisía, por problemas de orden público, no se lograron establecer todos los puntos de muestreo, por lo que los menores valores de abundancia, riqueza y diversidad obtenidos deben tomarse con cautela.

De manera general, las diversidades medias y altas pueden deberse en gran medida a las variadas características fisiográficas que presentan estas zonas. Igualmente, es importante tener en cuenta que es una característica propia de las comunidades de altitudes bajas el presentar riquezas e índices de diversidad altos y una baja dominancia, mientras que las comunidades de zonas más altas presentan mayor dominancia, menor riqueza, menor diversidad y una frecuencia de individuos más alta (Acosta y Rivadeneira, 2003; Fagua, 1999; Palacios y Constantino, 2006).

Uso y aprovechamiento de hábitat

Las especies de la comunidad de aves presentes en cada una de las 17 microcuencas evaluadas, fueron encontradas haciendo uso de los diferentes sistemas vegetales (aislamiento, potrero, silvopastoril y cerca viva) (Tabla 7.4). Todos los sistemas vegetales ofrecen recursos potenciales que las aves pueden aprovechar. Si alguna de las especies comparten parte del mismo recurso, por ejemplo, dietas similares, reproducción, altura de forrajeo, entre otras, la distribución de las aves puede verse afectada por la oferta de recursos y por la preferencia que cada especie tenga (Camacho, 2007).

Tabla 7.4. Número de especies registradas en cada sistema vegetal, en las 17 microcuencas del departamento del Putumayo. Convenciones: A= Aislamiento, P= Potrero, SSP= Sistema silvopastoril, CV= Cerca viva.

ZONA	MICROCUENCAS	SISTEMA VEGETAL EVALUADO				TOTAL SP
		A	P	SSP	CV	
Zona Andina	Río Putumayo	12	10	18	0	31
	Río San Francisco	16	13	11	0	28
	Río San Pedro	11	8	8	0	19
	Q. La Hidráulica	20	9	0	0	35
Zona de Piedemonte	Quebrada Achiote	30	28	25	0	60
	Río Cocayá	34	28	21	0	60
	Río Guineo	24	28	6	0	53
	Río Mocoa	20	30	6	0	46
	Río Pepino	29	28	0	0	50
	Río Afán	18	18	11	0	40
Llanura Amazónica	Río Orito	23	14	19	0	35
	Río Cohembí	38	38	45	0	79
	Q. Agua Negra	47	30	43	35	85
	Río El Yarumo	12	11	9	0	24
	Q. La Hormiga	25	15	14	0	33
	Quebrada Güisía	8	9	5	0	17
	El Bufo	34	27	20	0	53

No obstante lo anterior, las zonas de aislamiento en la mayoría de las microcuencas, albergan el mayor número de especies, hecho que puede fundamentarse en la oferta permanente de alimento que presentan estas zonas, generalmente correspondientes a franjas de bosque primario y secundario, rastrojos y coberturas vegetales de protección de las fuentes hídricas, en las cuales predominan especies florísticas de las familias Rubiaceae, Melastomataceae, Lauraceae, Euphorbiaceae y Asteraceae, que ofrecen una buena oferta de recursos como frutos y néctar, además de insectos, permitiendo la presencia de especies aviarias propias de familias representativas como colibríes (Trochilidae), atrapamoscas (Tyrannidae) y fruteros (Thraupidae), reportadas para todas las microcuencas como las familias con mayor número de especies registradas.



Cotorra cheja (*Pionus menstruus*).

© David Fajardo / Proyecto MICG

En los sistemas silvopastoriles se registraron nueve especies exclusivas, lo cual sugiere que este tipo de sistemas tiene un gran potencial para la conservación de la avifauna. Los sistemas silvopastoriles proveen un importante apoyo a las actividades de conservación de plantas y animales silvestres en los paisajes antrópicos. La disponibilidad de alimento para muchas especies en estos sistemas es considerable y la compleja estructura de la vegetación provee sitios de anidación para muchas otras, lo mismo que mejor protección contra depredadores que sistemas agropecuarios más simples, como es el caso de las extensas áreas de potrero donde el número de especies de aves registradas fue menor y en muchos casos su presencia se debe a la existencia de formaciones vegetales y cultivos cercanos o de estructuras físicas que sirven de percha para algunos individuos que frecuentan las pasturas y que contribuyen principalmente al control de plagas (*Tyrannus melancholicus*, *Sayornis nigricans*, *Serpophaga cinerea*, *Zonotrichia capensis*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Phyrocephalus rubinus*, *Turdus fuscater* y *Rupornis magnirostris*).



Perico carisucio (*Aratinga pertinax*).

© David Fajardo / Proyecto MICG

Para el caso de algunos potreros evaluados en la Zona de Piedemonte, estos estaban asociados a bordes de bosque, rastrojos y estratos arbustivos, como también árboles dispersos que son utilizados por algunas aves como sitios de descanso o de paso. Estos últimos favorecen el registro de un mayor número de especies para estos sistemas, incluyendo frugívoros medianos e insectívoros grandes de dosel de bosque como el gallito de roca (*Rupicola peruvianus*), el pichí banda roja (*Pteroglossus castanotis*) y el carpintero real (*Dryocopus lineatus*).

En la quebrada Agua Negra se registraron 85 especies que hacen uso de los sistemas silvopastoriles establecidos desde 2010. El mayor número de especies fue registrado para los aislamientos o bosques (45), seguido por los sistemas silvopastoriles (43). Los potreros y cercas vivas tuvieron una riqueza notablemente menor (30 y 35 especies respectivamente). Estos resultados reflejan el buen estado y manejo adecuado de los sistemas vegetales por parte de los beneficiarios del proyecto.

Los resultados obtenidos en cada una de las microcuencas evaluadas indican que con el establecimiento de sistemas silvopastoriles, aislamientos y cercas vivas, se pueden incrementar tanto el número de individuos como la riqueza de especies de aves en los predios ganaderos. El incremento del número de especies en zonas como las microcuencas Agua Negra y Cohembí, puede estar relacionado con la forma en que se manejan los sistemas silvopastoriles y la altura que se alcanzó en el componente arbóreo, ya que esto pudo crear condiciones propicias para la actividad de las aves que se asocian a sistemas con árboles, relacionado con el incremento del número de estratos vegetales y con la presencia de un estrato medio de arbustos, ya que crean las condiciones propicias para el establecimiento de especies que no encuentran refugio en los sistemas de monocultivos o extensos pastizales. De la misma manera, la presencia de las cercas vivas facilita el movimiento de varias especies, provee un hábitat adecuado para numerosas especies nativas (Lynch, 1989; Murgueitio y Calle, 1999) y reduce el efecto negativo del establecimiento de pastizales sobre las aves (Harvey, *et al.*, 2000; Saab y Petit, 1992).



Cotorra pechiblanca (*Pionites melanocephalus*).
Agua Negra - Puerto Asís.

© Yuri Rosero M. / Proyecto MCG

Los sistemas vegetales o silvopastoriles parecen jugar un papel determinante, no solamente en la conservación de especies de pájaros residentes, sino también en la conservación de muchas especies que migran. Numerosos estudios (Lynch, 1989; Powell, *et al.*, 1992) sugieren que un subgrupo de estas especies migratorias es capaz de usar los sistemas ganaderos y que las pasturas con árboles aislados constituyen mejor hábitat que las pasturas abiertas donde faltan sitios de perchas.

Presencia de especies de interés especial

A través de este estudio se logró documentar la importancia de las microcuencas como reservorios de la diversidad biológica a nivel local, no solo porque albergan y ofrecen diferentes recursos a un número importante de las especies de aves, sino también porque juegan un papel primordial permitiendo el establecimiento de especies florísticas y de otras especies de fauna.

En la Zona Andina se encontraron 12 especies incluidas dentro de algunas de las categorías AICA (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves) y se determinó la presencia de una especie migratoria boreal (la reinita naranja *Dendroica fusca*) y de dos especies con algún grado de amenaza a nivel nacional (el pato pico de oro, *Anas georgica* y el terlaque pechiazul, *Andigena nigrirostris*).

Del total de especies de aves encontradas en la Zona de Piedemonte, 19 merecen especial atención por estar incluidas dentro de los criterios de las categorías AICA. La mayoría de estas especies corresponden a especies gregarias (CO4 especies con rango restringido para el norte de la Amazonia y norte de los Andes). De estas, una especie, el chango colombiano (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*) está además, incluida en una categoría de amenaza de la UICN.

En la Llanura Amazónica se hallaron 16 especies incluidas dentro de algunas de las categorías AICA y 7 migratorias. La presencia de estas especies permite reconocer la representatividad de ecosistemas, importancia para la conservación en las regiones de Orito y Valle del Guamuez, por su estructura biofísica, que requiere la ejecución de procesos de planificación orientados a su mantenimiento, ampliación y restauración.

Para la microcuenca del río Bufeo se registraron 10 especies que presentan algún criterio de las categorías AICA. Como era de esperarse por las características fisiográficas de la zona se encontró en ella un mayor número de especies gregarias y una especie con distribución restringida (A2), la guacharaca moteada (*Ortalis guttata*).

Es importante resaltar que tanto la Zona de Piedemonte como la Llanura Amazónica albergan poblaciones significativas de especies que tienen un especial interés por su actual condición de amenaza a nivel nacional y global. La presencia de estas especies en los sitios de muestreo es una clara evidencia de la importancia de estos para la conservación de las aves.



© David Fajardo / Proyecto MICG

Monjita Piquirroja (*Monasa nigrifrons*) - Puerto Asís.

Aves que realizan algún tipo de migración

Colombia es un lugar de paso obligado para la mayoría de las especies migratorias neárticas que visitan Suramérica, lo mismo que un sitio de invernada para migratorias australes. En Colombia se han reportado 1.958 registros de aves migratorias, con un total de 154 especies más 30 especies divagantes en 85 de las 106 IBA identificadas en este país (BirdLife International y Conservation International, 2010).

Para las 17 microcuencas evaluadas en la Zona Andina, Piedemonte y Llanura Amazónica, se encontraron 24 especies migratorias (Tabla 7.5) que representan el 5% del total de especies registradas y el 7,6% de las aves que realizan algún tipo de migración en Colombia (Naranjo y Amaya, 2009).

Tabla 7.5. Lista de especies de aves migratorias presentes en las nueve microcuencas evaluadas y tipos de migración para cada especie. Migración: Lat: Latitudinal. Alt: Altitudinal. Trans: Transfronterizo. Loc: Local. Según el Plan Nacional de las Especies Migratorias (Naranjo y Amaya, 2009)

No.	ESPECIE	TIPO DE MIGRACIÓN			
		LAT	ALT	TRANS	LOC
1	<i>Bubulcus ibis</i>	x		x	x
2	<i>Ardea alba</i>	x		x	
3	<i>Anas georgica</i>	x		x	
4	<i>Egretta thula</i>	x		x	x
5	<i>Cathartes aura</i>	x		x	
6	<i>Elanoides forficatus</i>	x		x	
7	<i>Buteo swainsoni</i>	x		x	
8	<i>Porphyrio martinica</i>	x		x	
9	<i>Tringa solitaria</i>	x		x	
10	<i>Patagioenas fasciata</i>		x		x
11	<i>Patagioenas subvinacea</i>		x		x
12	<i>Andigena nigrirrostris</i>				x
13	<i>Florisuga mellivora</i>		x		x
14	<i>Elaenia parvirostris</i>	x		x	
15	<i>Mionectes oleagineus</i>		x		x
16	<i>Myiozetetes similis</i>		x		x
17	<i>Myiodynastes maculatus</i>	x		x	
18	<i>Tyrannus melancholicus</i>				x
19	<i>Vireo olivaceus</i>	x		x	
20	<i>Progne tapera</i>	x		x	
21	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	x		x	
22	<i>Dendroica petechia</i>	x		x	
23	<i>Dendroica fusca</i>	x		x	
24	<i>Setophaga ruticilla</i>	x		x	

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS ASOCIADOS A LAS MICROCUENCAS

Por: Santiago R. Duque,
Néstor Ned Torres-Zambrano,
Felipe Arteaga, David Fajardo,
Andrés Coral y Miller Vallejo¹.

literatura gris, producto de los estudios de evaluación ambiental requeridos por entidades gubernamentales como son las Corporaciones. Afortunadamente Serrato (2008) y Serrato y Duque (2008) hacen una síntesis de estudios en la región del Piedemonte Amazónico de los departamentos del Caquetá, Cauca (sector de la bota caucana) y Putumayo, donde hay mayor densidad poblacional y mayor actividad antrópica.

En la región amazónica, el conocimiento de los invertebrados acuáticos es aún escaso. Los pocos trabajos conocidos corresponden a lo que se llama

Los estudios que generalmente se realizan para evaluar la calidad de las aguas en los sistemas acuáticos son basados en el análisis de los parámetros físicos y químicos y bacteriológicos para diversas regiones (Alba-Tercedor, 1996; Domínguez y Fernández, 1998; Prat, *et al.*, 2009; Roldán, 1999; Zúñiga y Cardona, 2009). Sin embargo, el incremento de nuevos productos contaminantes y cambios en el uso del suelo debido al aumento de la población humana, programas de desarrollo gubernamental que acarrear deforestación, extracción de los recursos naturales, minería, modificaciones en el canal de los ríos, aumento de la sedimentación y el vertimiento puntual de residuos orgánicos y químicos en el tiempo (Couceiro, *et al.*, 2012; Domínguez y Fernández, 1998; Meza, *et al.*, 2012; Moya *et al.*, 2011; Roldán, 1999), hacen necesarias metodologías que reflejen la situación real del sistema (Alba-Tercedor, 1996). Por tanto, seguir teniendo en cuenta solo los datos físicos y químicos no basta para comprender las transformaciones que puedan estar ocurriendo a los ambientes acuáticos.

Las técnicas utilizadas para indicar la calidad del agua basadas en los macroinvertebrados acuáticos son eficaces para la detección de puntos de alteración ya que estos organismos manifiestan distintos grados de tolerancia a la contaminación acuática. Por otra parte, el monitoreo de estos organismos es conveniente porque son visibles gracias a su tamaño, sencillos de coleccionar con técnicas estandarizadas, tienen ciclos de vida largos que permiten detectar alteraciones en el ambiente, su riqueza y diversidad es alta y se conoce su sensibilidad a diferentes condiciones (Alba-Tercedor, 1996; Merritt y Cummins, 1996; Pinilla, 1998; Prat, *et al.*, 2009; Roldán, 1999; Zúñiga y Cardona, 2009).

Es importante tener en cuenta que tras una perturbación, estos organismos necesitan un tiempo mínimo de recolonización que va desde un mes, permitiendo detectar los efectos de la contaminación en el ambiente tiempo atrás de la toma de las muestras, mientras que valorando solamente los parámetros físicos y químicos, se evalúa el instante de muestreo sin detectar las alteraciones en el tiempo, así como el establecimiento de su estado funcional (Alba-Tercedor, 1996; Pinilla, 1998; Roldán y Ruiz, 2001; Segnini, 2003).

1. Consultores Proyecto MICG.
masalgas@hotmail.com
nestorned@gmail.com
felipearteaga@hotmail.com
david.fajardo1@gmail.com
andrescoral80@hotmail.com
mvallejo86@hotmail.com



© Andrés Coral H. / Proyecto MICG

Toma de muestras de temperatura, río San Pedro, municipio de Colón.

Al momento de evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos, se debe referir a la “calidad biológica”, ya que cuando se considera un medio como de buena calidad, se refiere a que presenta unas características particulares que permiten el establecimiento y desarrollo de ciertas clases de organismos (Alba-Tercedor, 1996): esta calidad se complementa en las variables ambientales (físicas y químicas) obteniendo finalmente las herramientas necesarias para formular las medidas de protección y/o restauración de las áreas de influencia susceptibles de intervención antrópica (Couceiro, *et al.*, 2012; Rosenberg y Resh, 1993; Serrato, 2008; Zúñiga y Cardona, 2009).

Antecedentes

La mayoría de los estudios realizados en Colombia acerca de los bioindicadores muestran que los organismos pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera, y Plecoptera (Clase: Insecta) son los más sensibles a la contaminación de las aguas, seguidos de los órdenes Coleoptera, Hemiptera (Insecta) y Decapoda (Clase Crustacea), entre otros (Pinilla, 1998; Roldán, 2003; Zúñiga y Cardona, 2009; Zúñiga, 2001). Por otro lado, los organismos que pertenecen a las familias Chironimidae, Stratiomyidae, Tipulidae (Orden: Diptera), órdenes Basommatophora (Clase: Gastropoda) y Rhynchobdellida (Clase: Hirudinea), son los más tolerantes a las alteraciones del medio acuático (Pinilla, 1998; Roldán, 2003; Zúñiga y Cardona, 2009; Zúñiga, 2001).

Lo anterior puede variar según la región, el tipo de sistema, las características de la cuenca y el régimen de lluvias. Esta variación se evidencia en la disponibilidad y tipo de hábitat (Zúñiga y Cardona, 2009), alimento y refugio para los diferentes grupos de organismos que dependen del material alóctono (hojarasca principalmente) proveniente de las áreas boscosas específicamente de las partes altas en ríos de montaña (Vannote, *et al.*, 1980). Por otro lado, los sistemas de las zonas de llanura en las partes bajas, específicamente las zonas de la región amazónica, presentan

una dinámica dependiente de la planicie inundada (Junk, *et al.*, 1989), en donde la entrada, descomposición y procesamiento de la materia orgánica alóctona es la base trófica fundamental para los organismos (Beltrán-Tolosa, 2003; Currea-Dereser, 2006; Rueda-Delgado, *et al.*, 2006).

Consecuentemente, los organismos se distribuyen a lo largo de un sistema acuático dependiendo de las condiciones que se presenten en cada hábitat, de modo que las adaptaciones morfo-comportamentales de los macroinvertebrados en aguas corrientes reflejan el tipo y ubicación de los recursos alimenticios según el orden del río (*River Continuum Concept- RCC*) (Currea-Dereser, 2006; Vannote, *et al.*, 1980). Así, en las cabeceras de los ríos de montaña predominan los grupos trituradores, en donde hay mayor presencia de material grueso (hojarasca), seguido del material particulado que se encuentra más abajo (cuenca media) en donde predominan los grupos raspadores y filtradores, para finalmente encontrar grupos colectores y detritívoros que predominan en la zona baja del curso acuático (Currea-Dereser, 2006; Vannote, *et al.*, 1980).

No obstante lo anterior, en el neotrópico el concepto no se cumple del todo, ya que los grupos trituradores reducen su presencia y tamaño. Además, en la Zona Amazónica la irregularidad de las lluvias y su efecto de inundación (disturbio intermedio en arroyos) (Currea-Dereser, 2006) dificultan la posibilidad de explicar la distribución y estructura de los macroinvertebrados asociados a procesos de descomposición (Covich, 1988; Currea-Dereser, 2006; Rosemond, *et al.*, 1998; Wantzen y Wagner, 2006).

Los estudios de invertebrados acuáticos en la Zona del Piedemonte Amazónico y especialmente en el departamento del Putumayo, son escasos (Serrato y Duque, 2008), presentándose condiciones ambientales particulares que permiten el establecimiento de diferentes clases de organismos.

En la revisión de información secundaria, se hallaron estudios sobre invertebrados acuáticos en zonas adyacentes al área de interés en este trabajo: las monografías de Serrato (2008) y Serrato y Duque, (2008) relacionan los diferentes estudios que se han realizado en el sector de Piedemonte Amazónico de los departamentos de Cauquetá, Cauca y Putumayo, en donde se han hallado 17 géneros pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera, los cuales están incluidos entre los 42 reportados para Colombia y dentro de los 83 para Suramérica (Dominguez, *et al.*, 2002; Hubbard, 1982; Zúñiga, 2001).

Los mismos autores consideran que la tendencia observada a nivel regional es la presencia de un complejo de especies indicadoras de buena calidad de las aguas, con una ligera reducción en la riqueza hacia la zona occidental (cuenca alta del río Mulato). Igualmente destacan que los microtrichopteros del género *Ochrotrichia* son los únicos reportados para el Putumayo (Aguirre, *et al.*, 1999). Los índices de calidad analizados por Serrato (2008) y Serrato y Duque, (2008) muestran que de acuerdo a la clasificación obtenida, se presenta buena calidad de agua en las cuencas altas o en sectores poco intervenidos, pero esta calidad se reduce cuando se observa un impacto negativo en la calidad del agua y por tanto, en los grupos de la fauna bentónica

Muestreo con red Surber, río Guineo, vereda La Esperanza, municipio de Villagarzón.



© Felipe Arteaga Z. / Proyecto MICG

que allí se presenta. Un caso extremo lo marcan las transformaciones de la física y química del agua, del sustrato y hasta del lecho del río o arroyo como ocurre en la desembocadura de la quebrada La Perdiz en Florencia (Serrato, 2008).

Para la parte alta de la cuenca del Putumayo se encontró un estudio para el plan de manejo ambiental de los humedales del valle de Sibundoy (Fundación Cultural del Putumayo, 2006), en donde se incluyeron los macroinvertebrados como parte de la fauna caracterizada, encontrando que todos los sitios muestreados presentan estructuras con baja abundancia de organismos, muy baja diversidad y en consecuencia la calidad biológica hídrica de estos humedales se valora entre crítica y aceptable según el BMWP.

Metodología

Para la captura de macroinvertebrados acuáticos se usaron dos metodologías, una cualitativa, que usa una red de pantalla de 560 micras de ojo de malla y otra cuantitativa, que utilizó una red Surber de igual medida de ojo de malla.

Para fuentes hídricas abastecedoras de acueductos municipales o veredales se hicieron 3 réplicas del muestreo (tres con red de pantalla y tres muestreos con red Surber) 50 m aguas arriba del punto de captación y el mismo procedimiento 50 m aguas abajo, fijando como punto central del área de estudio las bocatomas de los acueductos municipales o de asentamientos humanos.

Para fuentes que aún no poseen captación para uso en acueductos municipales o de asentamientos humanos, se aplicó este mismo procedimiento aproximadamente 500 m aguas arriba, después de la última fuente contaminante evidente en donde se procedió a realizar un muestreo con 3 réplicas usando red de pantalla y 3 réplicas con red Surber y 100 m aguas arriba el mismo procedimiento.

Las muestras en alcohol se fijaron al 70%, se rotularon con los datos de campo específicos para cada punto de muestreo por microcuenca y fueron llevadas al laboratorio donde se separaron para su determinación taxonómica, de acuerdo con los

Muestreo red de pantalla,
bocatoma río Yarumo,
municipio de Orito.



registros taxonómicos para Colombia y el neotrópico. Los especímenes resultantes se organizaron mediante los protocolos estandarizados de una colección de referencia para ser incluidos en la respectiva colección avalada en Colombia por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Los puntos muestreados fueron georeferenciados y establecidos en una base cartográfica como parte del ejercicio de establecer los protocolos que permitirán realizar el monitoreo en los años siguientes.

Identificación de macroinvertebrados acuáticos

Se colectaron 240 muestras en 19 microcuencas del departamento del Putumayo y de ellas 60 fueron seleccionadas para la identificación, teniendo en cuenta los siguientes criterios: representatividad, una por cada tipo de muestreo, y del sustrato más común en las quebradas.

Una vez separados, se almacenaron los organismos en frascos debidamente etiquetados y fijados en alcohol; se identificaron los especímenes al máximo nivel taxonómico posible, llegando en algunos casos a familia y género, utilizando las claves especializadas disponibles para cada grupo (Domínguez y Fernández, 2009; Fernández y Domínguez, 2001; Merritt y Cummins, 1996; Merritt, *et al.*, 2008; Roldán, 1999).

Con la matriz obtenida del inventario de macroinvertebrados, se hizo un análisis de bioindicación, utilizando dos índices: EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) para cada cuenca, en donde se determinó, en forma preliminar, la calidad del agua en cada sistema según estos organismos analizados. El método EPT se basa en el porcentaje del número de individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en estado inmaduro, sobre el número total de familias de macroinvertebrados ($EPT/Total\ familias \times 100$; Serrato 2008)

Identificación de muestras de macroinvertebrados, laboratorio Mocoa.



© David Fajardo / Proyecto MICG

El índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) realiza la sumatoria de las familias encontradas proporcionando un puntaje total del índice para la clasificación final del estado del sistema y su significado según la calificación BMWP. El resultado de esta sumatoria, se confrontó con una tabla que posee rangos con valores que oscilan desde 0 hasta 120 o más. Cada rango permite establecer la calidad del agua (clase) y su significado. Además, cada clasificación relaciona la calidad con colores, para facilitar la visualización del estado de las aguas.

Para la adaptación y aplicación del índice BMWP se tomaron como base las modificaciones hechas por Zamora-Muñoz, *et al.*, (1995) Zamora-Muñoz (1995), Zúñiga (2001) y Serrato (2008) para la región de Piedemonte Amazónico. En este índice, a cada familia de macroinvertebrados identificados en cada punto, se le asignó un valor entre 1 y 10, en función de su tolerancia a un tipo de contaminación y apoyo de resultados físicos y químicos de cada localidad. El valor 1 comprende a familias que tienen sus hábitats en aguas muy contaminadas y 10 a familias que no toleran la contaminación Serrato (2008).

Metodología para toma de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos

El establecimiento de la línea base de biodiversidad por medio del monitoreo de macroinvertebrados bentónicos en las 19 microcuencas de interés del proyecto, contempló la importancia de generar información relacionada con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua en estudio, de esta manera, se procedió con la toma de muestras de agua y su respectivo análisis de los parámetros descritos, los cuales se desarrollaron en Laboratorio de Análisis de Aguas L.A.A.C. en el Centro Experimental Amazónico (CEA) de Corpoamazonia.

Para la toma de muestras de agua se aplicaron los protocolos impartidos por Corpoamazonia, con el fin de garantizar la cadena de custodia que asegura la trazabilidad y la confiabilidad de las muestras (Colombia, 1984, 2010; Corpoamazonia, 2010). Para cada una de las muestras se analizaron parámetros como oxígeno disuelto, pH, color, temperatura, entre otros (Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Parámetros evaluados para análisis fisicoquímicos y microbiológicos

ÍTEM	PARÁMETRO	ÍTEM	PARÁMETRO
1	Oxígeno disuelto	11	SST
2	pH	12	Nitratos
3	Color	13	Nitritos
4	Temperatura	14	Hierro
5	Conductividad	15	Dureza total
6	Turbidez	16	Cloruros
7	DBO ₅	17	Fósforo
8	DQO	18	Aceites y grasas
9	SD	19	Coliformes totales
10	SS	20	Coliformes fecales

Se tomaron las muestras de agua en los mismos lugares donde se monitorearon macroinvertebrados bentónicos, extrayendo la muestra al final del mencionado monitoreo, siguiendo los siguientes pasos:

Aprestamiento

Consistente en la recepción de envases de vidrio de 300 cc, previamente esterilizados en autoclave, que se utilizaron para muestra de análisis microbiológico, consecución de envases plástico con tapa de 1500-2000 cc, limpio, libre de residuos líquidos, empleado también para muestra de análisis fisicoquímico. La conservación de la red de frío es atendida por el uso neveras de poliestireno expandido EPS (icopor), hielo comercial en bloques de 1 kg o similar, termómetro, cinta de embalaje y etiquetas.

Toma de muestra

Una vez en la fuente hídrica se tomaron las dos muestras en contracorriente y sin afectar o remover el sustrato de la fuente para no contaminar la muestra microbiológica, la cual se hizo destapando el recipiente dentro de la columna de agua a una profundidad media de unos 30 cm y dejando un espacio sin agua dentro del recipiente de unos 2 cm. Para la muestra fisicoquímica se purgó el recipiente enjuagándolo tres veces con el agua de la fuente a muestrear, para luego tomar la cantidad de agua que se envió a laboratorio.

Etiquetado

Luego de extraer la muestra, se etiquetaron los recipientes con los datos exigidos por el laboratorio (Tabla 8.2).



© Felipe Arteaga Z. / Proyecto MICG

Toma de muestras de macroinvertebrados acuáticos, río Afán, Mocoa.

Tabla 8.2. Ficha técnica muestreo de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos, río Tamauca.

ÍTEM	EJEMPLO
Lugar y fecha	Mocoa 06.11.2012
No. muestra	20
Persona/Entidad solicitante	WWF-Mocoa
Municipio	Santiago
Departamento	Putumayo
Punto o sitio de muestreo	Bocatoma acueducto municipal
Nombre del cuerpo de agua	Río Tamauca
Responsable de muestreo	Andrés Coral Herrera
Hora de muestreo	11:30 a.m.
Condiciones ambientales de zona	Día nublado, cauce normal
Hora de entrega a laboratorio	06:15 p.m.
Temperatura del agua en °C	14
Observaciones	Área de influencia ganadera

Red de frío

Una vez etiquetadas las muestras, se depositaron en la nevera de icopor, tapándolas con el hielo antes de sellar la nevera y roturarla para su envío al laboratorio. En caso de transectos largos donde era necesario transportar la muestra por varias horas como el caso del municipio de Leguízamo o Valle del Guamuez, se hizo un registro de la temperatura de la nevera antes de remplazar el agua con hielo fresco. En los casos más extremos, la temperatura interna de la nevera antes del recambio osciló entre 4,5 y 12 °C.

Resultados del monitoreo de línea base macroinvertebrados acuáticos

Datos físicos, químicos y microbiológicos

Se realizó un análisis estadístico descriptivo exploratorio de los datos físicos y químicos de las 19 estaciones de muestreo, que comprendió la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación y los valores mínimos y máximos de cada variable ambiental (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Valores medios, mínimos, máximos, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables físicas, químicas y microbiológicas evaluadas (n=361) en 19 estaciones de muestreo.

VARIABLE	MEDIA	MÍN.	MÁX.	DESVEST	C.V.
Color	21,05	5,00	35,00	8,09	38,44
Turbiedad (unidad)	3,51	0,30	6,14	1,57	44,61
pH	7,36	6,78	8,03	0,33	4,44
Conductividad (µS/cm)	44,53	23,00	66,00	13,03	29,26
Dureza total (mg/l)	15,26	6,00	26,00	5,54	36,27
Cloruro (mg/l)	3,12	0,09	16,00	5,32	170,21
Hierro (Mg Fe/L)	0,21	0,09	0,37	0,09	43,47
Fosfatos (Mg Po ₄ /L)	0,29	0,11	0,46	0,10	35,06
Nitritos (mg/l)	0,06	0,01	0,12	0,04	64,38
Nitratos (mg/l)	1,07	0,02	3,10	1,30	121,52
Temperatura °C	20,62	19,00	21,80	0,66	3,21
Sólidos disueltos (mg/l)	15,95	6,00	31,00	6,68	41,88
Sólidos suspendidos (mg/l)	44,16	26,00	67,00	12,38	28,04
Demanda de oxígeno (mg/l)	3,97	2,00	6,20	1,29	32,45
Demanda de química (mg/l)	12,76	8,00	19,00	3,16	24,72
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,80	3,71	6,20	0,90	18,75
Grasas y aceites (mg/l)	0,43	0,04	0,60	0,17	40,13
Coliformes totales (UFC/100ml)	1317,89	400,00	2200,00	595,20	45,16
Coliformes fecales (UFC/100ml)	618,53	12,00	2200,00	554,12	89,59

Se revisaron los supuestos de normalidad para cada variable aplicando el *test* de Shapiro-Wilk con el programa *Statistica 7*. Las variables Cloruro, Nitrito, Nitratos, Oxígeno disuelto, Grasas totales, Coliformes totales y Fecales no cumplieron los supuestos de normalidad. Por lo tanto, de acuerdo al tipo de distribución y a la intensidad de la asimetría, se transformaron los datos de la variable cloruros con su logaritmo natural (ln) y los nitritos con potencia de 2 (X²). También las variables nitratos, oxígeno, grasas y aceites y coliformes totales y fecales, fueron transformadas, sin obtener su normalización, por lo que fue necesario emplear métodos no paramétricos para su posterior análisis estadístico.

Con el fin de evaluar la independencia de las variables y la fuerza con la que están asociadas, se empleó el coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman (r_s).

Para complementar los análisis realizados con estadística descriptiva, las siguientes figuras muestran los patrones generales observados en los sitios de muestreo para pH, color y turbiedad (Figura 8.1). Es clara la relación positiva del color y la turbiedad, con un valor de $r=0.83$. El pH es sin duda, una variable con menor cambio por tener un CV muy bajo (0.44; Tabla 8.3). Esta variable muestra aguas muy cercanas a la neutralidad con una tendencia en algunos puntos hacia el inicio de la basicidad. En general los tres sectores de estudio (valle de Sibundoy, Piedemonte Andino-Amazónico y Llanura Amazónica) no tienen diferencias importantes para estas variables.

Figura 8.1. Comportamiento del pH, color y turbiedad.

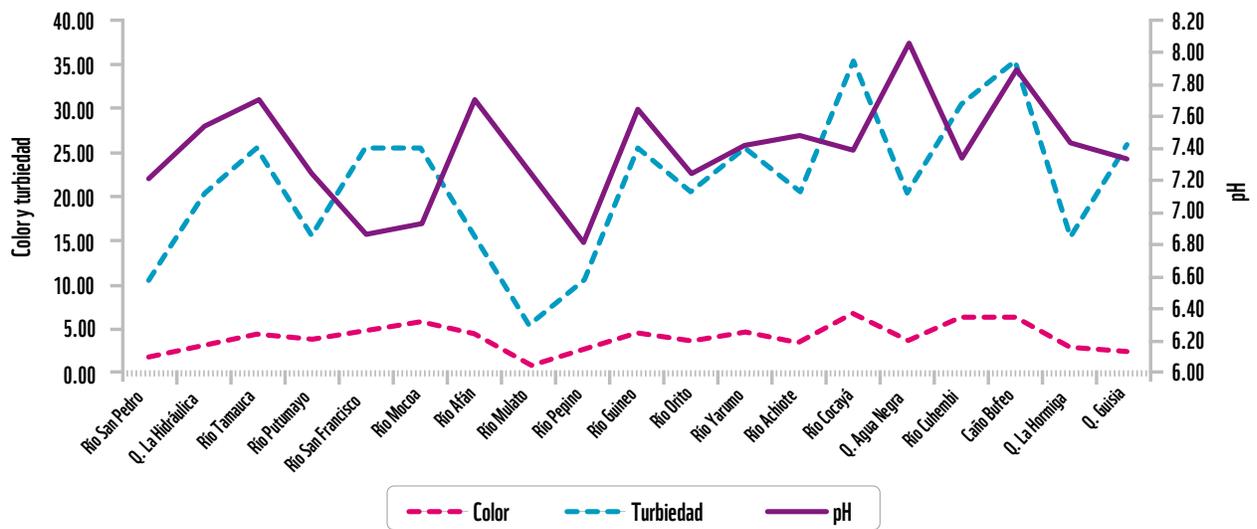
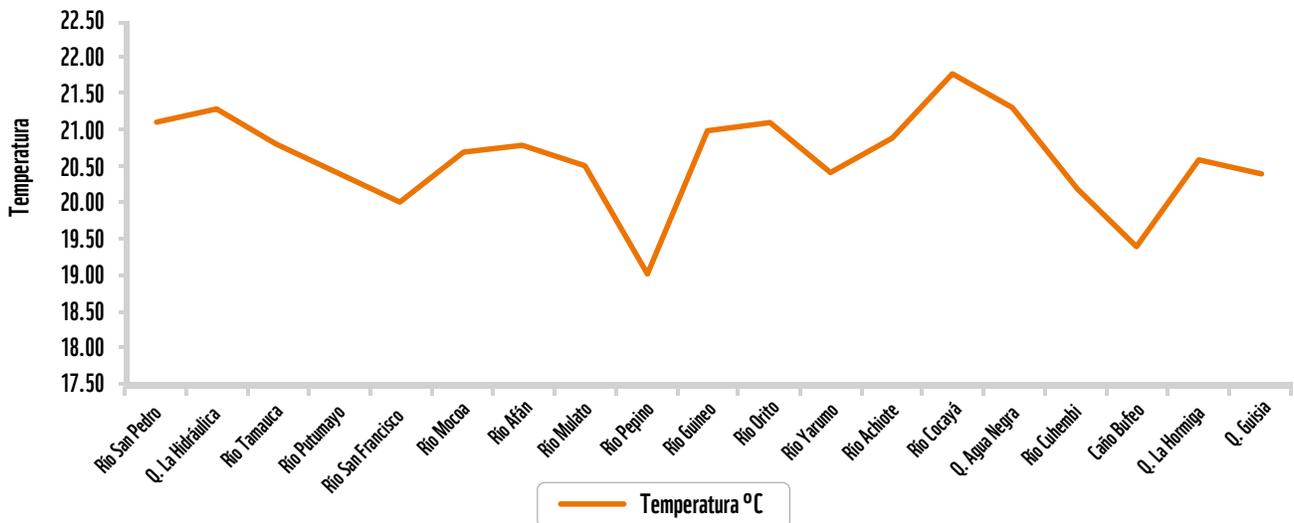
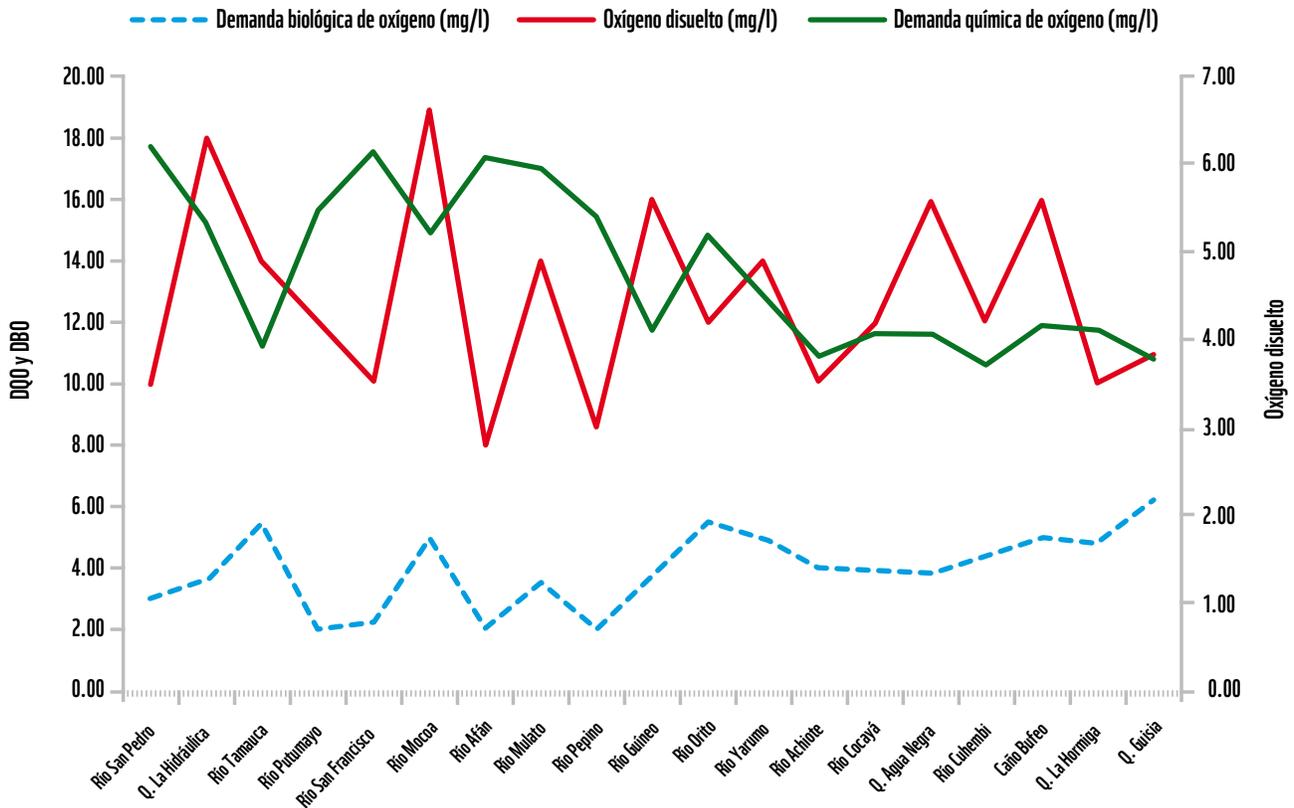


Figura 8.2. Comportamiento de la temperatura.



La interpretación de la carga orgánica que transportan los sistemas estudiados se hizo a través del comportamiento del oxígeno disuelto, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Figura 8.3). El oxígeno alcanza valores más altos a mayor altitud (VS), lo mismo que en la mayoría de los tributarios de Piedemonte y baja en los sistemas de Llanura Amazónica. También, y como era de esperarse, la DQO siempre fue más alta que la DBO, producto del material recalcitrante (de lenta degradación) que se quemara con la lectura de la primera variable.

Figura 8.3. Comportamiento del oxígeno disuelto, la DBO y la DQO.



Calidad de aguas según normas nacionales

Se compararon de manera detallada los datos obtenidos (Tabla 8.3) con las normas nacionales vigentes. En la Tabla 8.4 se observa que ninguna de las variables trabajadas tienen valores que no se ajustan a las normas (Colombia, 1984). En la Tabla 8.4 se presentan en amarillo los datos del estudio y las otras columnas los rangos y datos de la norma. **Artículo 38:** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. **Artículo 39:** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección. **Artículo 40:** Los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola. **Artículo 41:** Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario.

Tabla 8.4. Valores obtenidos en las variables físicas y químicas y su comparación con la norma. En amarillo los datos del estudio y en las otras columnas los rangos y datos de la norma. *No está contemplado en la norma. NPV: No Película visible. NMF: No se acepta materia fecal

VARIABLE	UNIDADES	DECRETO 1594/84 DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO						
		MEDIA	MIN	MAX	ART. 38 ¹	ART. 39 ²	ART. 40 ³	ART. 41 ⁴
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	mg CaCO ₃ /L	15,26	6	26	*	*	*	*
Cloruro (unidad)	mg Cl- / L	3,12	0,09	16	250,0	*	*	*
Hierro (Mg Fe/L)	mg Fe/L	0,21	0,09	0,37	*	*	5,0	*
Fosfatos (Mg Po ₄ /L)		0,29	0,11	0,46				
Nitritos (mg/l)	mg NO ₂ -1/L	0,06	0,01	0,12	10	10	*	10,0
Nitratos (mg/l)	mg NO ₃ -1/L	1,07	0,02	3,1	10,0	10,0	*	100,0
Temperatura °C		20,62	19	21,8				
Sólidos disueltos (mg/l)	mg/L	15,95	6	31	*	*	*	*
Sólidos suspendidos (mg/l)	mg/L	44,16	26	67	*	*	*	*
Demanda de oxígeno (mg/l)	mg O ₂ /L	3,97	2	6,2	*	*	*	*
Demanda de química (mg/l)	mg O ₂ /L	12,76	8	19	*	*	*	*
Oxígeno disuelto (mg/l)	mg/L	4,8	3,71	6,2	*	*	*	*
Grasas y aceites (unidad)	mg/L	0,43	0,04	0,6	NPV	NPV	*	*
Coliformes totales (UFC/100ml)	UFC/100mL	1317,89	400	2200	20000 (NMP)	1.000 microorg. /100ml	≤5000 5	*
Coliformes fecales (UFC/100ml)	UFC/100mL	618,53	12	2200	2.000 (NMP)	NMF	≤1000 5	*

1. Artículo 38: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano y doméstico son los que se relacionan, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.
2. Artículo 39: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección.
3. Artículo 40: Los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.
4. Artículo 41: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario.

Resultados monitoreo de macroinvertebrados acuáticos

En las 19 cuencas se reconocieron cuatro *Phylla* de invertebrados, en los que se encuentran distribuidas 8 clases (Clitellata, Arachnida, Insecta, Malacostraca, Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda y Turbellaria); la clase Insecta presenta el mayor número de órdenes (ocho), familias (40) y géneros (49) identificados; la clase Gastropoda le sigue a la anterior con tres órdenes y 4 familias (Tabla 8.5).

Se registraron hasta 11 órdenes por muestra, de los cuales se identificaron hasta 25 familias y 24 géneros para un total de 9.003 individuos en las 60 muestras revisadas (Tabla 8.6). Fueron registrados hasta 42 grupos diferentes en una sola cuenca, como es el caso del río Tamauca (Tabla 8.5) que incluso es la zona que registra el mayor número de individuos (1.524).

En lo que respecta a riqueza y diversidad taxonómica en las diferentes microcuencas, el índice de riqueza (*S*) obtuvo el mayor valor en el río Tamauca, seguido de la quebrada Hidráulica y quebrada La Hormiga con 42, 38 y 37 taxones, respectivamente (Tabla 8.5). El menor valor de riqueza se presenta en el caño El Bufo con 8 taxones.

El mayor valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvo para el río Yarumo, en donde además se encontró el mayor valor de dominancia según el índice de Simpson (Tabla 8.6).

Según el análisis de equitatividad (*J*), los datos muestran valores cercanos a 1 en la mayoría de los puntos, lo cual quiere decir que las abundancias de los taxones difieren notablemente en cada punto (Tabla 8.7).

Tabla 8.5. Taxonomía general de los invertebrados encontrados en las 19 cuencas.

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO	
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Naididae			
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae			
Arthropoda	Insecta	Arachnida	Acari			
			Coleoptera	Dryopidae		
		Dytiscidae				
		Elmidae				<i>Cylloepus</i> sp.
						<i>Disersus</i> sp.
						<i>Heterelmis</i> sp.
						<i>Hexacylloepus</i> sp.
						<i>Macrelmis</i> sp.
						<i>Microcylloepus</i> sp.
						<i>Phanocerus</i> sp.
						<i>Promoresia</i> sp.
					<i>Pseudodisersus</i> sp.	
					<i>Xenelmis</i> sp.	
		Gyrinidae				
		Hydrophilidae				
		Psephenidae				
		Ptilodactylidae				
		Scirtidae				
		Staphylinidae				
		Diptera	Blephariceridae			
			Ceratopogonidae		<i>Culicoides</i> sp.	
			Chironomidae	Chironominae		
				Orthoclaadiinae		
				Tanypodinae		
			Empididae			
			Psychodidae		<i>Maruina</i> sp.	
			Simuliidae		<i>Simulium</i> sp.	
Tipulidae				<i>Tipula</i> sp.		
				<i>Hexatoma</i> sp.		
			<i>Molophilus</i> sp.			
		<i>Limonia</i> sp.				

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GÉNERO			
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae		<i>Americabaetis</i> sp. <i>Baetodes</i> sp. <i>Camelobaetidius</i> sp.			
			Euthyplociidae					
			Leptohyphidae					
			Leptophlebiidae		<i>Farrodes</i> sp. <i>Terpides</i> sp.			
			Oligoneuriidae		<i>Lachlania</i> sp.			
			Polymitarciidae					
			Hemiptera	Naucoridae		<i>Cryphocricos</i> sp.		
				Notonectidae		<i>Martarega</i> sp.		
				Veliidae		<i>Rhagovelia</i> sp.		
		Lepidoptera						
		Megaloptera	Corydalidae		<i>Corydalis</i> sp.			
			Coenagrionidae		<i>Enallagma</i> sp.			
		Odonata	Gomphidae					
			Libellulidae					
			Platystictidae					
			Polythoridae		<i>Polythore</i> sp.			
			Plecoptera	Perlidae		<i>Anacroneria</i> sp.		
		Trichoptera	Calamoceratidae		<i>Phylloicus</i> sp. <i>Culoptila</i> sp. <i>Protoptila</i> sp.			
				Glossosomatidae		<i>Helicopsyche</i> sp. <i>Hydropsyche</i> sp.		
					Helicopsychidae		<i>Leptonema</i> sp. <i>Macronema</i> sp. <i>Smicridea</i> sp. <i>Metrichia</i> sp.	
			Hydropsychidae			<i>Neotrichia</i> sp. <i>Oxyethira</i> sp. <i>Atanatolica</i> sp. <i>Grumichella</i> sp. <i>Nectopsyche</i> sp. <i>Oecetis</i> sp. <i>Triplectides</i> sp.		
				Hydroptilidae			<i>Marilia</i> sp. <i>Cyrnellus</i> sp. <i>Polycentropus</i> sp.	
			Leptoceridae					
					Odontoceridae			
			Polycentropodidae			<i>Macrobrachium</i> sp.		
			Malacostraca	Deoapoda	Palaemonidae			
			Ostracoda					
			Mollusca	Bivalvia				
				Gastropoda	Architaenioglossa	Ampullariidae		
					Basommatophora	Ancylidae		<i>Ferrissia</i> sp.
						Lymnaeidae		
			Neotaenioglossa	Hydrobiidae				
			Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae		<i>Dugesia</i> sp.

Tabla 8.6. Resumen de los resultados obtenidos por cuenca, número de órdenes, familias, géneros e individuos encontrados.

	CUENCA	NÚMERO DE ÓRDENES	NÚMERO DE FAMILIAS	NÚMERO DE GÉNEROS	NÚMERO DE INDIVIDUOS
1	Quebrada Hidráulica	10	24	22	1440
2	Río Afán	10	19	15	429
3	Río Tamauca	10	27	24	1524
4	Río Mulato	5	21	17	613
5	Quebrada Agua Negra	10	11	4	160
6	Río Cocayá	10	23	13	261
7	Río Cohembí	9	14	9	301
8	Quebrada La Hormiga	11	25	17	967
9	Río Orito	10	18	13	219
10	Caño El Bufeo	5	6	2	43
11	Quebrada Achiote	8	17	11	223
12	Río Guineo	7	16	13	278
13	Río San Francisco	6	18	16	641
14	Río San Pedro	6	16	17	496
15	Río Mocoa	7	19	17	267
16	Río Pepino	8	20	17	353
17	Río Putumayo	6	19	15	252
18	Río Güisía	11	19	15	302
19	Río Yarumo	10	17	17	234
Total					9003

Tabla 8.7. Índices ecológicos por cuenca.

ÍNDICE	RÍO TAMAUCA	QUEBRADA HIDRÁULICA	RÍO AFÁN	RÍO MULATO	QUEBRADA AGUA NEGRA	RÍO COCAYÁ-PUENTE	RÍO COHEMBÍ	QUEBRADA LA HORMIGA	RÍO ORITO	CAÑO EL BUFEO
Taxa_S	42	38	30	30	16	30	20	37	28	8
Individuos	1524	1440	429	613	160	261	301	967	219	43
Simpson_1-D	0,8941	0,8737	0,8825	0,8626	0,7823	0,8885	0,8178	0,637	0,8991	0,7507
Shannon_H	2,708	2,522	2,59	2,47	2,045	2,668	2,032	1,775	2,597	1,599
Equitatividad_J	0,7245	0,6933	0,7614	0,7263	0,7376	0,7844	0,6782	0,4914	0,7793	0,7688

ÍNDICE	QUEBRADA ACHIOTE	RÍO GUINEO	RÍO SAN FRANCISCO	RÍO SAN PEDRO	RÍO MOCOA	RÍO PEPINO	RÍO PUTUMAYO	RÍO GÜISIA	RÍO YARUMO
Taxa_S	25	23	26	24	29	28	27	27	27
Individuos	223	278	641	496	267	353	252	302	234
Simpson_1-D	0,8182	0,8719	0,8711	0,7406	0,9001	0,802	0,8844	0,9087	0,9185
Shannon_H	2,238	2,369	2,361	1,863	2,663	2,134	2,533	2,717	2,752
Equitatividad_J	0,6952	0,7557	0,7247	0,5861	0,7908	0,6404	0,7685	0,8244	0,8349

Análisis de calidad del agua (índice EPT y BMWP)

Según el análisis del índice BMWP (Tabla 8.8), la mayoría de las cuencas presentan aguas limpias, aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible), debido principalmente a la presencia de organismos poco tolerantes a la contaminación como son Decapoda, Megaloptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Simuliidae, algunos Hemiptera, Coleóptera, y Odonata.

Las aguas con evidentes efectos de contaminación según el índice BMWP se presentan en la quebrada Agua Negra y en el río Cohembí. Las aguas muy contaminadas según el índice BMWP se presentan en el caño el Bufeo. Según el índice BMWP, en las 19 cuencas analizadas no se presenta aguas moderadamente contaminadas ni fuertemente contaminadas.

Lo anterior se debe probablemente a las características físicas particulares que presentan los ambientes como variada disponibilidad de hábitats o coriotopos (áreas de colonización como hojarasca, piedra, grava, arena, palizada, etc.) y la distribución de los grupos de organismos en los ecosistemas.

Tabla 8.8. Análisis del índice BMWP para todas las cuencas.

CUENCA	BMWP	CLASE	COLOR	SIGNIFICADO
Río Tamauca	191	I	Azul	Aguas limpias
Quebrada Hidráulica	158	I	Azul	Aguas limpias
Río Afán	124	I	Azul	Aguas limpias
Río Mulato	147	I	Azul	Aguas limpias
Quebrada Agua Negra	55	II	Verde	Evidentes algunos
Río Cocayá-Puente	144	I	Azul	Aguas limpias
Río Cohembí	93	II	Verde	Evidentes algunos
Quebrada La Hormiga	158	I	Azul	Aguas limpias
Río Orito	124	I	Azul	Aguas limpias
Caño El Bufeo	35	IV	Naranja	Aguas muy contaminadas
Quebrada Achiote	101	I	Azul	Aguas limpias
Río Guineo	115	I	Azul	Aguas limpias
Río San Francisco	119	I	Azul	Aguas limpias
Río San Pedro	104	I	Azul	Aguas limpias
Río Mocoa	128	I	Azul	Aguas limpias
Río Pepino	120	I	Azul	Aguas limpias
Río Putumayo	140	I	Azul	Aguas limpias
Río Güisía	131	I	Azul	Aguas limpias
Río Yarumo	121	I	Azul	Aguas limpias

El análisis del índice de indicación EPT muestra resultados muy diferentes al índice BMWP, ya que el EPT no tiene en cuenta valores de indicación de todos los grupos, sino que separa los Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera del resto asignando un porcentaje que compara la abundancia total con la de estos tres grupos. Para el caso de los ríos Cocayá y Yarumo que presentan calidad del agua regular según el índice, del 25 al 49% de los organismos presentes pertenecen a EPT. Así, en el caso de los sitios con calidad de agua “Mala” según el índice (Tabla 8.9), quiere decir que menos del 24% de los organismos pertenecen a EPT o ninguno de los tres grupos mencionados se encuentra allí.

Tabla 8.9. Índice EPT para todas las cuencas.

CUENCA	ÍNDICE EPT	CALIDAD DEL AGUA
Río Tamauca	56	Buena
Quebrada Hidráulica	66	Buena
Río Afán	68	Buena
Río Mulato	86	Muy Buena
Quebrada Agua Negra	6	Mala
Río Cocayá-Puente	38	Regular
Río Cohembí	51	Buena
Quebrada La Hormiga	21	Mala
Río Orito	62	Buena
Caño El Bufe	9	Mala
Quebrada Achiote	56	Buena
Río Guineo	79	Muy Buena
Río San Francisco	79	Muy Buena
Río San Pedro	90	Muy Buena
Río Mocoa	61	Buena
Río Pepino	77	Muy Buena
Río Putumayo	80	Muy Buena
Río Güisía	63	Buena
Río Yarumo	27	Regular



© David Fajardo / Proyecto MICG

Identificación de macroinvertebrados acuáticos, laboratorio Mocoa.

Análisis ecológico

Se hizo un análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis para comparaciones de la riqueza total de taxa de macroinvertebrados, el número de individuos, el índice de diversidad de Simpson y la diversidad de Shannon - Wiener entre estaciones, cuencas, biorregiones y tipo de ecosistema. Se encontraron diferencias significativas en el índice de Simpson y Shannon - Wiener entre tipos de ecosistemas (río o quebrada) según la prueba de Kruskal-Wallis ($H_{1,19} = 4.97$; $P=0,02$) y ($H_{1,19} = 4.93$; $P=0,02$) respectivamente. También se hallaron diferencias significativas en el número de individuos entre las tres biorregiones (Sibundoy, Piedemonte Amazónico y Llanura Amazónica) según la prueba de Kruskal-Wallis ($H_{2,19} = 6.52$; $P=0,03$).

La prueba de ANOVA de Kruskal-Wallis de las abundancias de los órdenes de macroinvertebrados entre las estaciones de muestreo, no produjo diferencias significativas.

DETERMINACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA BIODIVERSIDAD

Jonh Jairo Mueses-Cisneros;
Héctor E. Ramírez Chávez;
Ingrid Vanessa Perdomo-
Castillo; Natalia Bernal;
Lucelly Perdomo y Claudia
Lorena Sandoval¹.

Los sistemas silvopastoriles son sistemas agroforestales en los que se desarrollan árboles y pasturas manejados en forma conjunta para incrementar la productividad de manera sostenible, supliendo además otros beneficios (Radulovich, 1994). Con el tiempo, se espera que la implementación de los sistemas silvopastoriles además de mejorar las condiciones productivas de la ganadería, beneficie a la diversidad biológica de una región, por lo que estudiar los componentes de cada sistema particular permitirá acercarse a la forma óptima de manejarlos.

En algunas regiones se ha demostrado que los sistemas silvopastoriles con alta densidad de árboles presentan una mayor riqueza, diversidad y abundancia de aves (Fajardo, *et al.*, 2009) y que no solamente son determinantes en la conservación de especies residentes, sino también en la conservación de muchas especies migratorias (Alonso *et al.*, 2004). Además, estos sistemas aumentan la conectividad entre ecosistemas y facilitan el movimiento de algunas especies que se encuentran restringidas a hábitats boscosos. Aunque las aves han sido quizá el grupo animal más evaluado en los sistemas silvopastoriles, también se han estudiado insectos, moluscos, murciélagos, plantas (Pérez *et al.*, 2006) y herpetofauna (Gómez-Martínez, 2007; Urbina-Cardona, *et al.*, 2006).

En el departamento del Putumayo, los sistemas silvopastoriles son relativamente nuevos y por esta razón, a pesar de que se ha avanzado significativamente en su implementación desde el punto de vista productivo, hasta ahora no se habían evaluado los posibles impactos generados por ellos a la biodiversidad, tema de mucha importancia que va a permitir una evaluación más robusta a futuro. A continuación se presenta una primera aproximación a una evaluación de impactos ambientales generados por sistemas silvopastoriles de aproximadamente dos años de edad, instalados en el valle de Sibundoy y en Puerto Asís. En este trabajo fueron evaluados los ensamblajes de escarabajos coprófagos, anfibios y reptiles, mamíferos, y vegetación, a partir de un trabajo de campo realizado entre el 7 y el 30 de septiembre de 2012.

1. Consultores Proyecto MICG.
jjmueses@gmail.com

Metodología

La recopilación de la información en campo se llevó a cabo entre el 7 y el 26 de septiembre de 2012 para el grupo de fauna y entre el 21 y el 30 de septiembre para aspectos de vegetación y paisaje. En el valle de Sibundoy se efectuaron muestreos en 9 localidades (5 sistemas silvopastoriles, 2 bosques y 2 potreros), mientras que en Puerto Asís se evaluaron 8 (4 sistemas silvopastoriles, 2 potreros y 2 bosques, Tabla 9.1). Dentro de los sistemas silvopastoriles estudiados en el valle de Sibundoy, se encuentran bancos de forraje con botón de oro de 1 a 2 m de altura y barreras vivas laterales; plantaciones de botón de oro con gran predominio de gramíneas, o arreglos de herbáceas para forrajeo, botón de oro para ramoneo y árboles con alturas entre 1 a 3 m. En Puerto Asís, los sistemas silvopastoriles seleccionados presentan árboles dispersos de talla mayor a 2 m, con herbáceas, botón de oro y otros arbustos, siendo mucho más complejos que los del valle de Sibundoy. En cada lugar se invirtieron 2 días de trabajo para inspeccionar las faunas de mamíferos, anfibios y reptiles y escarabajos, en áreas iguales de 1 ha en cada tipo de vegetación. Por su parte el tiempo dedicado para el estudio de la estructura del paisaje y de vegetación dependió de la complejidad de cada área estudiada.

Tabla 9.1. Definición de los criterios de evaluación de cada uno de los posibles impactos identificados en los grupos faunísticos y vegetación evaluados en el estudio.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS			
ATRIBUTO CUALITATIVO	CARACTERIZACIÓN DEL ATRIBUTO	VALORACIÓN CUALITATIVA	PUNTAJE
SIGNO (±)	Carácter beneficioso o perjudicial del impacto	Impacto Beneficioso (IB) Impacto Perjudicial (IP)	(+1) (-1)
INTENSIDAD (IN)	Grado de incidencia del impacto	Baja (B) Media (M) Alta (A)	1 2 3
MOMENTO (MO)	El tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto	Largo Plazo (LP) (>5 años) Medio Plazo (MP) (2-5 años) Corto Plazo (CP) (<2 años)	1 2 3
ACUMULACIÓN (AC)	Incremento progresivo en la manifestación del impacto, cuando se repite en forma continua la acción que lo genera	Simple (S) Acumulativo (A)	1 2
EFECTO (EF)	Representa la manifestación del efecto sobre un elemento, como consecuencia de una actividad	Indirecto (2 ^{dario}) (I) Directo (D)	1 2
PERIODICIDAD (PR)	Indica la manifestación del efecto en el tiempo: si es cíclica (efecto periódico), impredecible (efecto irregular) o constante (efecto continuo)	Irregular (I) Periódico (P) Continuo (C)	1 2 3
PROBABILIDAD (PR)	Probabilidad de que pueda ocurrir dicho impacto	Poco Probable (PP) Probable (P) Seguro (S)	1 2 3
SINERGIA (SI)	Reforzamiento de 2 o más efectos simples	Sin sinergismo (SS) Sinérgico (S) Muy sinérgico (MS)	1 2 3

Caracterizaciones biológicas

Para la caracterización de coprófagos se situaron transectos con ocho trampas *Pit-fall* de 500 ml enterradas a ras del suelo, con etanol al 70% hasta la mitad y con excremento humano como atrayente, las cuales se revisaron cada 24 y 48 horas. Como método complementario se hicieron capturas manuales con búsquedas entre la vegetación, depósitos de detritus y dentro de troncos en descomposición. Para el valle de Sibundoy el esfuerzo de muestreo fue de 144 trampas-noche/sistema y 18 horas/hombre-sistema, mientras que para Puerto Asís el esfuerzo de muestreo fue de 128 trampas-noche/sistema y 16 horas/hombre-sistema. Para el estudio de la herpetofauna se realizaron búsquedas libres con el método de captura manual, mediante caminatas diurnas y nocturnas de 4 horas cada una. Como complemento, se buscaron renacuajos con redes manuales haciendo también evaluaciones por transectos auditivos. El esfuerzo de muestreo se cuantificó como el número de horas efectivas invertidas en la búsqueda, avistamiento y captura de ejemplares por el número de personas (176 horas/persona invertidas en el valle de Sibundoy y 128 horas/persona en Puerto Asís).

Para mamíferos voladores se emplearon tres redes de niebla de 12 x 3,5 m instaladas entre las 18:00 y 22:00 horas, con una frecuencia de revisión de 10 minutos. El esfuerzo de muestreo se estimó, siguiendo el método de Straube y Bianconi (2002), como número de horas por metro² red (1680 hm² en cada región). Para pequeños mamíferos no voladores se dispuso de 10 trampas tipo Sherman[®] de 23 x 9 x 7.5 cm, distribuidas en transectos lineales con una separación de 5 a 10 m entre cada estación de muestreo, siguiendo la metodología de Voss y Emmons (1996). El esfuerzo de muestreo se estimó como número de trampas/noche (100 trampas/noche para cada región). Además se hicieron observaciones directas de mamíferos medianos y grandes.

Para caracterizar la vegetación realizaron 18 muestreos (8 en sistemas silvopastoriles, 6 en potreros y 4 en bosques). Para potreros se crearon parcelas de 1 m² distribuidas al azar, hasta que la pendiente del número acumulado de morfoespecies fuese igual a cero. El esfuerzo de muestreo total fue de 4.855 m² divididos en 1600 m² para bosque, 3221 m² para sistemas silvopastoriles y 34 m² para potreros. Se tomó el porcentaje de cobertura por estimación visual para cada parcela según Braun-Blanquet (1979). Para bosques se siguió el método propuesto por Chipley y Naranjo (2003), citado por Pérez *et al.* (2006) de parcelas cuadradas de 400 m², con subdivisiones de 25 m² incluyendo individuos con DAP > 1 cm de acuerdo a (Villareal, *et al.*, 2004). Para cada individuo fueron estimadas la altura, hábito de crecimiento y todas las características que permitieran reconocerlos posteriormente. Para los sistemas silvopastoriles, se realizó el método empleado para potreros (1 m²) y de bosque (400 m²), sin subdivisión de parcelas.



© Jonh Jairo Mueses-Cisneros / Proyecto MCG

Leptodactylus wagneri.

Determinación de impactos

La identificación de impactos se realizó en dos momentos, uno antes de salir a campo, teniendo en cuenta la experiencia específica de cada uno de los investigadores en su grupo de estudio, y una identificación final luego de realizar el trabajo de campo, la cual tuvo como objetivo adicionar otros posibles impactos observados o potenciales que no hubieran sido tenidos en cuenta en la identificación de impactos *a priori*. Posteriormente se definieron los criterios de evaluación para cada uno de ellos (Tabla 9.2). A partir de los valores establecidos, se definió un impacto como bajo, si el puntaje total sumaba entre 8-12, medio si el puntaje estaba entre 13 y 16, y alto si el puntaje estaba entre 17 y 20. El signo + o - define si un impacto tiene carácter beneficioso o perjudicial. Posteriormente, y para cada grupo evaluado, se construyó una matriz de impactos observados tanto en el valle de Sibundoy como en Puerto Asís.

Resultados y discusión

Caracterizaciones zoológicas

Fueron colectados 348 individuos de escarabajos coprófagos pertenecientes a 33 especies y 10 géneros, de los cuales *Canthidium* fue el género mejor representado con 7 especies. En el valle de Sibundoy se obtuvieron 62 individuos de 11 especies y 5 géneros, con *Dichotomius satanas* como la especie más común con el 54.8% de la abundancia relativa. En Puerto Asís se registraron 286 individuos de 22 especies y 10 géneros, de los cuales *Canthon* sp2 fue la especie más abundante con el 30.4% de la abundancia relativa. En general, el Bosque fue el sistema más diverso (285 individuos, 28 especies y 9 géneros), seguido del sistema silvopastoril con 53 individuos, 9 especies y 6 géneros. En potreros se detectaron 10 individuos de 4 especies y 3 géneros.

Se reunieron 135 ejemplares de anfibios y reptiles, pertenecientes a 20 especies, 10 géneros, 8 familias y 4 órdenes. Para el valle de Sibundoy se detectaron 59 individuos (43,7%) de 10 especies (50%) de 4 géneros, 4 familias y 2 órdenes. No se encontraron reptiles. Los bosques fueron los sistemas más diversos tanto en número de individuos, como en número de especies, géneros y familias; seguidos de los potreros. En los sistemas silvopastoriles únicamente se detectó una especie (*Pristimantis unistrigatus*). En Puerto Asís se hallaron 76 individuos (56,3%), de 10 especies (50%), agrupadas en 6 géneros, 5 familias y 3 órdenes. De las 10 especies, 8 fueron anfibios y 2 reptiles. Los bosques fueron los sistemas más diversos tanto en número de individuos, como en número de especies, géneros y familias; seguidos de los sistemas silvopastoriles con 27 individuos de 3 especies (*Hypsiboas punctatus*, *Scinax ruber* y *Leptodactylus wagneri*). En los potreros no se detectaron especies de este grupo.

Tabla 9.2. Identificación de impactos en cada uno de los grupos faunísticos y vegetación evaluados en el estudio.

IMPACTOS	GRUPO QUE ASIMILA EL IMPACTO			
	COPRÓFAGOS	ANFIBIOS Y REPTILES	MAMÍFEROS	VEGETACIÓN
Incremento en riqueza y abundancia de especies	X	X	X	
Cambios en la composición y estructura de ensamblajes	X	X	X	
Incremento en el número de hábitats y microhábitats y/o en su calidad	X	X	X	
Uso de los sistemas silvopastoriles como lugares de paso o refugio de especies	X	X	X	
Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación	X	X	X	
Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de reproducción	X	X	X	
Avistamiento y/o reconocimiento de especies típicas de bosques	X	X	X	X
Disminución de especies típicas de potreros, o su abundancia	X	X	X	
Presencia de especies vegetales propias de la dispersión de semillas			X	
Aumento de especies controladoras biológicas de plagas del ganado	X			
Colonización de especies vegetales introducidas que atacan al bosque o al sistema silvopastoril	X			
Vectores de plagas y enfermedades			X	
Modificación en la estructura del paisaje			X	X
Afectación de la cobertura vegetal			X	X
Modificación de la estructura vegetal				X
Funcionamiento del sistema silvopastoril como corredor biológico	X			
Cambios en la riqueza de herbáceas en sistemas silvopastoriles				X
Cambios en la cobertura de herbáceas				X
Incremento en el número de estratos vegetales en sistemas silvopastoriles				X
Presencia de especies propias de sistemas silvopastoriles que puedan afectar la estructura del bosque				X
Modificación en la estructura y composición del paisaje de los bosques				X

En cuanto a mamíferos, se registraron 22 especies de 5 familias y 3 órdenes. La mayor riqueza la presentó Chiroptera con 3 familias (Noctilionidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae), 13 géneros y 20 especies. Los órdenes Didelphimorphia y Primates están representados por una familia, un género y una especie respectivamente. Todas las especies de murciélagos fueron registradas mediante el uso de redes de niebla. No se logró ninguna captura con trampas Sherman.

El 59,1% de las especies de mamíferos se registraron en Puerto Asís, mientras que el 40,9% restante pertenece al valle de Sibundoy. En Puerto Asís se encontraron cinco familias (Cebidae, Didelphidae, Noctilionidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae), 13 géneros y 13 especies. Las capturadas en sistemas silvopastoriles fueron los murciélagos *Carollia perspicillata*, y *Glossophaga soricina*, las cuales representan el 23,1% del total de especies registradas para Puerto Asís. Para el valle de Sibundoy se detectaron dos familias de mamíferos (Phyllostomidae y Vespertilionidae), 6 géneros y 9 especies. La mayor diversidad de mamíferos (88% de las especies) se encontró en los bosques. Las especies capturadas en sistemas silvopastoriles fueron los murciélagos *Platyrrhinus umbratus* y *Sturnira erythromos* que representan 22,2% de las especies capturadas en el valle de Sibundoy. Ninguna especie fue exclusiva de los sistemas silvopastoriles.

Caracterización de la vegetación

Se logró registro de 33 especies arbustivas y arbóreas: 31 en Puerto Asís y 6 en el valle de Sibundoy. En general, los potreros presentaron mayor diversidad en cuanto a número de especies (44) que los sistemas silvopastoriles (38), con excepción del sistema silvopastoril de las Hermanas Rosero, en el municipio de Sibundoy. Esta diversidad se encuentra distribuida en gramíneas y herbáceas. El sistema silvopastoril con el mayor número de especies fue la localidad 14 en Puerto Asís con 14 especies y 84 individuos; por su parte, el sistema silvopastoril implementado en la localidad 8 presentó pocas especies pero con gran número de individuos. La especie más representativa fue *E. poeppigiana* y *G. sepium* para Puerto Asís y *T. diversifolia* para el valle de Sibundoy.

En Puerto Asís, *E. poeppigiana*, *Inga edulis*, *Musa* sp. y *Gliricidia sepium*, representan el 88% de la cobertura en el sistema silvopastoril de la finca Moisés Garzón, vereda La Carmelita, siendo *G. sepium*, *I. edulis*, *E. poeppigiana* y *Trichantera gigantea* las especies que presentan mayor densidad. Para el sistema de la finca Eliécer Muñoz, en el corregimiento Puerto Vega, *E. poeppigiana* representa el 86% de la cobertura y alta densidad, las demás especies tienen valores muy por debajo. En la finca María del Carmen Flórez, corregimiento Santa Ana, *Cordia alliodora* (nogal cafetero), *Simarouba amara* (tara) y *Cecropia sciadophylla* (yarumo), son las especies que abarcan mayor cobertura con el 74,2% del total. La primera presenta igualmente la mayor densidad con 35 individuos. Para la finca Villa Luisa, vereda Agua Negra, *E. poeppigiana* presenta el 83% de la cobertura total representado por diez individuos. *T. diversifolia* no fue tan significativa dentro del sistema en cuanto a cobertura, pero sí en densidad. En el valle de Sibundoy, *T. diversifolia* fue la especie más representativa con un 100% y 54% de cobertura tanto en la localidad 4 como



© Yuri Rosero / Proyecto MICG

Palma de chontaduro, con nidos de mochileros (*Psarocolius decumanus*), Puerto Caicedo, río Achiote.

en la localidad 8; sin embargo, en esta última también se encuentra *Acacia* cf. *decurrens* con alta cobertura y densidad. En la localidad 9, *Tibouchina lepidota* (mayo) con pocos individuos (4), fue la especie que presentó mayor cobertura.

Dominancia, heterogeneidad y riqueza

Los sistemas silvopastoriles presentan valores altos de dominancia, mientras que los bosques no la presentan. En cuanto a heterogeneidad, los bosques son más heterogéneos con el 90-95%; mientras que de los sistemas silvopastoriles, de las fincas de Eliécer Muñoz, en el corregimiento Puerto Vega y Antonio Solarte en el municipio de San Francisco presentaron entre el 70-80% de heterogeneidad. Estos índices tienen una fuerte relación entre el número de individuos y especies. En cuanto a riqueza de acuerdo al índice de Margalef (DMg), los bosques presentan valores altos comparados con los sistemas silvopastoriles, siendo más representativos los bosques de Puerto Asís que los del valle de Sibundoy.

Estratificación - Altura total en bosques y sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles no aportan en gran medida a la estratificación; en general, la mayoría de los individuos están representados en los dos estratos más bajos. En el sistema silvopastoril de la finca Eliécer Muñoz, en el corregimiento Puerto Vega se destaca la presencia de un género propio de bosque *Guarea* sp. Aunque todos los estratos están representados en los bosques, la presencia de los estratos superiores se reduce, en principio, a causa del aumento en el área basal de los individuos. En los sistemas silvopastoriles el estrato arbustivo está mejor representado, especialmente en la finca Moisés Garzón, vereda La Carmelita, sin embargo, contrario sucede con el sistema silvopastoril de la localidad 10. En los sistemas silvopastoriles del valle de Sibundoy hay una baja representación en los diferentes estratos, siendo casi nula en la finca de Horacio Narváez, vereda Bellavista, o con una gran cantidad de individuos en el estrato arbustivo, como en la finca Antonio Cuayal, municipio de San Francisco, en donde cabe preguntarse si este es realmente es un sistema o un cultivo.

Determinación de impactos

Escarabajos coprófagos

No se evidenciaron claramente impactos hacia los escarabajos coprófagos en los sistemas silvopastoriles del valle de Sibundoy. Quizá el único impacto con mediana importancia tiene que ver con el uso de estos como sitios de alimentación (Tabla 9.3). En cuanto a diversidad, hay un incremento en la abundancia de algunas especies de coprófagos si se comparan con los potreros, como en el caso de *Dichotomius satanas*, aunque cabe aclarar que esta especie es común y cosmopolita (Arango, et



Dichotomius satanas.

© Natalia Bernal

al., 2007). En Puerto Asís, los sistemas silvopastoriles están mejor implementados y es un poco más evidente el efecto de ellos hacia los ensamblajes de escarabajos coprófagos. En estos sistemas se detectó más abundancia y riqueza de especies que en los potreros; un incremento en el número de hábitats y microhábitats, el uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación y reproducción, así como la presencia de una especie típica de bosque (*Canthon* sp4) en uno de

los sistemas silvopastoriles; sin embargo, se consideró que actualmente los impactos observados son de importancia media.

Varios de los impactos realmente se esperan a futuro (Tabla 9.3), como el avistamiento de más especies típicas de bosque en los sistemas silvopastoriles (y con una mayor abundancia), la disminución de especies típicas de potrero, el desplazamiento de especies, e incluso, los coprófagos pueden ser controladores de plagas y parásitos gastrointestinales de mamíferos (Pulido, 2006) al competir con ellos por alimento y destruir las larvas y huevos (Martínez, 2009). No obstante, para que los sistemas silvopastoriles representen un beneficio para la diversidad de escarabajos coprófagos, además del requerimiento de que garanticen heterogeneidad de hábitat y microhábitats, es necesario que estos sean mantenidos en el transcurso del tiempo, pues si su duración es esporádica, con seguridad los ensamblajes de escarabajos no se podrán establecer y mantener.

Anfibios y Reptiles

A pesar de que los sistemas silvopastoriles se han implementado hace poco tiempo, algunas observaciones sugieren unos posibles impactos benéficos hacia las comunidades de anfibios (Tabla 9.3). La mayoría de los impactos se observaron en los sistemas silvopastoriles desarrollados en Puerto Asís; en estos, se detectó un incremento considerable en la abundancia de dos especies de ranas (*Hypsiboas punctatus* en la vereda Agua Negra y *Scinax ruber* en el Corregimiento Santa Ana), especies que aunque pueden estar presentes en potreros, no fueron detectadas en estos ambientes. Estas especies usan los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación y de refugio salvaguardándose de las condiciones extremas de temperatura y brillo solar típicas en un clima cálido o como sitios de reproducción, pues se descubrieron hembras con huevos bien desarrollados, juveniles y postmetamórficos, aunque se debe considerar que los pastos en algunas ocasiones, pueden proveer también sitios artificiales de cría de anfibios (Urbina-Cardona *et al.*, 2006). Así mismo los sistemas silvopastoriles han incrementado el número de microhábitats apropiados para el establecimiento de anfibios y reptiles, aunque estos dependen de la manera en cómo está constituido el cultivo y de su mantenimiento. Sistemas silvopastoriles tipo banco de forrajeo no brindan microhábitats considerables como si lo pueden llegar a hacer los sistemas combinados con árboles y arbustos.

Los dos sistemas silvopastoriles mejor implementados en el valle de Sibundoy (Localidades 4 y 8) se localizan en la parte plana del valle, zona en la que predomina la

rana *Pristimantis unistrigatus*, una especie común de potreros y de zonas abiertas con o sin intervención antrópica, pero que está ausente en bosques conservados. En estas dos localidades no se pudo detectar a esta especie, aunque sí estuvo presente y con actividad reproductiva en los potreros que incluso limitan con los sistemas silvopastoriles. Estas observaciones pueden ser un indicio de un impacto de los sistemas silvopastoriles al establecimiento de esta especie de anfibio, aunque puede ser un efecto indirecto, ocasionado quizá por el uso de los agroquímicos que se utilizan para el mantenimiento de los pastos, o los manejos y cortes continuos que se hacen en los sistemas, además se deben mejorar los muestreos e incluso realizarse en otras épocas del año para comparar con las observaciones tenidas en esta fase.

Mamíferos

Los sistemas silvopastoriles implementados en las localidades evaluadas aún no han ejercido fuertes impactos sobre los mamíferos en general, pero cabe resaltar que se están generando condiciones que puedan atraer ciertas especies de mamíferos pequeños y medianos que pueden incrementar la riqueza y abundancia de especies en estas áreas, y que pueden incrementar el uso de estos como sitios de alimentación. En comparación con los bosques estudiados, los sistemas silvopastoriles presentan menor riqueza de especies, aunque aquellas que se registraron en estos sistemas tienen menos requerimientos de hábitat y son consideradas, en muchos casos, como generalistas ya que suelen adaptarse fácilmente a cambios en los sistemas naturales, pues por lo general son las primeras en aparecer en áreas intervenidas y contribuyen fuertemente en los procesos de sucesión y regeneración de dichas áreas al ser dispersoras de semillas. En comparación con los potreros, los sistemas silvopastoriles implementados como árboles dispersos están brindando cierta conectividad entre áreas boscosas que algunas especies están utilizando durante su búsqueda de alimentos. Igualmente, estos sistemas están generando una heterogeneidad del paisaje, la cual produce condiciones ambientales diferenciales (por ejemplo sombras, ofertas de recursos, etc.) que pueden ser utilizadas por algunas especies.

Los sistemas silvopastoriles pueden brindar efectos positivos a la fauna de mamíferos, aunque esto depende de cómo estén implementados y de su mantenimiento y cuidado. Por ejemplo, el incremento en la riqueza y diversidad de especies, la oferta de recursos alimenticios, aumento en número de hábitats y la presencia de algunas especies vegetales por dispersión de semillas, pueden ser mayores en los sistemas implementados como árboles dispersos, ya que por estas zonas se mueven algunas especies de mamíferos, principalmente murciélagos.

Los sistemas implementados como bancos de forrajeo pueden generar beneficios como lugares de paso para algunas especies silvestres de mamíferos no voladores, así como servir en la disminución de plagas de los pastos y generar heterogeneidad en el paisaje. Es importante resaltar que muchos de los sistemas silvopastoriles actuarán como conectores entre áreas de bosque que en la actualidad se encuentran aisladas. Esta conexión permitirá el flujo de ciertas especies para que puedan realizar las actividades necesarias para su subsistencia (búsqueda de alimento, de

Tabla 9.3. Matriz de Impactos observados en los grupos de fauna y vegetación evaluados en los sistemas silvopastoriles durante el estudio. Numerador: indica los efectos observados en el valle de Sibundoy; Denominador: efectos observados en Puerto Asís.

GRUPO		IMPACTOS	SIGNO		INTENSIDAD			MOMENTO		
			IB	IP	B	M	A	LP	MP	CP
ESCARABAJOS	1	Incremento en riqueza y abundancia de especies	1/1		1/	/2		1/1		
	2	Cambios en la composición y estructura de ensamblajes	1/1		1/1			1/1		
	3	Incremento en el número de hábitats y microhábitats y/o en su calidad	1/1			2/2		/1		
	4	Uso de los sistemas silvopastoriles como lugares de paso o refugio de especies	1/1		1/1				2/2	
	5	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación	1/1		1/1				2/2	
	6	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de reproducción	1/1		1/1				2/2	
	7	Avistamiento de especies típicas de bosques	/1		/1			/1		
	8	Disminución de especies típicas de potreros								
	9	Aumento de especies controladoras biológicas de plagas del ganado	1/1		1/	/2			2/2	
	10	Colonización de especies vegetales introducidas que atacan al bosque o al sistema silvopastoril		-1/-1	1/1			1/1		
	11	Funcionamiento del sistema silvopastoril como corredor biológico								
ANFIBIOS Y REPTILES	1	Incremento en riqueza y abundancia de especies	/1+				/3			/3
	2	Cambios en la composición y estructura de ensamblajes								
	3	Incremento en el número de hábitats y microhábitats y/o en su calidad	1+/ 1+		1/		/3		2/	/3
	4	Uso de los sistemas silvopastoriles como lugares de paso o refugio de especies	/1+				/3			/3
	5	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación	/1+				/3			/3
	6	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de reproducción	/1+				/3			/3
	7	Avistamiento de especies típicas de bosques								
	8	Disminución de especies típicas de potreros o su abundancia		1-/			3/			3/

ACUMULACIÓN		EFECTO		PERIODICIDAD			PROBABILIDAD			SINERGIA			IMPORTANCIA
S	A	I	D	I	P	C	PP	P	S	SS	S	MS	
1/	/2		2/2	1/1				/2		1/1			Baja/Media
1/1			2/2	1/1				/2		1/1			Baja/Baja
1/1		1/1		1/	/2			2/		1/1			Baja/Media
	2/2		2/2	1/1				/2		1/1			Baja/Baja
	2/2		2/2	1/	/2			2/2		1/1			Media/Media
	2/2		2/2	1/	/2			2/2		1/1			Baja/Media
/1		/1		/1						/1			Nula/Baja
													Nula/Nula
1/	/2		2/2	1/	/2			2/2		1/1			Baja/Baja
1/10		1/1		1/1						1/1			Baja/Baja
													Nula/Nula
	/2		/2		/2				/3		/2		Nula/Alta
													Nula/Nula
	2/2	1/1				3/3		2/2			2/2		Medio/Alta
	/2		/2			/3			/3		/2		Nula/Alta
	/2		/2			/3			/3		/2		Nula/Alta
	/2		/2	/1				/2			/2		Nula/Media
													Nula/Nula
	2/	1/				3/		2/			2/		Alto (-)/Nula

GRUPO		IMPACTOS	SIGNO		INTENSIDAD			MOMENTO		
			IB	IP	B	M	A	LP	MP	CP
MAMÍFEROS	1	Incremento en riqueza y abundancia de especies	1/1		1/1				/2	3/
	2	Cambios en la composición y estructura de ensamblajes	1/1		1/1				2/2	
	3	Incremento en el número de hábitats y microhábitats y/o en su calidad	1/1			/2	3/			3/3
	4	Uso de los sistemas silvopastoriles como lugares de paso o refugio de especies	1/1		1/1				/2	3/
	5	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación	1/1		1/	/2		1/		/3
	6	Uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de reproducción	1/1		1/1			1/	/2	
	7	Avistamiento de especies típicas de bosques	1/1		1/1			1/1		
	8	Disminución de especies típicas de potreros	1/1		1/1			1/1		
	9	Presencia de especies vegetales propias de la dispersión de semillas	1/1		1/	/2			2/	/3
	10	Disminución de plagas típicas de los pastos	1/1		1/1			/1	2/	
	11	Vectores de plagas y enfermedades	/1	-1/	1/1			/1	2/	
VEGETACIÓN	1	Cambios en la riqueza de herbáceas en sistemas silvopastoriles		-1/-1	1/1					3/3
	2	Cambios en la cobertura de herbáceas		-1/-1	1/1					3/3
	3	Incremento en el número de estratos vegetales en sistemas silvopastoriles	1/1		1/		/3		2/	/3
	4	Presencia de especies propias de sistemas silvopastoriles que puedan afectar la estructura del bosque		-1/-1	1/	/2		1/1		
	5	Reconocimiento de especies típicas de bosques	1/1		1/1			1/1		
	6	Modificación en la estructura del paisaje	1/1		1/		/3		2/	/3
	7	Afectación de la cobertura vegetal	1/1		1/	/2				3/3
	8	Estructura vegetal	1/1		1/		/3		2/	/3
	9	Modificación en la estructura y composición del paisaje de los bosques		-1/-1	1/1			1/		/3

ACUMULACIÓN		EFECTO		PERIODICIDAD			PROBABILIDAD			SINERGIA			IMPORTANCIA
S	A	I	D	I	P	C	PP	P	S	SS	S	MS	
	2/2		2/2		/2	3/		2/2		1/	/2		Media/Media
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/1			Media/Media
	2/2		2/2		/2	3/		2/	/3		/2	3/	Alta/Alta
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/1			Media/Media
	2/2		2/2		2/2			2/	/3	1/	/2		Baja/Alta
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/	/2		Baja/Media
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/	/2		Baja/Media
	2/2	1/	/2	1/	/2			/2		1/	/2		Baja/Media
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/	/2		Media/Media
	2/2		2/2		2/2			2/2		1/	/2		Media/Media
	2/2	1/1		1/	/2					1/	/2		Baja/Baja (-)
	2/2	1/1		1/1				2/2			2/2		Medio (-)/Medio (-)
	2/2	1/1		1/1				2/2			2/2		Medio (-)/Medio (-)
	2/2	/1	2/			3/3		2/	/3		2/2		Medio (-)/Alto
	2/2	1/1		1/1				2/2			2/2		Bajo (-)/Bajo (-)
	2/2	1/1		1/1				2/2			2/2		Bajo (-)/Bajo
	2/2		2/2			3/3		2/	/3		2/2		Medio (-)/Alto
	2/2		2/2			3/3			3/3		2/2		Alto/Alto
	2/2		2/2			3/3			3/3		2/2		Medio (-)/Alto
	2/2	1/1		1/1				2/2			2/2		Bajo (-)/Medio (-)

lugares de refugio y reproducción). Los efectos mencionados en párrafos anteriores pueden incrementarse a medida que los sistemas silvopastoriles continúen con su implementación y correcto manejo y cuidado.

Vegetación

Los sistemas silvopastoriles evaluados han impactado beneficiosamente en la estructura del paisaje, en la cobertura y estructura vegetal, y en el incremento en el número de estratos vegetales, lo cual es mucho más evidente en los sistemas silvopastoriles de Puerto Asís (Tabla 9.3); sin embargo, es necesario considerar que la mayoría de estos impactos son acumulativos y que con seguridad tendrán mayor incidencia con el paso del tiempo, si las condiciones de manejo son las adecuadas. Respecto a la cobertura vegetal, no es un efecto que se podría considerar relevante, ya que por sí solos, tanto los potreros como los sistemas y los bosques, tienen cobertura vegetal; la diferencia se encuentra en la disposición de esa cobertura en los diferentes estratos, determinados por el hábito de crecimiento y la altura de los individuos vegetales.

En términos de estratificación, se ve incrementada en no más de dos estratos, pero es un impacto positivo, que en el caso de Puerto Asís, se cimienta a través del tiempo, y que en el caso del Valle del Sibundoy, alcanzará un nivel más complejo a mediano y largo plazo. El incremento de estratos vegetales provee mejores condiciones ambientales que repercuten no solo en un buen producto, sino también en un paisaje, en términos generales enriquecido, causando indirectamente en los pobladores un cambio en la imagen que tienen de un área productiva, dando lugar a que exploren otros modelos de productividad que ayuden a evitar la pérdida injustificada de vegetación, específicamente la de estratos. Dado que un sistema silvopastoril es un modelo diseñado donde sus componentes están pensados antes de ser implementados, la estratificación es una acción directa y controlable en cuanto a los estratos que ahí se encuentran; no obstante, los elementos dispuestos, están en constante cambio de acuerdo a las condiciones ambientales que les permiten desarrollarse.

Es indiscutible que la implementación de sistemas silvopastoriles modifica favorablemente la estructura del paisaje en comparación con los potreros. Esta modificación favorable se observa con alta intensidad en el caso de Puerto Asís, y realmente baja en el Valle del Sibundoy, donde se considera que pasarán varios años antes de que la acción tenga un efecto relevante (un cambio que permita en primera instancia mejorar la productividad y que además contribuya fehacientemente a la estructura del paisaje).

Respecto al número de especies, los potreros presentaron mayor número que los sistemas silvopastoriles. Aunque la riqueza de herbáceas, en términos generales, disminuye en los sistemas silvopastoriles, su incidencia es baja en términos de su propósito, ya que este aumenta la riqueza de especies arbustivas que mejoran la productividad y que es en últimas, lo que se busca con la implementación de estos diseños. Si bien el estudio de vegetación no evaluó directamente el estado de las especies herbáceas, en Puerto Asís se observaron herbáceas con mejores condiciones de porte y color que las que se hallaron en los potreros, por lo que en su evaluación a futuro se debe considerar.



© Henry Paz

Polinización, Botón de oro, finca de Jesús Martínez. Sibundoy.

Conclusiones

A pesar del corto tiempo de implementación de los sistemas silvopastoriles, se empezaron a identificar impactos beneficiosos de los sistemas a las faunas evaluadas, en especial a la fauna de anfibios (incremento de la abundancia de algunas especies, uso de los sistemas silvopastoriles como sitios de alimentación y reproducción, e incremento del número de microhábitats apropiados). Por su parte, la ausencia de *Pristimantis unistrigatus*, una especie de rana común de potreros en el valle de Sibundoy, y que estuvo ausente en los sistemas silvopastoriles, puede indicar un posible impacto que debe estudiarse con más detenimiento a futuro.

Los sistemas silvopastoriles evaluados han impactado beneficiosamente en la estructura del paisaje, en la cobertura y estructura vegetal, y en el incremento en el número de estratos vegetales, siendo mucho más evidentes en los sistemas silvopastoriles de Puerto Asís.

En escarabajos coprófagos y mamíferos, los impactos observados no se evidencian claramente, pero se están generando condiciones que puedan atraer ciertas especies, así como el uso que de estos como sitios de alimentación, paso, refugio y reproducción.

Los bancos de forrajeo, no brindan microhábitats considerables como si lo hacen los sistemas combinados con árboles y arbustos, por lo que si se quiere beneficiar a la biodiversidad, se debe pensar en la implementación de modelos mixtos. Así mismo, el manejo de los sistemas es fundamental en el establecimiento de las especies, por lo que se requiere de un buen manejo y seguimiento controlado por parte del equipo técnico en cada uno de los sistemas implementados.

LITERATURA CITADA

Academia Putumayense de Historia. (2012). Puerto Asís 100 años de historia. *Revista Putumayo*, 1(1), 103.

Acosta, A., & Rivadeneira, P. (2003). *Variación de la diversidad de Lepidóptera Rhoplocera según gradientes altitudinales en el santuario de flora y fauna galeras. San Juan de Pasto* (Trabajo de grado Biólogo con énfasis en Ecología). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Programa de Biología., San Juan de Pasto, Colombia.

Aguirre, R. A., Arias, D. A., & Botina, J. R. (1999). *Estudio de macroinvertebrados acuáticos en el río Mulato, Municipio de Mocoa, departamento de Putumayo, como bioindicadores de calidad de agua.* (Monografía, Especialización en Ecología). Universidad INNCA de Colombia. Facultad de Postgrados., Bogotá D.C., Colombia.

Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). *Almeira*, 2, 203-213.

Alonso, J., Torres, O., Ruíz, T. E., Febles, G., Cárdenas, G., & Achan, G. (2004). Estudio de la avifauna asociada a un sistema silvopastoril leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(2), 203-210.

Arango, H., & Giraldo, A. (2009). Desarrollo y validación de un esquema piloto de compensación por servicios ambientales en cuencas hidrográficas estratégicas y reconversión de sistemas ganaderos en el departamento del Putumayo. Documento de caracterización biofísica y socio-económica detallada de usos del suelo. Fundación Cipav.

Arango, L., Montes, J. M., López, D. A., & López, J. O. (2007). Mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperoidea), escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas - Colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 11(1), 390-409.

Batima, P. (2006). *Climate Change Vulnerability and Adaptation in the Livestock Sector of Mongolia*. Washington, United States of America: Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change AIACC. The International START Secretariat 2000 Florida Avenue, NW Washington, DC 20009 USA.

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10 (37/38), 417-424.

Beltrán-Tolosa, M. (2003). *Estudio de la composición macrotaxonómica de la comunidad de macroinvertebrados y hongos asociados a la hojarasca aportante a los igarapés amazónicos* (Tesis de Grado). Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.

BirdLife International, & Conservation International. (2010). *Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Quito, Ecuador: BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14). Recuperado a partir de <http://www.birdlife.org>

Bohórquez, C. I. (2002). La avifauna de la vertiente oriental de los Andes de Colombia. Tres evaluaciones en elevación subtropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 26(100), 419-442.

Braun-Blanquet. (1979). *Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Ediciones.

Calderón, J. J., Flórez, C., Cabrera, A., & Rosero, Y. (2011). Aves del departamento de Nariño, Colombia. *Biota colombiana*, 12(1), 31-116.

Calle, Z., & Carvajal, M. (2012). *Cómo vivir en las montañas sin agotar el suelo*. Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Camacho, L. P. (2007). *Composición y estructura de un ensamblaje de aves asociado al ecosistema de manglar de Isla Fuerte (Caribe Colombiano)* (Trabajo de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.

Chará, J., & Giraldo, C. (2011). *Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios*. Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Chará, J., Pedraza, G. X., & Giraldo, L. P. (2008). Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas. En Murgueitio, E., Cuartas, C. A., & Naranjo, J. F. (Eds.) (2008). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo* (pp. 111-129). Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Chaves, M. E., Durán, M. C., Hurtado, R., Cárdenas, C., García, O. L., Fandiño, M. C., & Arias, M. (2006). La institucionalidad relacionada con el conocimiento de la biodiversidad. En Chaves, M. E., & Santamaría, M.I. (Eds.) 2006. *Informe Nacional Sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004* (pp. 77-116). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Chipley, R., & Naranjo, L. G. (2003). *Manual para el monitoreo de biodiversidad*. American Bird Conservancy. American Bird Conservancy, Washington DC.

Clavero, T., & Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, (3), 1-6.

Colombia. Decreto 1594 del 26 de junio de 1984. «Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979» (1984). Recuperado a partir de http://190.85.6.170/Sistematizacion_Normatividad/Permisos/Decreto_1594_de_1984.pdf

Colombia. Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010. «Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III-Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.», Pub. L. No. Decreto 3930 de 2010 (2010).

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto No. 1640 del 2 de agosto de 2012, «Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones» (2012). Recuperado a partir de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2012/Documents/Agosto/02/dec164002082012.pdf>

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá D.C., Colombia: Mi-

nisterio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Recuperado a partir de http://www.minambiente.gov.co/documentos/5774_240610_libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf

Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, & WWF. (2009). Plan Nacional de las especies migratorias Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF-Colombia.

Corpoamazonia. (2008a). *Agenda Ambiental. Departamento de Putumayo*. Mocoa, Putumayo: Corporación Sinergiaz, Corpoamazonia.

Corpoamazonia. POMCA Cuenca Alta del río Putumayo - Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca alta del río Putumayo. Corpoamazonia (2008).

Corpoamazonia. (2010). Protocolo para la toma de muestras de aguas residuales. Corpoamazonia. Recuperado a partir de http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Protocolo_para_Toma_de_Muestras_de_Aguas_Residuales.pdf

Corpoamazonia. (2012). *Informe Final Dirección Territorial Putumayo*. Mocoa, Colombia. Corpoamazonia.

Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Forsberg, B. R., Pimentel, T. P., & Luz, S. L. B. (2012). A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*, 18, 118–125.

Covich, A. P. (1988). Geographical and historical comparisons of neotropical streams: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats. *Journal of the North American Benthological Society*, 361-386.

Currea-Dereser, I. (2006). *Degradación de hojarasca en un Igarapé (Leticia - Amazonas, Colombia): La acción de Grupos funcionales de Insectos Acuáticos*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Sede Amazonia, Leticia, Amazonas.

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (1998). *Calidad de los ríos de la Cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Domínguez, E., Zúñiga, M. del C., & Molineri, C. (2002). Estado actual del conocimiento y distribución del orden Ephemeroptera (Insecta) en la región amazónica. *Caldasia*, 24(2), 459–469.

Espinel, R. (2012). *Guía para construcción de cercas eléctricas (Informe Técnico)* (p. 4). Mocoa, Putumayo: WWF-Colombia y Corpoamazonia.

Fagua, G. (1999). Variación de las mariposas y hormigas de un gradiente altitudinal de la cordillera Oriental. *Insectos de Colombia*, 2, 318-363.

Fajardo, D, Johnston, R., Neira, L., Chará, J., & Murgueitio, E. (2009). Influencia de sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 58, 9-16.

Fajardo, David, & Sáenz, F. (2012). Biodiversidad de plantas, aves y escarabajos en la cuenca del río Guacha. Monitoreo de Aves. En *Giraldo, C., F. Díaz, y R. Gómez. (Eds.)*

2012. *Ganadería sostenible de trópico de altura: En el corredor de conservación de robles*. (pp. 127-153). Cali, Colombia: Fundación Natura, Fundación Cipav.

FAO. (2005). FAOSTAT. Recuperado a partir de http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es

FAO. (2010). *Agricultura «climáticamente inteligente». Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/013/i1881s/i1881s00.pdf>

Fernández, H. R., & Domínguez, E. (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo.

Franco, A. M., Baptiste, M. P., & Rivera, A. (2006). Conservación de la biodiversidad. I. Conservación *in situ*. C. Biodiversidad amenazada de Colombia. En *Chaves, M. E., & Santamaría, M.I. (Eds.) 2006. Informe Nacional Sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004* (pp. 296-311). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Fundación Cipav, Corpoamazonia, & WWF. (2010). *Apoyar la Construcción e Implementación de una Estrategia de Conservación y Valoración de Bienes y Servicios Ambientales de la Cuenca Alta del río Putumayo, Contribuyendo a su Conservación y Reconversión de Ecosistemas de Alto Valor, Teniendo en Cuenta la Metodología Construida entre Cipav y WWF*. (Informe Técnico) (p. 67). Mocoa, Putumayo: WWF-Colombia.

Fundación Cultural del Putumayo. (2006). Plan de Manejo Ambiental de los humedales de la parte plana del valle de Sibundoy.

Fundación Sachamates. (2009). Fichas de caracterización de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil del Nudo Quindicocha.

Galindo, W. F., Murgueitio, E., Giraldo, L. A., Uribe, F., & Marín, A. (2003). *Manejo Sostenible de los Sistemas Ganadero Andinos* (Primera). Cali, Colombia: Fundación Cipav. Recuperado a partir de <http://www.libreroonline.com/libros/28928/giraldo-luis-alfonso-uribe-trujillo-fernando-murgueitio-restrepo-enrique-galindo-sarria-walter-f/manejo-sostenible-de-los-sistemas-ganadero-andinos.html>

García, L. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Ponencia presentada en seminario internacional: Manejo de Cuencas Hidrográficas y Cambio Climático, Neiva, Colombia.

Giraldo, C., Díaz, F., & Gómez, R. (2012). *Ganadería sostenible de trópico de altura: en el corredor de conservación de robles*. Cali, Colombia: Fundación Natura, Fundación Cipav.

Gómez, J. E., Gutiérrez, A. J., & Cipagauta, M. (2003). *Consideraciones básicas para el ordenamiento y planificación del uso de la tierra en fincas del bajo Putumayo*. Bogotá D.C., Colombia: Produmedios. Recuperado a partir de <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/ConsideracionesbsicasparaelordenamientoyplanificaciondelusodelatierraenfincasdelbajoPutumayo.pdf>

Gómez-Martínez, M. J. (2007). *Relación entre la diversidad de Herpetofauna en sistemas silvopastoriles, la calidad del agua y el bienestar de los productores en el municipio de Matiguás (Matagalpa, Nicaragua)* (Tesis de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie, Turrialba, Costa Rica. Recuperado a partir de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Gomez-2007TesisHerpetofauna.pdf>

Grande, D., & Maldonado, M. (2011). Los sistemas silvopastoriles del Estado de Tabasco. En Palma, J. M., Toral, J. N., & Sanguinés, L. (Eds.) (2011). *Agroforestería pecuaria en México: Alternativas para una reconversión ganadera sustentable*. México (pp. 15-40). México, DF: Universidad de Colima.

Gregory, R. D., Gibbons, D. W., & Donald, P. F. (2004). Bird census and survey techniques. En Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R. E. (2004). *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques* (Vol. 6, pp. 17-56). Oxford University Press.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST-Palaeontological statistics. *www.uv.es/~pardomu/pe/2001_1/past/pastprog/past.pdf*, *accesado em, 25(07), 2009.*

Harvey, C., Guindon, C. F., Haber, W., DeRosier, D., & Murray, G. (2000). The importance of forest patches, isolated trees and agricultural windbreaks for local and regional biodiversity: the case of Monteverde, Costa Rica. Recuperado a partir de IUFRO World Congress, Kuala Lumpur, MY, August 7-12, 2000, 2000-08-07

Hernández, M., Sánchez, S., & Simón, L. (2008). Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 319-321.

Hilty, L. S., & Brown, L. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia. American Bird Conservancy -ABC.

Hubbard, M. (1982). Catálogo abreviado de Ephemeroptera da América Do Sul. *Papéis Avulsos Zoologia.*, 34(24), 257-282.

Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., & Casasola, F. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, (45), 27-36.

Ibrahim, M., Chacón, M., Mora, J., Zamora, S., Gobbi, J., Llanderal, T., ... Villanueva, C. (2005). Opportunities for carbon sequestration and conservation of water resources on landscapes dominated by cattle production in Central America (pp. 27-34). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Catie. Recuperado a partir de http://web.catie.ac.cr/CATIE/CONFERENCIA%20WALLACE_ES2/documentos/27.pdf

ICA. Resolución No. 00991 del 1 de junio de 2001. «Por medio de la cual se prohíbe el uso de harinas de carne, de sangre, de hueso (vaporizadas), de carne y hueso y de despojos de mamíferos para la alimentación de rumiantes». (2001).

Ideam. Resolución No. 104 del 7 de julio de 2003 «Por la que se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas» (2003). Recuperado a partir de http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_0104_070703.pdf

Ideam. (2008). *Guía técnico científica para la ordenación de las cuencas hidrográficas en Colombia* (Segunda). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -Ideam.

Ideam. (2010). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, MAVDT, PNUD. Recuperado a partir de http://www.pnud.org.co//img_upload/36353463616361636163616361636163/2%-C2%AA_Comicaci%C3%B3n_Preliminares.pdf

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.) Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Recuperado a partir de http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html

Jiménez, G., Toral, J. N., Soto, M. L., Márquez, C., Reyes, F., Ruiz, M., Hernández, L. (2011). Agroforestería pecuaria en la Selva Lacandona, Chiapas, México. En *Palma, J. M., Toral, J. N., & Sanguinés, L. (Eds.) (2011). Agroforestería pecuaria en México: Alternativas para una reconversión ganadera sustentable. México* (pp. 127-150). México, DF: Universidad de Colima.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, 106(1), 110-127.

Lafaurie, J. F. (2008). Ganadería del futuro: Responsabilidad social y ambiental. En *Murgueitio, E., C. Cuartas & J.F. Naranjo (Eds.) 2008. Ganadería del futuro: inversión para el desarrollo* (pp. 13-17). Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Lombana, M. D., & Rosero, Y. (2013). Informe final. *Levantamiento de línea base de biodiversidad, componente avifauna en la Zona Andina, Piedemonte y Llanura Amazónica en el departamento del Putumayo*. WWF.

Lozano, F., Vargas, A., Aristizábal, S., Mendoza, J., Vargas, W., Renjifo, L., Ramírez, D. (2009). Planeación del paisaje rural: un aporte metodológico para la conservación de la biodiversidad. En *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. (pp. 13-27). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Lozano, F. H. (Ed.) (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Recuperado a partir de http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/215_PAISAJES_RURALES-2009.pdf

Lynch, J. F. (1989). Distribution of Overwintering Nearctic Migrants in the Yucatan Peninsula, I: General Patterns of Occurrence. *The Condor*, 91(3), 515-544. doi:10.2307/1368104

MacDicken, K. G. (1997). *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development Arlington,

VA 22209, USA. Recuperado a partir de <http://202.99.63.183/tanhui/thjl/Winrock%20International%20%E7%A2%B3%E7%9B%91%E6%B5%8B%E6%8C%87%E5%8D%97.pdf>

Martínez, B. (2009). *Evaluación de la riqueza, abundancia, composición y biomasa relativa de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae) en un paisaje agroforestal andino, Risaralda, Colombia*. (Trabajo de Grado). Departamento de Biología. Universidad de Caldas., Manizales, Colombia.

Mendoza, A. (2008, junio 17). Cuencas hidrográficas. *El Tiempo. Archivo Digital de Noticias de Colombia y el Mundo desde 1.990 - eltiempo.com*. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado a partir de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2977845>

Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.) (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (Third.) Iowa: Kendall Hunt Pub Co.

Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (Fourth.) Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Meza, A. M., Rubio, J., Díaz, L., & Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, 34(2), 443–456.

Meza, L., & González, M. (2012). *Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario. Resultados del taller práctico*. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2012/acc.pdf>

Molina C, C. H., Molina D, C. H., Molina D, E. J., & Molina D, J. P. (2008). Carne, leche y mejor ambiente en el sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit MIMOSACEAE. En *Murgueitio, E., C. Cuartas & J.F. Naranjo (Eds.) 2008. Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo* (pp. 41-65). Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Moreno, C. E., & Halffter, G. (2001). Spatial and temporal analysis of α , β and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity & Conservation*, 10(3), 367-382. doi:10.1023/A:1016614510040

Moya, N., Hughes, R. M., Domínguez, E., Gibon, F.-M., Goitia, E., & Oberdorff, T. (2011). Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human impact on biotic condition of Bolivian streams. *Ecological Indicators*, 11(3), 840–847.

Murgueitio, E., & Calle, Z. (1999). Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En *Sánchez, M.D. y M. Rosales. (Eds.) 1999. Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción animal. No. 143. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. (pp. 53-88). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO.

Murgueitio, E., Cuartas, C. A., & Naranjo, J. F. (2008). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Murgueitio, E., & Galindo, W. F. (2008a). Reconversión ambiental de fincas ganaderas en los Andes centrales de Colombia. En *Murgueitio, E., Cuartas, C. A., & Naranjo, J. F. (Eds.) (2008). Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo* (pp. 67-85). Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Murgueitio, E., & Ibrahim, M. (2008). Ganadería y medio ambiente en América Latina. En *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo* (pp. 19-39). Cali, Colombia: Fundación Cipav.

Palacios, M., & Constantino, M. (2006). Diversidad de Lepidópteros Rhopalocera en un gradiente altitudinal en la reserva natural El Pangán, Nariño. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 10, 258-278.

Pérez, A. M., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A., & Siria, I. (2006). Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y río Blanco (Matagalpa, Nicaragua). Recuperado a partir de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/7774>

Pinilla, G. A. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica*. Bogotá D.C., Colombia: U. Jorge Tadeo Lozano.

Powell, G. V. N., Rappole, J. H., & Sader, S. A. (1992). Neotropical migrant landbird use of lowland Atlantic habitats in Costa Rica: A test of remote sensing for identification of habitat. Recuperado a partir de <http://www.csa.com/partners/viewrecord.php?requester=gs&collection=ENV&recid=2756456>

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En Domínguez E. y H. R. Fernández. (Eds.) *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. (p. 654). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Pulido, L. A. (2006). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) Informe Técnico, Componente 5. Caracterización Biológica PNN Puracé y cueva de los Guácharos (Huila-Colombia). Grupo GEMA. Instituto Alexander von Humboldt IAvH. p 89-102.

Radulovich, R. A. (1994). *Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios: de ladera con sequía estacional*. Bib. Orton IICA / CATIE.

Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany, CA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

Remsen, J. V., Cadena, C. D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J. F., Pérez-Emán, J., Zimmer, K. J. (2012). A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. Recuperado a partir de <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>

Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattán, G., & López-Lanus, B. (2002). *Libro Rojo de Aves de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.

Restall, R., Rodner, C., & Lentino, M. (2007). *Birds of Northern South America: An Identification Guide: Plates and Maps*. (Vols. 1-2, Vol. 2). New Haven: Yale University Press.

Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 23(88), 375-387.

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

- Roldán, G., & Ruiz, E. (2001). Development of limnology in Colombia. En *Wetzel, R.G. y B. Gopal, (Eds.) Limnology in Developing Countries, Volume 3* (pp. 69-119). International Association of Theoretical a Applied Limnology.
- Romero, M., Maldonado, J., Bogotá, J., Usma, J., Umaña, A., Murillo, J., Payán, E. (2009). *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007-2008: Piedemonte Orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare*. Bogotá D.C., Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rosemond, A. D., Pringle, C. M., & Ramírez, A. (1998). Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. *Freshwater Biology*, 39(3), 515-523.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, USA: Chapman & Hall. Recuperado a partir de <http://www.cabdirect.org/abstracts/19950506768.html>
- Rueda-Delgado, G., Wantzen, K. M., & Tolosa, M. B. (2006). Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *The Society for Freshwater Science*. Research-article. Recuperado 2 de mayo de 2013, a partir de <http://www.jnabs.org/doi/abs/10.1899/0887-3593%282006%2925%5B233%3AL-DIAAF%5D2.0.CO%3B2>
- Ruiz, S. L., Sánchez, E., Tabares, E., Prieto, A., Arias, J. C., Gómez, R., Rodríguez, L. (2007). *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana*. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Fotomecánica Ltda.
- Saab, V. A., & Petit, D. R. (1992). Impact of Pasture Development on Winter Bird Communities in Belize, Central America. *The Condor*, 94(1), 66-71. doi:10.2307/1368796
- Salaman, P. G. W., Donegan, T. M., & Cuervo, A. M. (1999). Ornithological surveys in Serranía de los Churumbelos southern Colombia. *Cotinga*, 12, 29-39.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (sf). Plan de desarrollo agropecuario piscícola y forestal del Putumayo. Secretaría de Desarrollo Agropecuario.
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos*, 16(2), 45-63.
- Serrato, C. (2008). *Estado de calidad de aguas del sistema Andino-Amazónico colombiano, a través de la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos* (Monografía para especialización). Especialización en Estudios Amazónicos. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia y Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá.
- Serrato, C., & Duque, S. (2008). Calidad de las aguas de sistemas de la Amazonia Andina colombiana, a través de la bioindicación con macroinvertebrados acuáticos. En *Buitrago Garavito, A. I., Jiménez, E., Tobón, M. A., Gendrau Acho, S., Ciro Rodríguez, E., Ciro Rodríguez, A., Serrato Hurtado, C. (2008). Gente, tierra y agua en la Amazonia* (pp. 215-240). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia-Sede Amazonia.
- Soto, R., & Espinel, R. (2012). Protocolo para siembras de sistemas silvopastoriles - SSP y agroforestales -SAF. (Informe Técnico) (p. 17). Mocoa, Putumayo: WWF-Colombia y Corpoamazonia.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow, 390.

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.

Straube, F. C., & Bianconi, G. V. (2002). Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical*, 8(1-2), 150-152.

Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R. E. (2004). *Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford, New York: Oxford University Press. Recuperado a partir de <http://www.docstoc.com/docs/62481516/A-Handbook-of-Techniques-Bird-Ecology-and-Conservation>

Thompson, C. (2010). *iAmazonia Viva! Una década de descubrimientos: 1999-2009*. Thompson, T. (Trad). Cali, Colombia: WWF-Colombia.

Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M., & Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation*, 132(1), 61-75. doi:10.1016/j.biocon.2006.03.014

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1), 130–137.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (Segunda.) Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de Inventarios de Biodiversidad, Grupo de Exploración y Monitoreo Ambiental (Gema). Recuperado a partir de http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/067_Metodos_Inventarios_2004.pdf

Voss, R. S., & Emmons, L. H. (1996). *Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment*. American Museum of Natural History. Recuperado a partir de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=OET.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=013548>

Wantzen, K. M., & Wagner, R. (2006). Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical-temperate comparison. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(1), 216-232.

WWF. (2012). *Informe técnico de final del Proyecto «Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del mejoramiento de los sistemas ganaderos en el departamento del Putumayo»*. (Final) (p. 107). Mocoa, Putumayo: WWF-Colombia.

WWF, Coganasis, Fundación Cipav, & Diócesis de Mocoa Sibundoy. (2010). Bateria de indicadores para las microcuencas como elemento de planificación predial participativa. Fundación Cipav.

WWF, & Corpoamazonia. (2010). Desarrollo y validación del esquema de compensación por servicios ambientales y reconversión de sistemas ganaderos en cuencas hidrográficas abastecedoras de acueductos municipales pertenecientes a la cuenca del río Putumayo. WWF-Colombia y Corpoamazonia.

WWF, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, & Parques Nacionales Naturales. (2007). Escenarios de conservación en el Piedemonte Andino-Amazónico de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt -IAvH.

Zamora-Muñoz, C., Sáinz-Cantero, C. E., Sánchez-Ortega, A., & Alba-Tercedor, J. (1995). Are biological indices BMPW and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Water Research*, 29(1), 285-290.

Zapata, P. C., & Díaz, F. (2012). Reconversión productiva en la cuenca del río Guacha: Caracterización de los sistemas productivos regionales. En *Giraldo, C., Díaz, F., & Gómez, R. (Eds.) (2012). Ganadería sostenible de trópico de altura: En el corredor de conservación de robles* (pp. 29-53). Cali, Colombia: Fundación Natura, Fundación Cipav.

Zúñiga, M. del C. (2001). *Los insectos como bioindicadores de calidad de agua*. Cali, Colombia: Departamento de Procesos Químicos y Biológicos, Universidad del Valle.

Zúñiga, M. del C., & Cardona, W. (2009). Bioindicadores de la calidad del agua y caudal ambiental. En *Cantera et al. (Comp.) Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.



Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia

Cra. 17 14-85 Barrio La Esmeralda

Tels: +57 (8) 4295267 / 4296641 / 4296642

correspondencia@corpoamazonia.gov.co

Mocoa, Putumayo, Colombia



WWF-Colombia

Tel: + 57 (2) 558 2577

Cra. 35 No. 4A-25

www.wwf.org.co

Cali, Colombia