

405

SOSTENIBILIDAD DEL PAISAJE EN EL PIEDEMONTES AMAZÓNICO

Ficha metodológica

De acuerdo con la metodología planteada para la evaluación de sostenibilidad multiescala en paisajes productivos desarrollada por el Instituto Humboldt por Bustamante y colaboradores (2019), la interrelación de las funciones socioecológicas debe satisfacer principios de sostenibilidad, que se miden a través de conjuntos de indicadores y sus umbrales. Los Principios son las reglas básicas que orientan el razonamiento o la acción hacia la sostenibilidad de los paisajes y los Indicadores son variables (magnitudes que cambian con el tiempo) que sirven para conocer el estado y la dinámica de un Principio. Estos principios e indicadores fueron construidos en varias mesas de trabajo realizadas con entidades de los diferentes gremios como Fedegán, Agrosavia, Dane, DNP, entre otros, donde cada uno hizo su aporte en los requerimientos y elementos que debe llevar cada indicador.

Se realizó un análisis de la sostenibilidad actual del paisaje en un área priorizada en el departamento del Caquetá. Se evaluó información del Censo Nacional Agropecuario (CNA) a nivel predial y los insumos del proyecto desde lo espacial y el análisis económico, y se incluyeron las capas provenientes del Portafolio de Oportunidades de Restauración¹⁰.

De acuerdo a esa metodología, como primer paso para el área de estudio se generaron unidades de paisajes productivos y se valoró la sostenibilidad de cada uno de estos a partir de la medición de principios e indicadores. Las unidades se generaron por medio de procesos estadísticos y álgebra de mapas con la información que se relaciona a continuación (Tabla 1, figura 2):

Tabla 1 Criterios para la definición de paisajes productivos

Criterio	Descripción y Fuente
Clima	Zonificación climática de Caldas-Lang del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, 2017)
Fisiografía	Relieve y ambiente edafológico del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, 2017)
Coberturas	Mapa de coberturas de la tierra de la Amazonía colombiana (Sinchi 2018), a escala 1:100.000, integrado con la Base de datos Catastral del departamento de Caquetá (IGAC, 2019).
Tecnología	Se generó a partir de la información reportada en el Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2014) en la pregunta P_S9P117 ^[10] , relacionada con la presencia de maquinaria para el desarrollo de actividades agropecuarias.
Tipo de Productor Agrícola	Se tomó como referencia la extensión de la Unidad Agrícola Familiar (UAF) por municipio y zonas homogéneas de la Resolución 041 de 1996 del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria.

Fuente: Instituto Humboldt, 2020.

La medición de principios e indicadores de sostenibilidad se realizó para 7371 paisajes en una escala de 0 a 1, y en concordancia con la disponibilidad de información de las fuentes oficiales disponibles y los demás insumos generados en el proyecto.

La apertura se refiere a la intensidad de los intercambios de materia, energía, información y servicios ecosistémicos, que existen entre los componentes de un paisaje. Para valorar este indicador, se utilizó la información

de la potencialidad de polinización dentro de cada paisaje, de acuerdo al mapa elaborado en el componente de servicios ecosistémicos. Aquí se asume un umbral de beneficio e incidencia proveniente de las áreas naturales, hacia las áreas agropecuarias y se toma como ejemplo la polinización. Sin embargo, este indicador también está planteado para incluir los beneficios de la mesofauna del suelo y los dispersores de semillas que pueden tener áreas de influencia similar por cercanía a las áreas naturales.

La redundancia en las relaciones del paisaje se refiere a la existencia de sustitutos, o sea la presencia y persistencia de diferentes elementos que cumplan una misma función ecológica en la producción. La redundancia en las relaciones del paisaje se valoró a partir de la existencia de sustitutos en el servicio de polinización igualmente.

La heterogeneidad es una medida de la participación porcentual que tienen los diferentes usos del paisaje de acuerdo con su área bajo dos condiciones, la primera es la existencia de coberturas naturales y la segunda, una ponderación de acuerdo con la posibilidad que los usos sean de mosaicos. De este modo, la heterogeneidad H_v se calcula con la siguiente fórmula:

$$H_v = 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{A_i}{A_T} \cdot p_i$$

Donde A_i es el área de la i -ésima cobertura y A_T es el área total del paisaje p_i analizado. La Heterogeneidad virtual es una medida auxiliar utilizada para el cálculo de la heterogeneidad en los usos del suelo de un cierto paisaje que corresponde al promedio ponderado de áreas de las coberturas en el paisaje (Bustamante y colaboradores, 2019).

incluidos ya que requieren de mayor información para su análisis¹¹.

Para aproximar la vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades, dentro de los paisajes con presencia de cultivos se utilizó la siguiente información del censo Nacional Agropecuario (tabla 4):

Se aproximó la regulación del paisaje a partir de la valoración de la vulnerabilidad de cultivos a plagas y enfermedades, desviación de la temperatura promedio del paisaje, control de inundaciones, control de la erosión, balance hídrico, balance de carbono, y ciclaje de nutrientes en el suelo. Existen otros dos indicadores dentro de este principio que son 1) balance de biomasa 2) y balance de energía, que acá no fueron

Tabla 4 Criterios para la valoración del control de plagas y enfermedades en cultivos.

valoración del control de plagas y enfermedades en cultivos

Dato	Fuente	Criterio
Temperatura	Clasificación Climática Caldas-Lang (IDEAM 2014).	A mayor temperatura, mayor vulnerabilidad.
Humedad	Clasificación Climática Caldas-Lang (IDEAM 2014).	A mayor humedad, menor vulnerabilidad.
Uso de Semilla Certificada	Censo Agropecuario Nacional (DANE 2014).	El uso de semilla certificada reduce la vulnerabilidad por incertidumbre.
Uso de controles contra plagas; malezas y enfermedades	Censo Agropecuario Nacional (DANE 2014).	Si se usa únicamente control químico o no se usa, aumenta la vulnerabilidad. El uso de diferentes tipos de control reduce la vulnerabilidad.
Presencia de Monocultivos	Mapa de coberturas de la Amazonía colombiana, (Sinchi 2018), a escala 1:100.000.	La presencia de monocultivos aumenta la vulnerabilidad.
Regulación Hídrica	Zonas con alta retención y regulación hídrica por su tipo de cobertura, que se cruzan con la pendiente, el material parental y la oferta hídrica calculada con las estaciones del IDEAM (En este estudio).	A mayor regulación y oferta, menor vulnerabilidad.
Fertilidad del Suelo	Atributo de fertilidad en el mapa nacional Geopedológico (IGAC 2015).	A mayor fertilidad en el suelo, menor vulnerabilidad.

Tabla Criterios para la valoración de balance de carbono, balance hídrico, control de erosión e inundaciones.

	Variables utilizadas	Fuente de información
Balance de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> Valores de almacenamiento de carbono, de acuerdo al tipo de cobertura para los años 2002, 2007, 2012, 2016 y 2018. 	<ul style="list-style-type: none"> Corine Land Cover (2018). Yépes et al. (2011).
Balance hídrico	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo de la evapotranspiración y la precipitación, para obtener la escorrentía superficial como cálculo de oferta hídrica. 	<ul style="list-style-type: none"> Estaciones climáticas del IDEAM. Estudio Nacional del Agua (2018).
Regulación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> Zonas con alta retención y regulación hídrica por su tipo de cobertura, pendiente y el material parental. 	<ul style="list-style-type: none"> Corine Land Cover (2012) Cartografía drenajes y modelo digital del terreno (IGAC 2014). Modelo digital del terreno y cálculo de pendientes (IGAC 2014). Geopedológico de Colombia (IGAC 2014)

Control erosión	de	<ul style="list-style-type: none"> · Caracterizado por áreas naturales y presencia de erosión. 	<ul style="list-style-type: none"> · Corine Land Cover (2018). · Mapa de erosión Servicio Geológico Colombiana (2015).
Control inundación	de	<ul style="list-style-type: none"> · Caracterizado por áreas naturales en áreas de susceptibilidad de inundación, ajustado con el mapa de humedales. 	<ul style="list-style-type: none"> · Corine Land Cover (2018). · Susceptibilidad de inundación (IDEAM 2012). · Mapa de humedales (Humboldt 2016).

Se establecieron como indicadores de productividad: la oferta de servicios ecosistémicos de provisión, la eficiencia del paisaje y la redundancia del paisaje.

En el caso de la oferta de servicios ecosistémicos, la provisión de agua se valoró a partir del servicio ecosistémico de oferta hídrica, en donde presentó la misma tendencia del indicador de balance hídrico. La cantidad de productos agropecuarios fue aproximada a partir de la información reportada en el Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2014), en donde se identificaron las cantidades de productos por Unidad de Producción Agrícola (UPA), y las cantidades de producción pecuaria llevadas a toneladas.

La cantidad de productos de los ecosistemas se aproximó a partir del reporte del aprovechamiento de productos del bosque natural del Censo Nacional Agropecuario (2014), tales como minerales, suelos o leña.

El indicador de eficiencia del paisaje tiene como propósito identificar cuánto producto se genera por unidad de área (rendimiento), cuántos insumos y energía se consumen por unidad de producto, la rentabilidad y la generación de residuos, emisiones y vertimientos por unidad de producto. Se calcula con dos componentes: rendimiento y rentabilidad, no se tienen datos de contaminación del paisaje a pesar de ser un disturbio presente en la región.

La aproximación para el indicador de rendimiento se basó en los datos del Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2014), en donde se identificaron las cantidades de productos agrícolas y pecuarios, en toneladas producidas respecto al área de unidad de paisaje.

Dado que no se accedió a la información de costos para toda la región y se contaban con muy pocos datos de costo completos, se utilizó sólo el componente de ingreso para el análisis de la rentabilidad obtenida por fuentes secundarias y la visita a 12 iniciativas en los predios de los municipios de Morelia, Belén de los Andaquíes, San José de Fragua, Florencia y Doncello, enfatizando en que para ejercicios futuros es fundamental analizarlo en su integridad.

El tercer indicador incluido dentro de los análisis de productividad es la redundancia en las cantidades del paisaje, lo que se refiere a la presencia de Stocks de Contingencia, o sea los componentes almacenados más allá de la demanda antrópica y natural y disponible en caso de eventos extremos.

Para la valoración de la redundancia se tomaron como referencia los datos de regulación hídrica, considerando que el escurrimiento y la oferta hídrica reflejan un exceso que ya superó el caudal ecológico o de reserva del sistema. Esta información se

relacionó con la calificación de servicios ecosistémicos consignado en el Isaacs y colaboradores (2020), valorando que a mayor concentración de servicios, mayor redundancia en las cantidades del paisaje.

El principio de bienestar se refiere al estado o los estados del paisaje que favorecen el buen vivir, el cual está condicionado por la salud de todos los componentes del paisaje, medido a través de la valoración de la salud de los ecosistemas, la salud humana y animal y la migración de las comunidades. En este caso se calcularon los indicadores de salud de los ecosistemas y salud humana.

La salud de los ecosistemas se valoró a partir de la integridad ecológica, considerando: 1) tamaño y 2) forma de los parches, 3) su estructura por edad (Hansen et al. 2019), 4) su estado de fragmentación, y 5) espacialización de disturbios para conocer el estado de las áreas naturales y definir el estado de salud de los ecosistemas.

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social (OMS), en el cual hay intercambios y equilibrios que conllevan a la satisfacción de las necesidades y las aspiraciones de las personas y los colectivos humanos, acordes con el ambiente que lo(s) rodea (<https://concepto.de/salud-segun-la-oms/>).

La salud humana, se analizó para este caso a partir del autoconsumo, siendo necesario, en estudios futuros, incluir la mayor cantidad de variables relevantes que permitan

entender esos intercambios y equilibrios que conllevan a la satisfacción de las necesidades. Es importante mencionar que el indicador de salud humana se verá también permeado por indicadores del principio de productividad, como la oferta de servicios ecosistémicos de provisión, la presencia de stocks y la regulación del principio de multifuncionalidad, que tienen relaciones directas con la salud humana, pero también de los ecosistemas y los animales.

Para el cálculo de autoconsumo en cada unidad de paisaje se tomaron los valores de consumo per cápita en el departamento, de cada uno de los productos agrícolas reportados en cada paisaje, expresados en gramos/día, reportados en el informe de perfil nacional de consumo de frutas y verduras del Ministerio de Salud (2012). Con esto, se transformó el valor al consumo per cápita a toneladas/año y se establece un supuesto de ocupación por UPA de 5 personas, esto se relaciona con la cantidad de UPA por paisaje productivo. Con estos datos, consumo per cápita (toneladas/año) y con número de personas por paisaje, se calculó el autoconsumo de cada cultivo para cada paisaje.

Para la aproximación a la cuantificación de la salud humana, se relacionó el autoconsumo con los ingresos por unidad de paisaje, desde el supuesto que, a mayor autoconsumo e ingresos, mayor salud humana.

USOS Y USUARIOS RECOMENDADOS

XXXXXXX

LITERATURA CITADA

1. Hernández, O.L. & L.G. Naranjo. 2007. Geografía del piedemonte andino-amazónico. En: Barrera, X., Constantino, E., Espinosa, J. C., Hernández, O.L., Moreno-Díaz, C.A., Naranjo, L.G., Niño-Gualdrón, I., Polanco, R., Restrepo H, Revelo Salazar, J.V., Salazar, C., Suárez, O. Yépez, F., & F. Cuesta. 2007. Escenarios de conservación en el Piedemonte Andino - Amazónico de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF y Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Cali, Colombia. https://www.researchgate.net/publication/265467440_Geografia_del_piedemonte_andino-amazonico
2. Robertson, K. & Castiblanco, M. A. (2005) Amenazas fluviales en el piedemonte amazónico colombiano. *Rev. Colombiana Geogr.* 20: 125–137
3. Cepal, Patrimonio Natural, Parques Nacionales Naturales y la Fundación Moore. S/F. Amazonia posible y sostenible. Folleto. https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/folleto_amazonia_posible_y_sostenible.pdf
4. Correa Ayram, C.A., Díaz-Timote, J., Etter, A., Ramírez, W. y G. Corzo. (2018). El cambio en la huella espacial humana como herramienta para la toma de decisiones en la gestión del territorio. En Moreno, L. A, Andrade, G. I. y Gómez, M.F. (Eds.). 2019. Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia
5. Díaz Timote, J., Isaacs Cubides, P. & Arce, M.I. (2020). Vulnerabilidad de la oferta de servicios ecosistémicos. En: Moreno, L. A. & Andrade, G. I. (Eds.). Biodiversidad 2019. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 92p.
6. Roca A., L. Bonilla and A. Sánchez. 2013. Geografía Económica de La Amazonía Colombiana: Cartagena de Indias, Colombia – Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Bogotá - Colombia: Banco de la República.
7. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2020. “Boletín De Detección Temprana De Deforestación: Cuarto Trimestre 2019.”

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023884/21-BOLETIN.pdf>

8. Visión Amazonía 2018.

9. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). 2015. Línea Base Para el Monitoreo de la Sostenibilidad de los Sistemas Productivos Agropecuarios en el Caquetá – 2012. Bogotá Colombia: Sinchi.

10. Ciro, E. 2016. “Cultivando Coca en el Caquetá: Vidas y Legitimidades en la Actividad Cocalera.” PhD diss., Universidad Nacional Autónoma de México.

11. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). 2018. “Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI), Monitoreo de Territorios Afectados por Cultivos Ilícitos.” Bogotá, Colombia: UNODC-SIMCI. https://www.unodc.org/documents/colombia/2019/Agosto/Informe_de_Monitoreo_de_Territorios_Afectador_por_Cultivos_Illicitos_en_Colombia_2018_.pdf

12. Bustamante-Zamudio, C., García-García, J. A., Redondo, J. M., Camacho-Morales, E. D., Garzón, C. A., & Hernández-Manrique, O. L. (2019). Propuesta metodológica para la evaluación de sostenibilidad multiescala en paisajes productivos, aplicada en al menos un paisaje colombiano. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35535>

13. Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape*

Ecology, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>

14. Redondo, J.M, Bustamante-Zamudio, C., Amador-Moncada, J.A. and O.L. Hernandez-Manrique. 2019. Landscape Sustainability Analysis: Methodological Approach from Dynamical Systems. *Journal of Physics: Conference Series* 1414 (2019): 012010.

15. Isaacs-Cubides, P., Aguilar Garavito, M., Rojas, T., Bustamante, C., García, V., Marin, W., M. J. Valero, et al. 2020. Portafolio de Oportunidades Priorizadas de Restauración Ecológica para la Amazonía Colombiana: Informe técnico Convenio TW-91. Bogotá – Colombia. WWF, Instituto Humboldt.

16. Ochoa, V., W. Marin, P. Isaacs-Cubides and A. Osejo. 2019. “Valoración Integral de los Servicios Ecosistémicos en el Cañón del Río Cauca Antioqueño.” In *Hacia una Valoración Incluyente y Plural de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos: Avances y Visiones Desde América Latina*, edited by Alexander Rincón, pp 80. Bogotá Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

17. Hansen, Andrew, Kevin Barnett, Patrick Jantz, Linda Phillips, Scott J. Goetz, Matt Hansen, Oscar Venter, et al. 2019. “Global Humid Tropics Forest Structural Condition and Forest Structural Integrity Maps.” *Scientific Data* 6: 232. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

18. 2018. Estudio Nacional del Agua.

http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/ministerio-de-ambiente-e-ideam-presentan-el-avance-del-estudio-nacional-del-agua-ena-2018-

19. Isaacs Cubides, P., M. Aguilar Garavito, T. Rojas, C. Bustamante, J. A. García, W. Marin, M. J. Valero, et al. 2020. Portafolio de Oportunidades Priorizadas de Restauración Ecológica para la Amazonía Colombiana: Informe técnico Convenio TW-91. Bogotá – Colombia. WWF, Instituto Humboldt.

20. Yepes, A. P., D. Navarrete, A. J. Duque, J. F. Phillips, K. R. Cabrera, E. Alvarez, M. C. García, and M. F. Ordoñez. 2011. Protocolo para la Estimación Nacional y Subnacional de Biomasa – Carbono en Colombia. Bogotá - Colombia Ideam.

http://www.ideam.gov.co/documentos/13257/13548/Protocolo+para+la+estimaci%C3%B3n+nacional+y+subnacional_1.pdf/11c9d26b-5a03-4d13-957e-0bcc1af8f108

Cítese como:

Citación de ficha sugerida: García-García, J. A., Bustamante-Zamudio, C., Isaacs-Cubides, P., Rojas, T., Garzón, C., Amador, J. A & Hernández Manrique, O. L. (2021). Sostenibilidad del paisaje en el piedemonte amazónico. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G & Hernández-Manrique, O. L.(Eds.). Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 112p.