

# DIVERSIDAD FUN

## Y SERVICIOS AMBIENTALES EN PAISAJES DE MOOR Y BOSQUE ALTOANDINO EN BOYACÁ

Por: \*BURGOS Aracely

### FUNCTIONAL DIVERSITY AND ENVIRONMENTAL SERVICES IN LANDSCAPES IN MOOR AND HIGH ANDEAN FOREST BOYACÁ

\*M.Sc. en Ciencias Biológicas. Investigadora Instituto de Investigaciones Científicas - INICIEN, Fundación Universitaria Juan de Castellanos JDC. burgos.aracely@gmail.com

Recibido: 14 de agosto de 2012

Aceptado para publicación: 2 de octubre de 2012

Tipo: Revisión

# NCIONAL

## AJES DE PÁRAMO CÁ

### RESUMEN

Entender cómo opera la diversidad funcional para proveer servicios ambientales en los diversos paisajes ecosistémicos, es crucial para mantener el bienestar de la población que depende de ellos. En esta revisión se pretende abordar: 1. Generalidades sobre la diversidad funcional y su estado de investigación en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Boyacá. 2. El préstamo de servicios ambientales que brinda la diversidad funcional a la población boyacense, que tiene un alto porcentaje rural (49%) por tanto vive inmersa en estos paisajes, frente a su importancia en las decisiones y políticas públicas ambientales. 3. La descripción de la modelación del paisaje como un determinante, en gran medida, de la estructura de las comunidades ecológicas, el funcionamiento y los servicios ecosistémicos. Lo anterior es elaborado con el propósito de revertir el foco de investigación que hasta ahora ha estado dirigido a estudios de cuantificación de la diversidad local, hacia efectos que involucren la modelación del paisaje sobre la biodiversidad funcional, al ser este enfoque crítico para el desarrollo de soluciones conjuntas en bien del futuro de la biodiversidad y el manejo de servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** modelación del paisaje, patrones y procesos ecológicos, políticas públicas, biodiversidad.

### ABSTRACT

Understanding how functional diversity operates to provide environmental services in the various landscapes ecosystem, is crucial to maintain the welfare of the people who depend on them. This review aims to address: 1. Overview of functional diversity and state of research in the páramo and forest altoandino of Boyacá. 2. The loan provides environmental services functional diversity boyacense population, which has a high percentage rural (49%) for both lives immersed in these landscapes, facing their importance in environmental and public policy decisions. 3. The description of the modeling of the landscape as a determinant, largely on the structure of ecological communities, functioning and ecosystem services. This is formulated with the aim of reversing the focus of research so far has been aimed at quantification studies of local diversity, to effects involving landscape modeling functional biodiversity, this approach to be critical for the development of joint solutions for the sake of the future of biodiversity and ecosystem services management.

**Key words:** moderation of landscape, patterns and ecological processes, public policy, biodiversity.

## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad, como fuente de bienestar humano, tiene el rol crucial de ser la unión entre ecosistemas y sociedades; sin embargo, no todos los componentes -las especies- de la biodiversidad son igualmente importantes (Díaz *et al.*, 2011), esto dependerá de la importancia hallada en evaluación de la diversidad funcional (“df”) al momento de brindar servicios ecosistémicos. El concepto de “df” ha sido ampliamente revisado y complementado, Díaz *et al.* (2007) reúne y amplía su definición como “el tipo, rango y abundancia relativa de los caracteres funcionales presentes en una comunidad”, entendiéndose por carácter funcional a aquel rasgo físico, fisiológico o fenológico que puede ser medido en un organismo y el cual se encuentra relacionado con un efecto sobre uno o más procesos ecológicos o con una respuesta a uno o más factores ambientales (Martín-López, 2007).

En ecosistemas de páramo y bosques altoandinos de Boyacá la biodiversidad, que comúnmente ha sido estimada por número, abundancia, composición y distribución de organismos presentes en un ecosistema (Hooper *et al.*, 2005), ha sido ampliamente evaluada (Lagos *et al.*, 2006; Cardozo *et al.*, 2005; Aranguren *et al.*, 2004; Márquez, 2003; Rangel, 2000). No obstante, en estos ecosistemas no se han realizado investigaciones específicas acerca de los beneficios de la df de sus especies, el funcionamiento ecosistémico o la prestación de servicios ambientales y poco se ha hecho para aportar a las políticas de su uso, manejo y conservación.

Adicionalmente, es bien conocido que la acción humana ha modificado y afectado severamente los componentes de la biodiversidad en cada paisaje. Un principal “motor” de este cambio es la fragmentación de hábitats (MEA, 2005; Rangel, 2000), al romper la estrecha relación entre especies que proveen el equilibrio funcional de cada ecosistema que, a su vez, garantizan el bienestar de la población (Díaz *et al.*, 2006). Así, se convierte en prioritario evaluar la “df” y los servicios que brindan los ecosistemas de páramo y bosques altoandinos de Boyacá, considerados de alta prioridad para la conservación (Visión Boyacá 2019, 2011; Morales *et al.*, 2007; Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, 2002).





## DIVERSIDAD FUNCIONAL

El equilibrio de un ecosistema es el resultado de la interacción de los componentes -las especies- que posee, así, no es posible asignar un proceso específico a una sola de ellas y resulta complejo evaluar su contribución relativa. Medir la riqueza ha sido el método más usado para evaluar la complejidad de los ecosistemas (Lagos *et al.*, 2006; Cardozo *et al.*, 2005; Aranguren *et al.*, 2004), pero resulta insuficiente para conocer los procesos ecosistémicos y los servicios de los cuales depende la humanidad y, poder hacer efectiva la conservación integral de los ecosistemas. Actualmente, la tendencia de investigación presenta un enfoque hacia la “df” que sirve para conocer a mayor profundidad los vínculos entre los procesos ecológicos y su papel en el mantenimiento de los ecosistemas, soportes vitales del planeta (Martín-López *et al.*, 2007).

La “df”, en esencia, busca establecer la relación entre las características (caracteres) de los organismos y la influencia en el funcionamiento de los ecosistema en que habitan, además, en los servicios que prestan (Hooper *et al.*, 2005) (Fig. 1, Tabla 1); esta diversidad garantiza el mantenimiento y la calidad de los servicios de los cuales depende el bienestar humano. En los ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Boyacá, este enfoque es prácticamente desconocido; una aproximación la propone Franco (2011), en el proyecto: Diversidad funcional de bosques de roble (*Quercus humboldtii*) Santander- Boyacá; sin embargo, aún no existen resultados parciales o robustos que influyan sobre toma de decisiones para su conservación.

La “df” se debe a la expresión de “caracteres funcionales” o rasgos medibles (morfológicos, fisiológicos, fenológicos) en un determinado proceso o factor ambiental en determinado tiempo y espacio, la sumatoria de éstos caracteres comprende los “atributos funcionales” de las comunidades presentes en los ecosistemas, que son, finalmente, la expresión o contribución de la “df” (Martín-López *et al.*, 2007; Lavorel *et al.*, 1997). Por tanto, una forma de evaluar la “df” en un determinado proceso ecosistémico sería elegir los caracteres relacionados con éste. Es necesario tener en cuenta que algunos atributos funcionales de una especie pueden variar a través de gradientes ambientales a lo largo del rango su distribución; por ejemplo, una misma especie puede tener diversos fenotipos, ecotipos o estadios, por tanto, pertenecer a diferentes grupos funcionales;

Hay caracteres de efecto y de respuesta. Los primeros afectan un proceso o propiedad ecológica, los segundos, determinan la respuesta a un factor ambiental, como disponibilidad de recursos, condiciones de clima o perturbaciones (Naeem y Wright, 2003; Lavorel y Garnier, 2002; Díaz y Cabido, 2001). Por ello, conocer los atributos funcionales y su abundancia relativa en las especies de los ecosistemas de páramo y bosques altoandinos permitirá conocer los factores ambientales más importantes, así como su influencia en la tasa y magnitud de los principales procesos ecosistémicos (Díaz *et al.*, 2002; Lavorel y Garnier, 2002). Igualmente, se requiere conocer estos atributos en especies de menor abundancia relativa, dado que el efecto del cambio climático actual, a largo plazo, podría revertir su dominancia y pasar a ser las

futuras colonizadoras y moduladoras de los ecosistemas (Martín-López, 2007; MEA, 2005; Díaz *et al.*, 2005).

La medición de caracteres funcionales se ha enfocado principalmente al componente florístico. Sin embargo, la presente propuesta pretende involucrar, además del componente vegetal, algunas interacciones ecológicas con fauna, tanto invertebrados como vertebrados, debido a que todos determinan el funcionamiento de los ecosistemas (ej. la depredación de semillas, la herbivoría, la polinización). Los estudios más avanzados se han realizado con algunos insectos polinizadores enfocándose en la importancia de la modelación del paisaje y la matriz de los hábitats en el comportamiento de estos organismos (Tschardt *et al.*, 2012).

## SERVICIOS AMBIENTALES

Se habla de servicios ambientales cuando las poblaciones, en algún tiempo y espacio, consciente o inconscientemente, hacen uso de algún bien ambiental para suplir una necesidad (MEA, 2005). Estos servicios se han clasificado como de: abastecimiento, culturales y de regulación (Fig. 1), los tres con igual importancia, algunos de ellos son la provisión de alimentos, fibras, recursos genéticos, productos bioquímicos, regulación de la calidad del aire, el clima, el agua, las enfermedades, la polinización; además de los culturales tales como los valores espirituales y religiosos, estéticos y recreativos (de Groot *et al.*, 2002).

La biodiversidad de páramos y bosques altoandinos, a través de su “df”, ofrece multidimensionales servicios. Ejemplo de ellos son la regulación del recurso hídrico, producción de madera y medicinas (Rudas *et al.*, 2007).

Cambios en la “df” de los ecosistemas de interés en este documento podrían estar afectando la capacidad para suministrar esos servicios, así como la capacidad para recuperarse de las perturbaciones generadas por la actividad humana o natural (MEA, 2005). Un efecto directo se observa en el escenario de vulnerabilidad a la población campesina o rural de escasos recursos que habita los páramos y los bosques altoandinos (49% en Boyacá) (DANE, 2005; Situación de salud en las Américas, Indicadores Básicos, 2010), cuya economía está directa o indirectamente relacionada con el mantenimiento y equilibrio de la biodiversidad (Forero, 2002), al depender íntimamente de sus servicios como la fertilidad del suelo, aguas limpias, presencia de flora y fauna silvestre, entre otros (Amenazas del cambio climático al campesinado y su producción, Mujeres rurales en acción, 2010; Bass *et al.*, 2006; Carriazo *et al.*, 2003). Además, estas poblaciones no tienen acceso a posibles opciones de servicios y/o tecnología alternativas que les permitan mitigar la pérdida de productividad agrícola, contaminación de aguas, erosión, pérdida de fertilidad de suelos o falta de protección ante la imperante adversidad climática actual.

A partir de lo expuesto, cabe preguntarse ¿cuál es la “df” de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Boyacá? y ¿cuál es el efecto actual y futuro de ésta diversidad sobre la población rural? Lo anterior toma gran relevancia al ser la población rural de Boyacá la que aporta en mayor medida a la





economía y alimentación agrícola del país (ENA, 2011; Forero, 2002) y es considerada de prioridad dentro del Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014), en Visión Boyacá 2019 y en el actual Plan Departamental de Desarrollo (2012-2015). Así, la investigación científica en ésta área es prioritaria para garantizar un conocimiento ecológico que permita proponer estrategias de conservación de los ecosistemas a escalas más detalladas, como la “df”

La presente propuesta atiende a la necesidad de investigar la relación interdependiente entre medio ambiente, desarrollo socio-económico sostenible y políticas públicas en Colombia. De un lado, el desarrollo no puede mantenerse sin tener en cuenta el deterioro de su base natural; y de otro, el medio ambiente no puede ser protegido si el crecimiento económico no permite asumir los costos derivados de este deterioro (WCED, 1987), todo dentro del marco de políticas ajustadas a intereses comunes. Se enfoca, además, dentro de los objetivos de investigación del Instituto Alexander Von Humboldt, el Sistema de Información Geográfica con su línea de investigación en Biogeografía y Análisis Espacial, a la Política Nacional de Biodiversidad y al Programa Nacional de Desarrollo Humano del Departamento Nacional de Planeación. Internacionalmente, entidades como la Food Agriculture Organization (FAO) plantean que la academia tiene el desafío de asegurar integralmente la seguridad alimentaria, el mantenimiento ecológico y las economías campesinas (Da Silva, 2012).

## PAISAJES DE PÁRAMO Y BOSQUE ALTOANDINO

Un elemento que da cuenta de la dinámica de los procesos y patrones de la biodiversidad, por tanto, de la “df” y los servicios ambientales, es la modelación del paisaje (Tschardtke *et al.*, 2012).

El paisaje terrestre es entendido como un mosaico de heterogéneas formas de parches o fragmentos inmersos en una matriz, tipos de vegetación y usos de la tierra (Urban *et al.*, 1987). También es descrito como la composición de una mezcla espacialmente explícita de ecosistemas y tipos de uso de la tierra que pueden extenderse en tamaño en varios kilómetros cubriendo el rango de dispersión de muchos organismos (Fahrig, 2003). La ecología del paisaje analiza la dinámica y desarrollo de los patrones que lo componen (Risser *et al.*, 1984), además de los efectos, disturbios o modificaciones ecológicas a escalas temporales y espaciales (Mooney & Godron, 1983), vitales para entender las consecuencias de la pérdida de la biodiversidad (Sodhi & Ehrlich, 2010), de su estudio propenden las actitudes que seguir para el uso y conservación en los nuevos funcionamientos ecosistémicos.

Los paisajes naturales actuales, en general, son dominados por la acción humana especialmente en la matriz generada, que es la parte de ecosistema reemplazada por otro tipo de uso de suelo (Tschardtke *et al.* 2012). Los paisajes de ecosistemas de páramo y bosque altoandino en Boyacá, a través del tiempo, han



venido siendo fragmentados y han quedado inmersos en matrices destinadas, principalmente, a pastoreo, pastizales, cultivos o desarrollo de infraestructuras (Fig. 2 y 3). La fragmentación, que es el fenómeno de la modificación a escala espacial (forma y área) y temporal de los hábitats, junto con la pérdida de hábitat, que es la disminución del área de cada fragmento (Fahrig, 2003), han ocasionado una reducción de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino en 26.8% y 59.4% respectivamente entre 1998 y 2006 (Visión Boyacá, 2019). La relevancia de la fragmentación es el hecho de ser catalogada como el principal “motor” de cambio en la composición y estructura de la biodiversidad (Díaz *et al.*, 2006; MEA, 2005; Aizen & Feinsinger, 2003; Saunders *et al.*, 1991) (Fig. 1) que ha modificado las interacciones y procesos ecológicos (Pulido y Burgos, 2009; López y Burgos, 2009; Burgos *et al.*, 2008; Rudas *et al.*, 2007; Donoso *et al.*, 2004). Sin embargo, la escala de estudios en fragmentación ha sido predominantemente local en pequeños parches no representativos de éstos ecosistemas, estudios a nivel de paisaje son desconocidos situación que es común en los paisajes a nivel mundial (MEA, 2005).

La integración de estudios de diversidad funcional a nivel de paisajes es una propuesta que Tschamtkke *et al.*, (2012) propone, necesariamente aplicada a paisajes fragmentados. Se plantea lo crucial que resulta entender cómo la estructura del paisaje modela la diversidad funcional de las especies, las poblaciones y las comunidades y, además de comprender sus

dinámicas y procesos, lo que podría lograrse a partir del desarrollo de ocho estrategias o hipótesis (Tabla 2) que proporcionarían herramientas sólidas para la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de la tierra en diversas escalas de paisaje. Poner a prueba estas hipótesis en paisajes de páramo y bosque altoandino será clave para la toma de decisiones cercanas y con proyección futura de cualquier índole: social, político, económico y biológico.

## CONCLUSIÓN

El uso, mantenimiento y protección de los fragmentados paisajes de ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Boyacá requiere que se investiguen los servicios ambientales que brinda la diversidad funcional en términos de:

- Evaluar la diversidad funcional de los fragmentados ecosistemas de páramo y bosque altoandino de Boyacá.
- Establecer la relación entre la diversidad funcional y el bienestar de la población rural que habita en los ecosistemas de páramo y bosques altoandinos de Boyacá.
- Proponer mecanismos efectivos para la conservación de los ecosistemas de páramos y bosque altoandino como garantía de integridad y adecuado funcionamiento de los ecosistemas, por tanto, de los servicios que prestan a la sociedad rural.
- Aportar a la formulación de políticas públicas ambientales hacia la protección de páramos y bosque altoandino, desde un enfoque funcional.



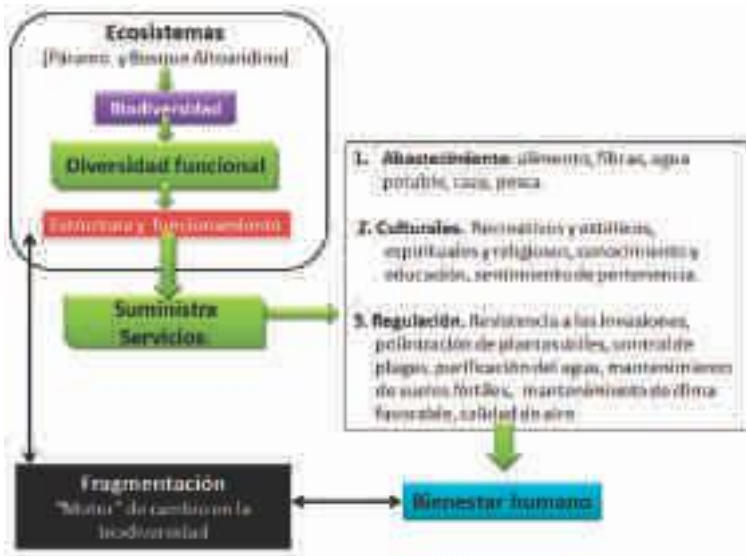


Fig. 1. El rol de la diversidad funcional como regulador de los ecosistemas (función y estructura) y como suministradora de servicios, frente a un driver de perturbación: la fragmentación (Basado en MEA, 2005).

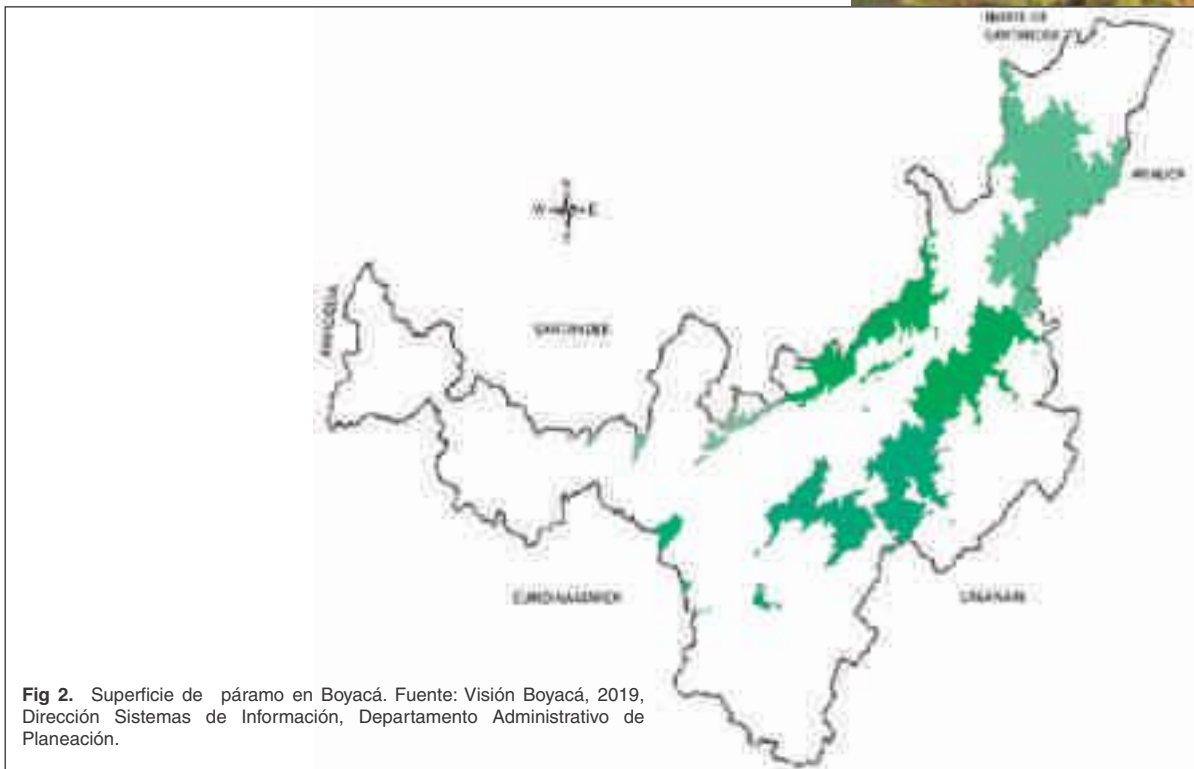
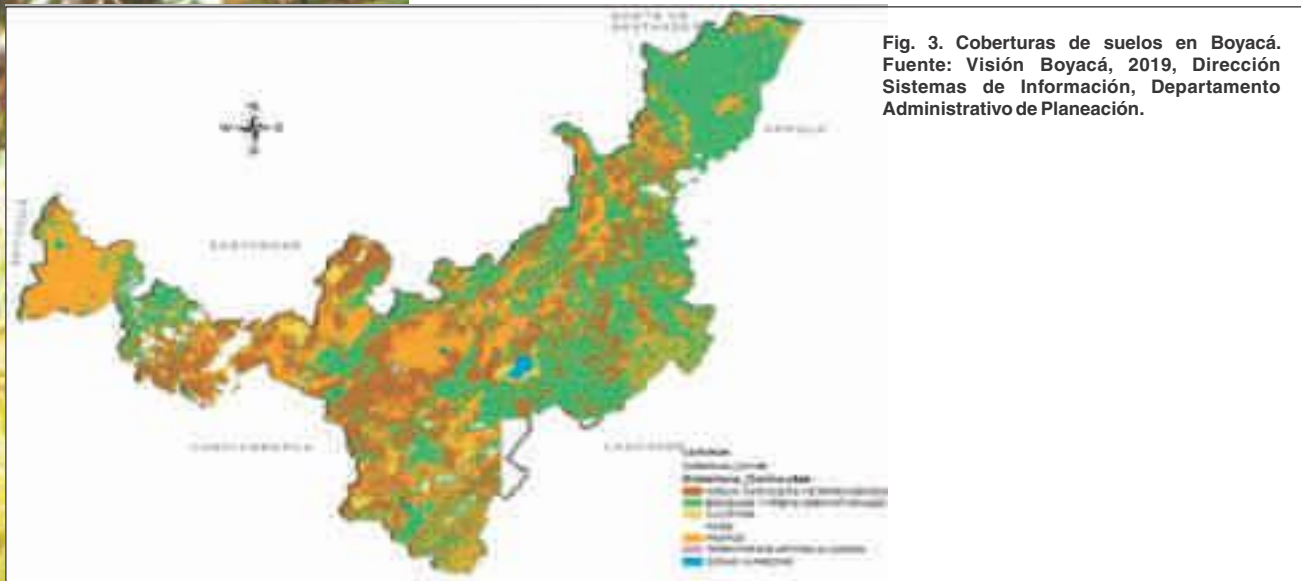


Fig 2. Superficie de páramo en Boyacá. Fuente: Visión Boyacá, 2019, Dirección Sistemas de Información, Departamento Administrativo de Planeación.



**Fig. 3. Coberturas de suelos en Boyacá.**  
Fuente: Visión Boyacá, 2019, Dirección Sistemas de Información, Departamento Administrativo de Planeación.

Servicios de los Ecosistemas	Propiedades y procesos de los ecosistemas	Caracteres Funcionales
Mantenimiento de un clima favorable para los humanos (p.ej. salud humana, cosechas, etc.)	Intercambio de energía calórica, albedo y rugosidad de la cobertura terrestre	1. Tamaño de la planta 2. Estructura del dosel 3. Longevidad de la planta y de la hoja 4. Estructura de la hoja
Mantenimiento de un clima favorable para los humanos a través del secuestro de carbono fuera de la atmósfera.	Retención de carbono en biomasa y materia orgánica del suelo	1. Tamaño de la planta 2. Densidad del leño 3. Profundidad de raíces 4. Longevidad de la planta y de la hoja 5. Textura y contenido de macronutrientes
Regulación de la cantidad y calidad de agua disponible para humanos, animales útiles y cultivos	Evapotranspiración Estructuración del suelo por el sistema radicular	1. Tamaño de la planta 2. Área de la hoja 3. Profundidad y arquitectura de raíces
Formación y mantenimiento de suelos Fértiles	Descomposición Retención del suelo por el sistema radicular	1. Profundidad y arquitectura de raíces 2. Longevidad de la planta y de la hoja 3. Textura y contenido de macronutrientes de la hoja
Disfrute paisajístico		1. Tamaño y número de flores 2. Color de flores y follaje
Recreación (p.e. caza deportiva) Abastecimiento (p.e. ganado, caza de subsistencia)	Herbivorismo por ungulados	1. Arquitectura del dosel 2. Estructura y composición química de las hojas
Capacidad de suministrar los servicios a lo largo del tiempo	Persistencia en el banco de semillas Transporte de semillas por distintos agentes	1. Tamaño de semilla 2. Forma de semilla 3. Estructuras anexas de la semilla (alas, ganchos, estructuras carnosas, cubiertas duras, etc.)

**Tabla 1.** Relaciones causales entre algunos caracteres de las especies, procesos ecológicos y suministro de servicios potenciales de los ecosistemas, respecto a caracteres en especies vegetales (Tomado de Díaz *et al.*, 2006).

Nombre de la hipótesis	Explicación
1. Pool de especies del paisaje	El tamaño del paisaje modera el pool de especies de la biodiversidad local (alfa)
2. Dominancia de la diversidad beta	La disimilaridad moderada del paisaje de comunidades locales determina la biodiversidad a lo ancho del paisaje y los efectos locales negativos de la fragmentación del hábitat sobre la biodiversidad.
3. Repercusiones a atravesar el paisaje	La repercusión moderada de la energía del paisaje, los recursos y organismos a través de hábitats, incluidos entre ecosistemas naturales y manejados, influencia de la estructura de la comunidad y procesos asociados a lo largo del paisaje.
4. Concentración y dilución en la modelación del paisaje	Cambios espaciales y temporales en la composición del paisaje pueden causar una dilución o concentración pasajera de las poblaciones, con consecuencias funcionales.
5. Rasgos de selección funcional y la modelación del paisaje	Los rasgos de selección de las especies moderan el papel funcional y la trayectoria del ensamble de comunidades.
6. Seguridad de la modelación del paisaje	La complejidad del paisaje provee seguridad espacial y temporal
7. La complejidad del paisaje intermedio	La efectividad de la complejidad moderada de manejo de conservación local es mayor en paisajes estructuralmente simples que en complejos
8. La biodiversidad en paisajes modelados, vs. Manejo de servicios ecosistémicos	La conservación de la biodiversidad en paisajes moderados de especies en peligro, no podría optimizar la diversidad funcional y relacionarla con los servicios ecosistémicos en sistemas de producción.

**Tabla 2.** Ocho hipótesis que influyen en la modelación del paisaje sobre patrones y procesos de la biodiversidad (Tomado de Tschardtke *et al.*, 2012).

## BIBLIOGRAFÍA

- AIZEN, M. & FEINSINGER, P. 2003. Bees not to be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to habitat fragmentation. En: Bradshaw G.A. & P.A. Marquet "How landscapes change". Editorial Springer, USA. pp. 111-129
- Amenazas del cambio climático al campesinado y su producción, Mujeres rurales en acción. CIAT, 2010.
- ARANGUREN, N., MONROY, D. & GAVIRIA, S. 2007. Los crustáceos planctónicos del Lago de Tota (Boyacá, Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 1(2): 64-81.
- BASS, S., BIGG, T., BISCHOP, J. & TUNSTALL, D. 2006. Sustaining the environment to fight poverty and achieve the Millennium development goals. *Review of European Community and International Environmental Law*. 15: 39-55.
- BURGOS, A., GREZ, A. & BUSTAMANTE, R. 2008. Seed Production, pre-dispersal seed predation and germination on *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in a temperate fragmented forest in Chile. *Forest Ecology and Management*, 255: 1226-1233.
- CARDOZO, A., BERMÚDEZ, A., ARANGUREN, N. & DUQUE, S. 2005. Algas Planctónicas del Lago de Tota: Listado Actualizado. *Ciencia en Desarrollo*, 2 (1): 44-58.
- CARRIAZO, F., IBAÑEZ, A. & GARCÍA, M. 2003. Valoración de los beneficios económicos provistos por el sistema de parques nacionales naturales: una aplicación del análisis de transferencia de beneficios. Documento CEDE No. 26, Universidad de los Andes, Bogotá.
- DANE- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005.
- DE GROOT, R., WILSON, M. & BOUMANS, R. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 393-408.
- Da SILVA, J. 2012. Necesidad de colaboración en áreas esenciales de la investigación y la inclusión social. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/153900/icode/>
- DÍAZ, S., QUÉTIER, F., CÁCERES, D., TRIANOR, S., PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., BRET-HARTE, S., PEÑA-CLAROS, M. & POOTER, I. 2010. Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's to society. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (3): 895-902.
- DÍAZ, S., LAVOREL, S., CHAPIN III, F., TECCO, P., GURVICH, D. & GRIGULIS, K. 2007. Functional diversity – at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. En *Terrestrial ecosystems in a changing world* (eds. Canadell, J., Pitelka, L.F. y Pataki, D.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 81-91 pp..
- DÍAZ, S., FARGIONE, J., CHAPIN, III. & TILMAN D. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *Plo Biology* 4, 227.
- DÍAZ, S., TILMA, D., FARGIONE, J., CHAPIN, III., DIRZO, F., KITZBERGER, T., GEMMILL, B., ZOBEL, M., VILÁ, M., MITCHEL, C., WILLBY, A., DAILY, G., GALETI, M., LAURANCE, W., PRETTY, J., NAYLO, R., POWER, A., & HARVELL, D. 2005. Biodiversity regulation of ecosystem services. En *Ecosystem and human well-being, current state and trends* (Eds. Hassan, R., Sholes, R., y Ash, N.) Island Press, Washington, D.C.
- DÍAZ, S., GURVICH, D., PEREZ-HARGUINDEGLUY, D. & CABIDO, M. 2002. Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 37:135-140.
- DIÁZ, S. & CABIDO, M. 2001. Vive la difference, plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16 646-655.
- DONOSO, D., GREZ, A. & SIMONETTI, J. 2004. Effects of forest fragmentation on the granivory of differently sized seeds. *Biological Conservation*. 115, 63–70.
- ENA, Encuesta Nacional Agropecuaria, 2011. Colombia.
- FAHRIG, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- FERREIRA, P. & FANDIÑO, M. (Eds). 1998. Colombia, biodiversidad siglo XXI. Propuesta técnica para la formulación de un plan de acción nacional en biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- FORERO, J. 2002. Economía campesina, estructura agraria y sistema alimentario. En J.M. Blanquier y C. Gros (Editores): *Las dos Colombias*. Editorial Norma. Bogotá.
- FRANCO, M. 2011. Aproximación a la diversidad funcional de bosques de roble (*Quercus humboldtii*) Santander- Boyacá. Disponible en: [www.sites.google.com/site/semilleroceiba/](http://www.sites.google.com/site/semilleroceiba/)
- HOOPER, D., CHAPIN, EWEL, F., HECTOR, J., INCHAUSTI, A., LAVOREL, P., LAWTON, S., LODGE, D., LOREARU, M., NAEEM, M., SCHIMD, B., SETALA, B., SYMSTAD, H., VANDERMER, A., & WARDLE, D. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem function in a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75: 3-35.
- LAGOS, M., ZABALA, J., ACOSTA, N. & SÁNCHEZ, C. 2006. 0 "Dicotiledóneas" Flórida De La Reserva Forestal Protectora "El Maimo" Tunja (Boyacá-Colombia) ISBN: 978 - 958 - 660 - 115-3, Ed: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, p. 63-81.
- LAVOREL, S. & GARNIER, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*. 16 545-556.
- LAVOREL, S., MCINTYRE, S., LANDSBERG, J. & FORBES, T. 1997. Plant functional classifications from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology Evolution*. 12 474-478.
- LÓPEZ, D. & BURGOS, A. 2009. Efecto de la fragmentación (interior - borde) sobre la herbivoría de *Anthurium formosum* en Santa María – Boyacá. V Congreso Colombiano de Botánica. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.
- MÁRTÍN-LÓPEZ, B., GONZÁLEZ, J., DÍAZ, S., CASTRO, I. & GARCÍA-LLORENTE, M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas* 3: 1-12.
- MÁRQUEZ, G. 2003. Ecosistemas estratégicos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia 15p.
- MEA-Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute, Island Press, Washington, DC.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, 2002. *Páramos*. Imprenta Nacional, Bogotá.
- MOONEY & GODRON, 1983. *Disturbance and ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin and New York, 292 pp.
- MORALES M., OTERO J., VAN DER HAMMEN T., TORRES A., CADENA C., PEDRAZA C., RODRÍGUEZ N., FRANCO C., BETANCOURTH J.C., OLAYA E., POSADA E. & CÁRDENAS L. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- NAEEM, S. & WRIGHT, J. 2003. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecology letters* 6: 567-579.
- Plan Departamental de Desarrollo. 2012-2015. Boyacá se atreve.
- Pan Nacional de Desarrollo. 2012-2014. Prosperidad para todos.
- PULIDO, V. & BURGOS, A. 2009. Efecto de la fragmentación sobre la germinación y el reclutamiento de *Clusia* spp. (Clusiaceae) en el bosque muy húmedo montano bajo de Santa María, Boyacá, Colombia. V Congreso Colombiano de Botánica. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.
- RANGEL, 2000. La región paramuna y franja aleña en Colombia. *Colombia Diversidad Biótica III La región de vida paramuna*. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- RISSE, P. 1986 Spatial and temporal variability of biospheric and geospheric processes: research needed to determine interactions with global environmental change. The ICSU Press, Paris.
- RUDAS G., MARCELO D., ARMENTERAS D., RODRÍGUEZ N., MORALES M., DELGADO L.C. & SARMIENTO A. 2007. Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 128 p.
- Situación de salud en las Américas, Indicadores Básicos, 2010. Organización Panamericana de la Salud 12p.
- SODHI, N. & EHRlich, P. 2010. *Conservation Biology for All*. Oxford University. Press, Oxford.
- SAUNDERS, D., HOBBS, R. & MARGULES, C. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 19-32.
- TILMAN, 2001....
- TSCHARNTKE, T., TYLIANAKIS, J., RAND, T., DIDHAM, R., FAHRIG, L., BATAFY, P., BENTGSSON, J., CLOUGH, Y., CRIST, T., DORMANN10, C., EWERS, R., FRUND, J., HOLT, R., HOLZSCHUH, A., KLEIN, A., KLEJN, D., KREMEN, C., LANDIS, D., LAURANCE, W., LINDENMAYER, D., SCHERBER1, C., SODHI, N., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C., VAN DER PUTTEN, W. & WESTPHAL, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses. *Biological Reviews* 87(3) 661-685.
- URBAN, D., O'NEILL, R., & SHUGART, H. 1987. *Landscape Ecology*. BioScience 37 (2): 119-127.
- Visión Boyacá 2019: Territorio de libertad y prosperidad bicentenario, 2011.
- WCED, 1987. *Comisión Mundial del Ambiente y el Desarrollo*