

AGRICULTURA SOSTENIBLE EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA

SUSTAINABLE AGRICULTURE IN HIGH MOUNTAIN ECOSYSTEMS

AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO ECOSISTEMAS DE ALTA MONTANHA

DIANA MARCELA RUIZ O.¹, JUAN PABLO MARTINEZ I.², APOLINAR FIGUEROA C.³.

RESUMEN

La agricultura como principal actividad del desarrollo económico rural en Colombia ha sido implementada con diferentes estrategias desde la época precolombina. Los ecosistemas de la alta montaña no han sido ajenos a esta realidad, y particularmente en las zonas de Páramo del Cauca, el intento por favorecer la prevalencia de un modelo altamente productivo e intensivo en el uso del suelo ha conllevado al detrimento de la diversidad socio-ecológica, la rápida expansión de la frontera agropecuaria en áreas estratégicas, la pérdida del conocimiento tradicional sobre el uso de la tierra y el bajo rendimiento de los cultivos que ha implicado mayor incorporación de fertilizantes al suelo amenazando estos sistemas vulnerables en la alta montaña. Sin embargo, es común encontrar en diferentes localidades paramunas caucanas comunidades indígenas y campesinas que reconocen la necesidad de cambiar los sistemas productivos que han venido empleando debido a la disminución de la fertilidad del suelo que limita la comercialización de sus productos y a la problemática ambiental asociada, en este sentido, el acompañamiento institucional en este proceso es vital para favorecer la implementación de procesos sostenibles de forma integral.

Recibido para evaluación: 1 de agosto de 2014. **Aprobado para publicación:** 17 de Abril de 2015.

- 1 Universidad del Cauca, Grupo de Estudios Ambientales. Bióloga, Estudiante Doctorado Ciencias Ambientales. Popayán, Colombia
- 2 Universidad del Cauca, Grupo de Estudios Ambientales. Biólogo, Candidato a Doctor en Ciencias Ambientales. Popayán, Colombia
- 3 Universidad del Cauca, Grupo de Estudios Ambientales. Profesor titular, Doctor en Ciencias Ambientales. Popayán, Colombia.

Correspondencia: dianamruiz@unicauca.edu.co, dianamarceruiz@gmail.com

ABSTRACT

The agriculture as the main activity of rural economic development in Colombia has been implemented with different strategies since pre-Columbian times. The high mountain ecosystems have not been immune to this reality, particularly in the areas of Paramo in the department of Cauca, the attempt to promote an highly productive model with intensive use of soil has led to the detriment of socio-ecological diversity, the rapid expansion of the agricultural frontier in strategic areas, the loss of traditional knowledge on the use of land and low crop yields has resulted in increased incorporation of fertilizer to the ground, threatening these vulnerable systems of the high mountains. However, it is common to find in different locations of Paramo in Cauca indigenous and peasant communities that recognize the need to change production systems that have been employed due to the declining of soil fertility and the limitations on the marketing of their products, in this sense, the institutional support in this process is vital to promote the implementation of sustainable processes using integral strategies.

RESUMO

Da Agricultura como a principal atividade de desenvolvimento econômico rural na Colômbia foi implementado com diferentes estratégias desde o tempos pré-colombianos. Os ecossistemas de alta montanha não ficaram imunes a esta realidade, particularmente em áreas do Paramo do Cauca, a tentativa para promover um modelo altamente produtivo e intensivo no uso da terra levou em detrimento da diversidade socio-ecológica, a rápida expansão da fronteira agrícola em áreas estratégicas, a perda do conhecimento tradicional sobre o uso da terra e as baixas colheitas resultou em aumento da incorporação de fertilizantes para o solo ameaçando esses sistemas vulneráveis nas montanhas. Porém, é comum encontrar em comunidades locais indígenas e camponesas do paramo caucano que reconhecem a necessidade de mudar os sistemas de produção que têm sido utilizados devido ao declínio da fertilidade do solo y as limitações na comercialização dos seus produtos, nesse sentido, o apoio institucional neste processo é vital para promover a implementação de processos sustentáveis de forma abrangente.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores de transformación del entorno tanto en las sociedades ancestrales como modernas ha sido la agricultura, lo cual demuestra que la relación hombre naturaleza esta mediada por la necesidad de aprovechar los recursos naturales y establecerse territorialmente, situación que abarca ecosistemas estratégicos como los Páramos [1]. En Colombia, la necesidad de incrementar la producción regional ha catalizado la transformación del páramo, convirtiendo algunos de estos ecosistemas en continuos de cultivos, potreros y asentamientos en donde la presión ejercida supera la capacidad de respuesta del sistema [2, 3, 4]. Sin embargo, debe reconocerse la existencia de prácticas sociales que han logrado mantener, en tiempo y espacio, una relación equilibrada con el páramo per-

PALABRAS CLAVES:

Uso de la Tierra, Cultivos, Páramos, Diversidad socioecológica.

KEYWORDS:

Land use, Crops, Paramo, Socio-ecological diversity.

PALAVRAS-CHAVE:

Uso da Terra, Cultivo, Paramo, Diversidade sócio-ecológica.

mitiendo al sistema natural asimilar los impactos de forma resiliente [5].

La intervención humana sobre los páramos, es producto de un devenir histórico que inicia desde la época precolombina, sin embargo, es notoria la intensificación en la implementación de sistemas de producción en el último medio siglo situación que aceleró la degradación de estos ecosistemas [6, 7].

Esta realidad se ha potenciado, porque la implementación de muchas estrategias agrarias en el páramo ha provenido desde la institucionalidad, limitando la interacción con las comunidades y el reconocimiento de los modos de relacionamiento agrícola que poseen con sus entornos, haciendo escasa la interacción entre el saber tradicional y el conocimiento científico para generar alternativas de manejo sostenible en estos biomas [8, 9], situación que ha desencadenado acciones ambientales desarticuladas [10] entrando en conflicto con contextos socioambientalmente heterogéneos como son los páramos del suroccidente del país.

Es por esto que se hace necesaria la reflexión sobre la agricultura sostenible en el Páramo, como referente para mejorar el abordaje de problemáticas como el uso inadecuado de los suelos y la intensificación de actividades agropecuarias que alteran la función socioambiental del ecosistema incidiendo en la calidad de vida de las comunidades y el desarrollo territorial [9, 11, 12].

Como áreas de interés, representando las realidades del macizo en el Cauca, se presentan las subcuencas

del río San Francisco y Río Bedón en el municipio de Puracé, con el fin de analizar en un mismo ecosistema diferentes procesos de gestión, uno orientado a la conservación en el río Bedón y otro hacia la producción en el río San Francisco. Estas áreas son estratégicas para el abastecimiento hídrico regional, y directamente para las comunidades de al menos 5 municipios, sustentando la productividad agrícola en el macizo caucano, destacándose la producción de papa y leche, adicionalmente existe una reserva de la biosfera (Parque Nacional Natural Puracé) cuya significancia ecológica y cultural es elevada.

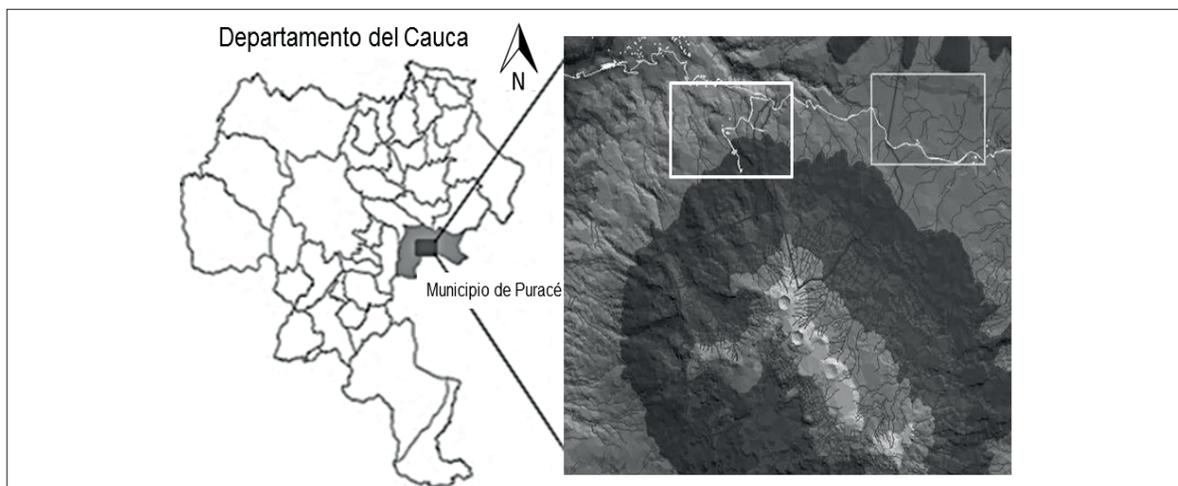
En estas dos zonas contrastantes, es posible encontrar oportunidades para una producción agrícola sostenible, ya que en muchas prácticas realizadas por comunidades tradicionales se tiene en cuenta la capacidad de carga de los suelos, estas alternativas aunadas al conocimiento y la tecnología pueden ser utilizadas para influir positivamente en las formas de vida de las comunidades a través de una agricultura sostenible.

DESARROLLO DEL TEMA

Los lugares objeto del análisis

El área de estudio (Figura 1) se encuentra en el macizo Colombiano y corresponde a las subcuencas del río San Francisco y Río Bedón (Puracé-Cauca), zona de traslape entre el PNN Puracé, el cabildo indígena de Puracé y la CRC [13]; es un área que soporta gran parte del desarrollo económico regional del sur de Co-

Figura 1. Área de estudio.



lombia, articulando geográficamente las cuencas altas de los ríos Cauca y Magdalena, e integra el corredor de páramos que se extiende a lo largo de la cordillera central hacia el norte [14]. La diversificación de la malla hidrográfica en la zona obedece a la heterogeneidad del relieve y configuración del sistema montañoso con pendientes fuertes y largas; el relieve quebrado e irregular de origen volcánico, posee suelos de baja fertilidad, alta saturación de aluminio, pedregosidad y alta susceptibilidad a la erosión [15, 16].

El comportamiento climático de la zona es bimodal, con una época seca regularmente en los meses de septiembre a abril y una época de lluvias intermitentes durante el resto del año con precipitaciones entre los 1600 mm y 2500 mm especialmente intensas entre mayo y agosto. La zona tiene pisos térmicos desde templado hasta nival, con cambios en la temperatura y la radiación solar en función de la altitud [1].

Problemática ambiental de la producción agrícola en Puracé

Los conflictos ambientales más evidentes en las partes altas del municipio de Puracé están asociados al manejo del cultivo de la papa donde se emplean fertilizantes químicos y se empiezan a establecer áreas de monocultivo sin rotación, así mismo a la renovación de pasturas (o limpieza de zonas de cultivo) a través de quemas que derivan en incendios incontrolados que alcanzan áreas con vegetación natural [13, 14, 17],

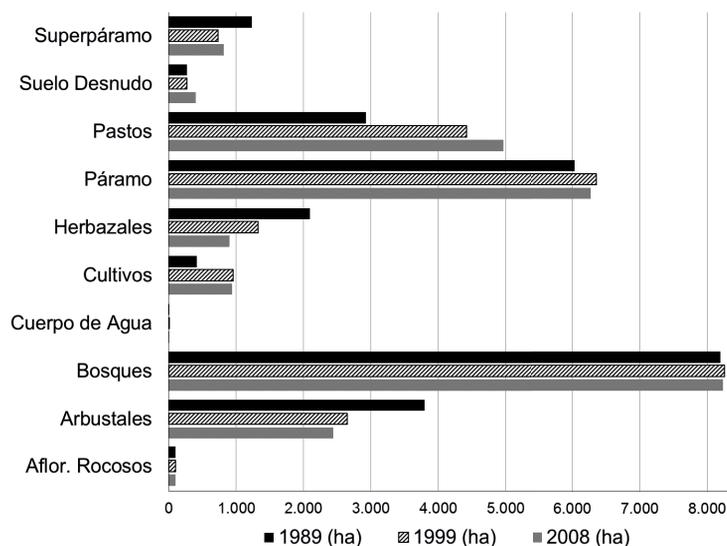
contaminación de fuentes hídricas [18], aumento de procesos erosivos [16, 19] y pérdida de la cobertura vegetal como consecuencia de la expansión e intensificación de la frontera agrícola [20, 21, 22], afectando la capacidad de retención de agua y amenazando la disponibilidad de la misma por las modificaciones en la evapotranspiración y regulación del ciclo hidrológico, del cual depende la interacción equilibrada y sostenible de las comunidades con el entorno.

Cambios en el uso del terreno y reemplazo de coberturas naturales

En la zona de estudio se observó el cambio en el uso del terreno y reemplazo entre coberturas empleando técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes para los años 1989-1999-2008, a continuación se presentan las áreas por tipo de cobertura en las tres temporalidades (Figura 2).

Para el primer periodo (1989-1999) se identificaron relaciones espaciales entre las coberturas a) Arbustales-Cultivos-Pastos en donde las zonas de arbustales, que actúan como barreras de protección para los bosques, se transforman para dar paso a cultivos los cuales después de algunos ciclos productivos son transformadas en áreas para ganadería; una segunda tendencia se observa entre ii) Herbazales y pastos, ya que las zonas abiertas con vegetación natural herbácea se emplean en actividades de pastoreo por las condiciones que estas ofrecen para implementar esta práctica.

Figura 2. Áreas por tipo de cobertura para los años 1989, 1999 y 2008.



Lo anterior, indica una transición gradual de las comunidades naturales hacia zonas productivas [23]; en términos del ciclo de renovación adaptativa [24] este proceso correspondería con el bucle liberación-reorganización, ya que se tiene un aprovechamiento de los recursos naturales que aún no supera la resiliencia del sistema manteniendo su identidad; lo anterior se hace evidente si se observa que las coberturas de bosque se mantienen en la ventana observada. Sin embargo, por la escala de transformación, (poca tecnología/manejo tradicional y de bajos niveles productivos), sería factible redireccionar el modelo productivo para alcanzar un manejo integral para la sostenibilidad de este sistema complejo [25, 26, 27]. El análisis de cambio para el periodo 1999-2008 evidencia el mismo patrón afectando inclusive el páramo.

En el cuadro 1 se realiza una comparación entre las temporalidades 1989 y 2008, apreciando una disminución de arbustales (-137,51%) y un aumento significativo de áreas de cultivos (55,68%); se incrementa el área de páramo (12,56%) aunque exhibe un leve descenso a partir de 1999, la compensación en esta cobertura se debe principalmente a su desplazamiento hacia franjas superiores del superpáramo asociados a procesos de cambio climático [11, 28] y a la ocupación de algunas zonas productivas abandonadas.

En síntesis, los cambios en el uso del suelo para el periodo analizado muestran reducción en áreas de arbustales y Herbazales, así como la expansión de los páramos mediante ascenso altitudinal a zonas de superpáramo.

Alterar las coberturas naturales que coadyuvan en la regulación hídrica del sistema limitan la oferta hídrica

Cuadro 1. Cambio porcentual y medio anual por tipo de cobertura y uso identificados (periodo 1989 -2008).

Cobertura	% Cambio Cobertura	Cambio medio anual (ha/año)
Aflor. Rocosos	-2,01%	-0,11
Arbustales	-137,51%	-176,66
Bosques	0,38%	1,63
Cuerpo de Agua	-48,22%	-0,01
Cultivos	55,68%	27,48
Herbazales	-109,67%	-57,57
Páramo	3,95%	12,56
Pastos	41,08%	107,37
Suelo Desnudo	32,77%	6,97
Superpáramo	-50,37%	-21,67

de las cuencas [29, 30], y en este sentido, el incremento en cultivos y pastos, implica una mayor demanda de agua para el mantenimiento de zonas productivas compitiendo con la destinación para consumo humano, adicionalmente en las practicas agropecuarias se emplean agroquímicos que se incorporan a los cauces por escorrentía [16].

El cambio de coberturas naturales por antrópicas obedece a una presión en sentido Noroccidente-Suroccidente y norte-sur hacia el territorio protegido en el PNN Puracé, con patrón ascendente, el cual está concentrado en zonas cercanas a la red de drenaje, ejes viales y los centros poblados. La conversión de áreas de arbustales, bosques y páramos por área de cultivos y pastos, implica una mayor demanda de agua para el mantenimiento de zonas productivas compitiendo con la destinación para consumo humano [31, 32].

En estas zonas, durante las cuatro últimas décadas (1970-2010), se han presentado reducciones significativas en el área ocupada por coberturas vegetales naturales de bosques, páramos y humedales. Los estudios ecosistémicos han identificado que el cambio en el uso del terreno, algunas prácticas culturales como la quema y los patrones aleatorios de ocupación agrícola han sido las causas principales del deterioro ambiental [18, 21]; según las proyecciones calculadas al año 2019, se prevé el reemplazo de aproximadamente el 50% de las coberturas naturales, principalmente producto del establecimiento de cultivos y potreros, en las áreas definidas [21, 22].

La agricultura y la autonomía alimentaria

La autonomía alimentaria es uno de los objetivos de las comunidades de Puracé y procura una relación armónica entre el territorio, los recursos contenidos y su identidad así como el respeto por la cultura local y la cosmología de las comunidades rurales [13, 33]. En este sentido, existen conocimientos valiosos en las técnicas ancestrales de intercambio y producción agrícola en la zona andina de Colombia que forjaron una memoria colectiva en el manejo de los suelos para la producción de alimentos [33, 34, 35].

Sin embargo, producto del devenir histórico desde la colonización hasta nuestros días, se han perdido tradiciones y saberes para dar paso a procesos expansivos de producción, estableciendo monocultivos que emplean intensivamente insumos agrícolas para incrementar la eficiencia productiva.

Esto ha reconvertido zonas de cultivo tradicional y áreas naturales que se manejaban bajo la cosmovisión ancestral de acuerdo con las capacidades del terreno, las condiciones del relieve y el clima, por técnicas avanzadas de producción (Ej. Terrazas, zanjas en pendientes, cultivos de mayor rendimiento, introducción de maquinaria, agroquímicos) [16, 36, 37] que son altamente consuntivas degradando los suelos ocupados, contaminando el agua y afectando la salud de las comunidades.

Necesidades y oportunidades de la agricultura sostenible

Las transformaciones que causan las comunidades humanas sobre la naturaleza ocasionan también cambios en su estructura social que deben responder a las nuevas realidades de su soporte natural, originándose con ello una dinámica de coevolución [38, 39]. Estas interacciones dan cuenta de dos aspectos importantes para la humanidad, la diversidad biológica como parte fundamental para el desarrollo de la vida y su valor intrínseco, servicios ecosistémicos, y demás, y la diversidad cultural, como diversidad de la vida, de las creencias, valores, visiones y cosmovisiones de los seres humanos que cobran importancia en la medida que son generadores de cambios, de procesos de transformación del paisaje y de la naturaleza [40, 41].

Estas diferencias entre las comunidades enriquecen la diversidad cultural, lo cual es garante de mantener la resiliencia entre los sistemas sociales [42, 43], algunas comprenden que en la naturaleza ocurren fenómenos asociativos, siendo el hombre parte de ellos; pero en el pensamiento del hombre modernista, que es coherente con la ideología Darwiniana del triunfo de los fuertes sobre los débiles, no existe un enfoque sistémico respecto al entorno y se limita a una relación de dominancia.

Bajo el enfoque del modelo capitalista, las formas de gobierno han facilitado la mercantilización de la naturaleza con abastecimiento de materias primas y mano de obra barata [44], los mecanismos de participación comunitaria en los procesos de toma de decisión son bajos, existe un gobierno poco incluyente con bajo interés por la igualdad al acceso de los recursos naturales y los problemas que surgen en la población como el hambre, la pobreza y la inequidad, le restan importancia a los conflictos ambientales acentuándose en gran medida los procesos de desarraigo y la pérdida de identidad cultural [45, 46].

Igualmente, la globalización de las economías, ha sido un factor detonante en la degradación de los ecosistemas [47], debido a que la implementación de modelos foráneos sin tener en cuenta las características específicas de nuestros territorios ha potencializado el desgaste ambiental, que alcanza incluso las zonas más vulnerables como los bosques de niebla y los páramos, ejemplo de ello es la revolución verde, en los setenta, pues las nuevas prácticas para la agricultura intensiva, con uso de agroquímicos y maquinarias de preparación de áreas de cultivo, generaron además de vastas extensiones deforestadas, críticos procesos de erosión de los suelos y de contaminación de los ríos, un desarraigo de los patrones culturales autóctonos en el manejo de los "agroecosistemas" [48].

Como consecuencia de la globalización económica ocurre la homogenización de las culturas y los paisajes, cada día emergen más zonas con monocultivos y los procesos de expansión urbana son crecientes, este hecho, puede causar pérdida de oportunidades para la conservación basada en el fortalecimiento de la relación hombre-naturaleza teniendo en cuenta las características innatas del territorio y la dinámica en torno a los procesos productivos que las comunidades ancestrales han aprendido a manejar como resultado de siglos de interacción.

Oportunidades en el manejo agrícola integral en la alta montaña

En general las comunidades locales practican la agricultura tradicional y en menor escala tecnificada y se puede identificar la siembra a favor de la pendiente, el uso de agroquímicos y plaguicidas como las principales causas en la pérdida de nutrientes y fertilidad del suelo, así como en el aumento de procesos erosivos, de igual modo se debe considerar que el páramo no es el área adecuada para la agricultura ya que se causa disminución o pérdida total en la capacidad de retención de agua [13, 49, 50].

Las zonas de expansión de sistemas productivos que se muestran en el análisis de coberturas están ocupadas por áreas de pastoreo de ganado (al menos tres cabezas de ganado por familia) y cultivos de papa, ulluco, arveja, habas y una huerta casera con siembra de col de montaña, quinua, arracacha, plantas aromáticas como manzanilla, tomillo, orégano, cebolla, repollo, cilantro, perejil, albahaca, alcachofa y maíz. Además se utilizan las técnicas manuales de cultivo y manejo de suelos con el uso de picas y conformación

de eras, rotación de cultivos cada 3 siembras en promedio [17, 18, 21, 22].

Este proceso de ocupación genera cambios en la estructura y alteración de las unidades de paisaje, pero es importante tener en cuenta que la población asentada en la zona de estudio pertenece en su gran mayoría al cabildo indígena de Puracé quienes desarrollan actividades comunitarias encaminadas hacia la recuperación de los subsistemas hídricos, así es como se han venido realizando jornadas o mingas para aislar el bosque que rodea los nacimientos de agua y permitir de esta manera la regeneración natural del mismo.

De igual forma, las comunidades locales han participado en programas de seguridad alimentaria promovidos por diferentes instituciones entre ellos la unidad administrativa de parques nacionales UAESPNN, ECO-FONDO, SENA y capacitaciones gestionadas a través del cabildo indígena, lo cual deja como resultado, el incipiente uso de abonos orgánicos (estiércol, gallinaza, abono tipo bocachi, desechos de cocina, ajeno, ortiga y ají) para las actividades de jardinería y algunas huertas caseras.

Sin embargo, las técnicas de producción limpia no tienen muchas acogida, pues a falta del acompañamiento institucional a estas iniciativas no garantizan el mantenimiento de los cultivos y la producción lo cual es vital para las familias ya que de ellos depende su sustento. En este sentido, se pierde la oportunidad de implementar masivamente procesos de producción limpia como la agricultura de precisión y el uso de insumos orgánicos.

Teniendo en cuenta que la PML ha evolucionado hacia una estrategia integral de producción, consumo,

comercio y desarrollo. El aporte de esta nueva concepción de ciclo de vida se muestra en la perspectiva de optimizar el sistema productivo desde las materias primas, procesos de producción, transporte, uso y disposición final los cuales deben ser abordados en las propuestas que se han presentado a las comunidades de Puracé pues como se mencionó anteriormente se ha limitado a procesos de capacitación en el uso de insumos orgánicos más no en acompañamiento continuo que permita ir haciendo el reemplazo de los cultivos tradicionales y su comercialización. De igual modo, generar estos cambios resulta benéfico para las comunidades pues los productos agrícolas “verdes” tienen mejores precios en los mercados como productos diferenciados.

CONCLUSIONES

Es importante mencionar la necesidad de implementar nuevos enfoques de gobierno, de cambio de mentalidad frente a la naturaleza y sus servicios ecosistémicos, de los cuales depende nuestra subsistencia, de este modo, la consolidación de un constructo mental que comprenda las interacciones ecológicas de la cual hacemos parte es necesaria para poder garantizar el mantenimiento de los humanos como especie en el ecosistema y deben ser la base de la organización social (desde la política, economía y demás) en el mundo.

Si bien es importante conocer las principales amenazas que afectan la estabilidad de los sistemas sociales y naturales, también es vital saber reconocer la trascendencia que tiene el empezar a generar un pensamiento colectivo de colaboración y cooperación que este fortalecido por procesos políticos integrales globalizados amparados por un interés común: Recuperar o restaurar los sistemas de manejo adaptativo, mantener la biodiversidad y la diversidad cultural a través de mecanismos de conservación integral, que nos lleven hacia un desarrollo sostenible y que garanticen el buen vivir de las comunidades.

Reconocer los contextos históricos de manejo del poder y decisión para el uso y apropiación de los recursos naturales de las sociedades, puede ser útil en la generación de alternativas de fortalecimiento de los procesos de construcción cultural en torno a la gestión integral del ambiente, por lo que es necesario redireccionar los fines particulares del desarrollo centrados en el crecimiento económico hacia la construcción colectiva de una “sostenibilidad fuerte”.

Figura 3. Áreas de actividad agropecuaria.



REFERENCIAS

- [1] GEA. Modelamiento climático, patrones de cambio y sus efectos en ecosistemas agrícolas altoandinos, identificando medidas de adaptación y mitigación para la planificación. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012, 84 p.
- [2] FOLKE, C., CARPENTER, S., WALKER, B., SCHEFFER, M., ELMQVIST, T., GUNDERSON, L. and HOLLING, C.S. Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 2004, p. 557-581.
- [3] VAN DER HAMMEN, T. Diagnóstico, cambio global y conservación. Memorias Congreso Mundial de Páramos. Paipa (Colombia): MMA, CAR, IDEAM y C. COLOMBIA, 2002, p. 60-71.
- [4] ORTIZ, L. y REYES, M. Páramos en Colombia: un ecosistema vulnerable. Bogotá (Colombia): Observatorio Medio Ambiente, 9, 2009. 9 p.
- [5] MORALES, M., OTERO, J., VAN DER HAMMEN, T., TORRES, A., CADENA, C., PEDRAZA, C., RODRÍGUEZ, N., FRANCO, C., BETANCOURTH, J., OLAYA, E., POSADA, E. y CÁRDENAS, L. Atlas de páramos de Colombia. 1 ed. Bogotá (Colombia): IAvH, 2007, 208 p.
- [6] MORALES, J. y ESTÉVEZ, J. El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción?. *Manizalez (Colombia): Luna azul*, 22, 2006, 13 p.
- [7] COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. En: Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor. 1 ed. Bogotá (Colombia): IDEAM, 2002, p. 211-326.
- [8] REY, C., FRANCO, L. y CASTAÑO, C. Estado y Gestión de los Páramos de Colombia - Informe Nacional. Memorias Congreso Mundial de Páramos. Paipa (Colombia): MMA, CAR, IDEAM y C. COLOMBIA, 2002, p. 114-203.
- [9] PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN (PGN). Panorama y Perspectivas sobre la Gestión Ambiental de los Ecosistemas de Páramo. Colección de Asuntos Ambientales. 1 ed. Bogotá (Colombia): Imprenta Nacional, 2008, 143 p.
- [10] DALE, V., ARCHER, S., CHANG, M. and OJIMA, D. Ecological Impacts and Mitigation Strategies for Rural Land Management. *Ecological Applications*, 15 (6), 2005, p. 1879-1892.
- [11] ARELLANO, H. y RANGEL, O. Patrones en la distribución de la vegetación en áreas de páramo de Colombia: heterogeneidad y dependencia espacial. *Caldasia*, 30 (2), 2008, p. 355-411.
- [12] HARDEN, C. Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes. *Geomorphology*, 79 (3-4), 2006, p. 249-263.
- [13] MAZABUEL, N. Plan de Desarrollo Municipal de Puracé. Puracé (Colombia): 2012, 137 p.
- [14] COLOMBIA. PARQUE NACIONAL NATURAL PURACÉ. Plan de Manejo Básico del Parque Nacional Natural Puracé: Secondary Plan de Manejo Básico del Parque Nacional Natural Puracé. Popayán (Colombia): UAESPNN-DTSA, 2004, 60 p.
- [15] PEREZ, E. Comportamiento, destino y variabilidad espacial de plaguicidas organofosforados en suelos ándicos del humedal de Calvache, Cauca, Colombia. Predicción de posible contaminación [Ph.D. Tesis en Química]. Cali (Colombia): Universidad del Valle, Departamento de Química, 2009, 245 p.
- [16] OTERO, J.D. Evaluación del Arrastre de Nutrientes en Zona de Ladera Generado por Escorrentía Superficial en dos Agroecosistemas Dentro de la Zona de Amortiguación del Parque Nacional Natural Puracé [Tesis en Biología]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, 2009, p. 89.
- [17] FIGUEROA, A., MARTÍNEZ, J., JOAQUI, S. y VALENCIA, M. MACACEA: Monitoreo Ambiental para Cambio Climático en Ecosistemas Agrícolas Altoandinos. Popayán (Colombia): Boletín VRI, 18 2009, p. 1 - 49.
- [18] RUIZ, D.M. Determinación del impacto ambiental sobre el recurso hídrico para consumo humano generado por el establecimiento de actividades antrópicas en la parte alta de la subcuenca río san Francisco, municipio Puracé, Departamento del Cauca. [Tesis en Biología]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, 2009, p. 119.
- [19] MUÑOZ, F.A. Evaluación de la susceptibilidad a la erosión en dos tipos de agroecosistemas alto andinos en la cuenca del río Palacé [Tesis en Biología]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, 2007, p. 86.
- [20] MOSQUERA, A., MARTÍNEZ, J. y FIGUEROA, A. Microclimatic gradients in transition zones of Andean forest: A case study of Purace National

- Park. *Scientific Research and Essays*, 9 (16), 2014, p. 703 - 715.
- [21] MARTÍNEZ, J., FIGUEROA, A. Cambios de cobertura y fragmentación a través de un análisis espacio temporal en el parque nacional natural Puracé. En: *Fragmentación y coberturas vegetales en ecosistemas andinos*, Departamento del Cauca. 1 ed. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca., 2009, 400 p.
- [22] JOAQUI, S. y FIGUEROA, A. Análisis multitemporal de coberturas vegetales para ecotopos paramunos. Parque nacional Natural Puracé. En: *Fragmentación y coberturas vegetales en ecosistemas andinos*, Departamento del Cauca. 1 ed. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca., 2009, 400 p.
- [23] VALENCIA, J., LASSALETTA, L., VELÁZQUEZ, E., NICOLAU, J.M. and GÓMEZ-SAL, A. Factors Controlling Compositional Changes in a Northern Andean Páramo (La Rusia, Colombia). *Biotropica*, 45 (1), 2013, p. 18-26.
- [24] HOLLING, C.S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4 (5), 2001, p. 390-405.
- [25] LEFF, E. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable. *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible - Cuides*, 10 (17), 2013, p. 185-209.
- [26] GALLOPIN, G. El desarrollo sostenible desde una perspectiva sistémica. *Sostenible*, (11), 2010, p. 17-35.
- [27] PÉREZ, M., ROJAS, J. y ORDOÑEZ, C. Desarrollo sostenible: Principios, aplicaciones y lineamientos de política para Colombia. Cali (Colombia): Universidad del Valle - Instituto CINARA, 2010, 346 p.
- [28] RUIZ, D., MORENO, H., GUTIÉRREZ, M. and ZAPATA, P. Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *Science of The Total Environment*, 398 (1-3), 2008, p. 122-132.
- [29] HARDEN, C.P., HARTSIG, J., FARLEY, K.A., JAEHOON, L. and BREMER, L.L. Effects of Land-Use Change on Water in Andean Páramo Grassland Soils. *Annals of the Association of American Geographers*, 103 (2), 2013, p. 375-384.
- [30] LLAMBÍ, L., SOTO-W, A., CÉLLERI, R., DE BIÉVRE, B., OCHOA, B. y BORJA, P. Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino. Quito (Ecuador): CONDESAN, 2012, 10 p.
- [31] MUÑOZ-VILLERS, L.E., HOLWERDA, F., GÓMEZ-CÁRDENAS, M., EQUIHUA, M., ASBJORNSEN, H., BRUIJNZEEL, L.A., MARÍN-CASTRO, B.E. and TOBÓN, C. Water balances of old-growth and regenerating montane cloud forests in central Veracruz, Mexico. *Journal of Hydrology*, 462, 2012, p. 53-66.
- [32] MISERENDINO, M., CASAUX, R., ARCHANGELSKY, M., DI PRINZIO, C., BRAND, C., KUTSCHKER, A. and BALMFORD, A. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. *Science of The Total Environment*, 409, 2011, p. 13.
- [33] LEMOS, M. Propuesta metodológica para determinar el estado de la soberanía, seguridad alimentaria y nutricional y su aplicación en el municipio de Puracé, Cauca [Tesis de maestría]. Bogotá (Colombia): Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2010, p. 159.
- [34] TOCANCIPÁ, J. El trueque: tradición, resistencia y fortalecimiento de la economía indígena en el Cauca. *Revista de Estudios Sociales*, 31, 2008, p. 146-161.
- [35] PORTELA, H. El pensamiento de las aguas de las montañas. *Etnográfica*, VII (1), 2003, p. 63-86.
- [36] MARTÍNEZ, J.P. Caracterización tecnológica para la sostenibilidad ambiental en procesos productivos de papa en zonas altoandinas caucanas. *Ambiente y Sostenibilidad*, 2, 2012, p. 29-37.
- [37] LLAMBÍ, L.D. Algunas implicaciones de la diversidad socio-ambiental andina para una agricultura sustentable en los páramos. Mérida (Venezuela): PNUMA-GEF, 2010, 10 p.
- [38] LLAMBÍ, L.D., SMITH, J.K., PEREIRA, N., PEREIRA, A.C., VALERO, F., MONASTERIO, M. and DÁVILA, M.V. Participatory Planning for Biodiversity Conservation in the High Tropical Andes: Are Farmers Interested?. *Mountain Research and Development*, 25 (3), 2005, p. 200-205.
- [39] SMITH, E. On the coevolution of cultural, linguistic, and biological diversity On *Biocultural Diversity*. En: *Linking Language, Knowledge and the Environment*, Londres (Inglaterra): Smithsonian Press, 2001, p. 95-117.
- [40] GARZÓN, B., INIESTA, I., GARCÍA, M. y MARTÍN, B. Entendiedo las relaciones entre los paisajes y los servicios de los ecosistemas. Un análisis desde la historia socio-ecológica. *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible - Cuides*, 10, 2013, p. 241-268.
- [41] MARTÍN, B., GARCÍA, M., PALOMO, I. and MONTES, C. The conservation against develop-

- ment paradigm in protected areas: Valuation of ecosystem services in the Doñana social-ecological system (southwestern Spain). *Ecological Economics*, 70 (8), 2011, p. 1481-1491.
- [42] ALLEN, C., FONTAINE, J., POPE, K. and GARMESTANI, A. Adaptive management for a turbulent future. *Journal of Environmental Management*, 92 (5), 2011, p. 1339-1345.
- [43] MCKEY, D., ROSTAIN, S., IRIARTE, J., GLASER, B., BIRK, J.J., HOLST, I. and RENARD, D. Pre-Columbian agricultural landscapes, ecosystem engineers, and self-organized patchiness in Amazonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (17), 2010, p. 7823-7828.
- [44] GÓMEZ, E. Valoración económica y complejidad ecológica. Implicaciones para la economía verde. *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible - Cuides*, 10, 2013, p. 27-54.
- [45] ULLOA, A. Concepciones de la Naturaleza en la Antropología Actual. En: *Ecología y paisaje. Miradas desde Canarias*. La Orotava (España): Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2009, p. 213-233.
- [46] VÉLEZ, L. y GÓMEZ, A. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor*, 184 (729), 2008, p. 31-44.
- [47] HELBRON, H., SCHMIDT, M., GLASSON, J. and DOWNES, N. Indicators for strategic environmental assessment in regional land use planning to assess conflicts with adaptation to global climate change. *Ecological Indicators*, 11 (1), 2011, p. 90-95.
- [48] LONDOÑO, L. Agricultura campesina y desarrollo rural. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6 (1), 2008, p. 78-86.
- [49] VARELA, L. La alta montaña de los Andes del norte: el páramo, un ecosistema antropogénico. *Pirineos*, 163, 2008, p. 85-95.
- [50] BUYTAERT, W., IÑIGUEZ, V. and BIÈVRE, B.D. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest Ecology and Management*, 251 (2), 2007, p. 22-30.