



Biota Colombiana

ISSN: 0124-5376

biotacol@humboldt.org.co

Instituto de Investigación de Recursos

Biológicos "Alexander von Humboldt"

Colombia

Camargo-Ponce de León, Germán; Agudelo-Álvarez, Laura Gisela

Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento
multi-escala de las cañadas en la mesa de Xeridas, Santander, Colombia

Biota Colombiana, vol. 18, núm. 1, junio, 2017, pp. 35-59

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49151841005>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia

Reading a stratified landscape: restoration proposal based on the multi-scale ordination of the canebrakes at Mesa de Xéridas, Santander, Colombia

Germán Camargo-Ponce de León y Laura G. Agudelo-Álvarez

Resumen

En el gradiente vertical del altiplano de Xéridas a los cañones del bajo Chicamocha y el alto Sogamoso se identifican tres paisajes: altiplano, valles colgantes y cañón, correspondientes a escenarios socioecosistémicos. Se realiza una caracterización del medio físico, la vegetación y los sistemas de alteridad que conforman dichos escenarios. La revisión de la historia de alteración del período prehispánico a hoy y los patrones de alteración resultantes, indican diferentes formas de alteración que se superponen históricamente en un sistema que puede leerse como un paisaje estratificado con una trayectoria degradativa que continúa en el presente. El modelo de restauración para el área de estudio se construye en tres escalas, macro, media y micro: paisaje, microcuenca, predios. Se persigue introducir en cada escala una trayectoria regenerativa que apunta al equilibrio dinámico entre compartimentos de conservación, regeneración, producción y habitación, articulados en torno a los corredores verticales de las cañadas y orientada por la justicia en el uso y la conservación del agua entre tierras altas y bajas.

Palabras clave. Bosque seco tropical. Chicamocha. Corredor ecológico vertical. Herramientas de paisaje.

Abstract

Along the vertical gradients from the Xeridas plateau to the canyons of the lower Chicamocha and the upper Sogamoso rivers, three landscapes are identified: high plateau, hanging valleys and canyon, corresponding to socio-ecosystemic scenarios. Physical environment, vegetation and degree of alteration of the systems that conform these landscapes are described. The history of disturbance from prehispanic to present times and the resulting patterns of ecological change point to a sequence of different means of transformation that overlap historically in this system, and that can be interpreted as a stratified landscape with a trend of degradation that continues today. The restoration model is constructed at three scales, macro, mid and micro: landscape, micro-drainages, and individual properties. The objective is to introduce at each scale a regenerative trajectory aiming to restore a dynamic equilibrium between the components of conservation, regeneration, production and shelter articulated along vertical corridors of the canyons and oriented by fair water use and conservation by highlands and lowlands.

Key words. Chicamocha. Ecological restoration. Landscape tools. Tropical dry forest. Vertical ecological corridor.

Introducción

Los bosques secos han sido uno de los ecosistemas de preferencia para el asentamiento humano en los trópicos (Pizano y García 2014, Ardila 2015) y acumulan una larga historia de alteración que dificulta la estimación de su extensión original y que contrasta con la escasa información disponible sobre su regeneración y otros aspectos claves para su restauración (Ceccon 2013, Pizano y García 2014).

En las condiciones ambientales extremas de los bosques secos interandinos las cañadas han sido escenarios claves para la supervivencia y la adaptación, lugares privilegiados para la vecindad de los asentamientos humanos (Ardila 2015), donde el severo régimen de sequedad, erosión y radiación se mitiga (Vodde *et al.* 2010, Brown *et al.* 2011).

Aquellos paisajes que acumulan diferentes momentos de ocupación y por tanto, de transformación, pueden ser concebidos para su restauración como escenarios altamente degradados (Barrera-Cataño y Valdés-López 2007), o de manera alternativa, como paisajes estratificados (*layered landscapes*), siguiendo a Hourdequin y Havlick (2015), en el sentido de la valoración de la interacción y moldeado recíprocos e históricos entre los seres humanos y la naturaleza.

Para analizar dicha interacción en el presente, se ha elegido el abordaje desde los socioecosistemas, entendidos como aquellas unidades biogeofísicas que tienen asociado un sistema social e instituciones (Martín-López *et al.* 2012); a su vez, los socioecosistemas pueden ser delimitados a partir de la identificación de los diferentes sistemas de alteridad interactuantes, entendidos éstos como formas característica de ocupación, percepción, uso y transformación del territorio por parte de un grupo humano socioeconómicamente diferenciado (Camargo 2004).

Los socioecosistemas son considerados sistemas complejos y adaptativos en la acepción de Holling (2001): históricos, no lineales, emergentes, multiescalares y autorganizados. En esta medida, una

propuesta de restauración basada en esta unidad de análisis debe ser así mismo multiescala.

La interacción de los diferentes sistemas de alteridad en las condiciones biogeofísicas de cada sociecosistema produce un patrón de alteración característico que implica una acumulación de perturbaciones, formas de suspensión y desviación de la regeneración natural. La lectura de dicho patrón de alteración permite identificar si la trayectoria dominante de los escenarios socioecosistémicos es degradativa o regenerativa, en términos del equilibrio entre el manejo adaptativo y adecuativo de las condiciones ambientales (Holling 2001).

El modelo de restauración multiescala en un ambiente con un trayectoria de alteración extensa (antigua y presente) como la mesa de Xéridas, apunta a un equilibrio dinámico espacial entre los siguientes compartimentos (siguiendo a Odum 1969, Brown y Lugo 1994): compartimentos maduros (o sucesionalmente avanzados), compartimentos en regeneración, compartimentos en explotación y aquellos convertidos o habitados.

El objetivo de este artículo es presentar el acercamiento técnico y conceptual interdisciplinario empleado para la construcción de un modelo de restauración multiescala; el modelo se concentra en la recuperación de los procesos ecológicos encadenados altitudinal y socioterritorialmente y pretende ser útil para responder a las preguntas de qué, cómo y dónde restaurar en zonas semiáridas interandinas donde los socioecosistemas reflejan una extensa historia de alteración antrópica.

Material y métodos

Área de estudio

La mesa de Xéridas es un altiplano que se eleva desde los 300 m s.n.m. en el fondo del cañón del Sogamoso, o los 500 m s.n.m., en el cañón del Chicamocha, hasta los 1600 – 1810 m s.n.m en las partes altas

(Alto de Tabacal). Los profundos cañones que la rodean conforman un cinturón casi continuo de bs-T

(Figura 1): por el norte, el valle del río de Oro; por el oriente, el cañón del río Manco; por el sur, el curso bajo del río Chicamocha, entre la desembocadura del Manco (Pescadero) y la unión del Suárez con el Chicamocha (Las Juntas); y por el occidente, el curso alto del río Sogamoso (que se forma por la unión del Suárez y el Chicamocha), entre Las Juntas y desembocadura de la quebrada El Monte.

La mesa de Xéridas abarca, en orden de extensión, a los municipios de Los Santos, Piedecuesta y Girón. Los dos últimos hacen parte del área metropolitana de Bucaramanga, ciudad núcleo ubicada a sólo 24 km del altiplano (40 minutos en auto particular).

Caracterización biofísica

El proyecto partió de la caracterización física y biótica de las cañadas, con el fin de recabar información sobre la regeneración y la oferta de hábitat para la

biodiversidad y para documentar los remanentes que pudieran ofrecer una aproximación al ecosistema de referencia.

Durante los meses de marzo y abril de 2014 se eligieron cuatro microcuencas que reflejaran las condiciones típicas de las cañadas de la mesa de Xéridas en términos geológicos, geomorfológicos, hidráulicos y socioeconómicos. Las microcuencas elegidas fueron: Lajas, Totumera (afluente de la anterior), Mojarrá y Carrizal.

De manera adicional, para la construcción del ecosistema referencia, se ubicaron unidades de muestreo en el pie de un par de cinglas (escarpes) en los sectores denominados Piedra del Rayo y El Cobre. En tres sectores altitudinales en el curso de las cañadas elegidas, se estableció un punto de referencia en el fondo de la cañada y otro en la ladera anexa. Estos puntos se denominaron “centroídes”. En torno a ellos en un área estimada de 400 m de radio, se ubicaron las diferentes unidades de muestreo según el grupo biológico a caracterizar (*i.e.* parcelas, transectos).

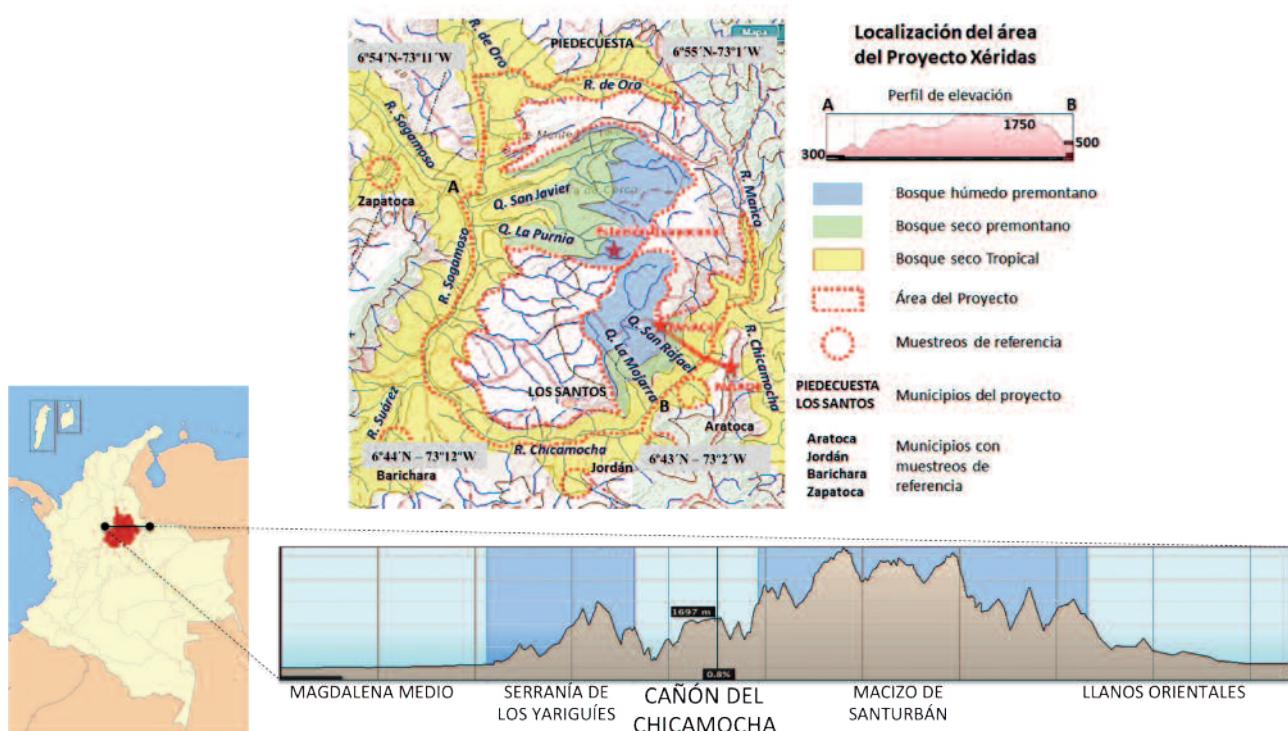


Figura 1. Localización del área de estudio, mesa de Xéridas, municipios Girón, Piedecuesta y Los Santos, Santander.

Las localidades de muestreo se encuentran en cuatro zonas de vida: bosque seco tropical (bs-T), bosque seco premontano (bs-PM), bosque húmedo premontano (bh-PM), y bosque húmedo montano bajo (bh-PM).

Con el centroide como referencia se establecieron tres parcelas de 20 m x 5 m, de modo que tanto en el fondo de la cañada como en la ladera anexa, se pudieran diferenciar *a priori* tres momentos sucesionales distintos (“priseral” mayor perturbación, “tardiseral” dosel más continuo, y situación intermedia). Esto como insumo para realizar las series de vegetación necesarias en el modelo de restauración. Se realizaron en total 153 parcelas de vegetación (67 en las microcuencas y escarpes mencionados arriba, 24 más en otros bosques al interior de la mesa de Xéridas y 62 en bosques del cañón del Chicamocha en los municipios de Jordán y Aratoca). En cada parcela se escogieron todas las plantas por encima de un metro de alto y se hizo el levantamiento de todos los individuos (independientemente del Diámetro a la Altura del Pecho-DAP). En la esquina de cada parcela se realizó un subcuadrante inicial de 2 m x 2 m para caracterizar el estrato herbáceo; en este subcuadrante no se hace inventario de todos los individuos sino que se calcula el índice de cobertura/abundancia de Braun-Blanket. La información de los levantamientos de vegetación se completó con la información disponible de levantamientos realizados por Albesiano-Hoyos *et al.* (2003).

A partir de la imagen satelital de alta resolución disponible de manera gratuita en el programa Google Earth Pro (diciembre 2014 CNES/Astrium y enero 2015 Digital Globe), se fotointerpretaron las coberturas para la identificación de los tipos fisonómicos de vegetación (pe. Bosque bajo) a una escala 1:10000. Mediante análisis de agrupamiento con base en el índice de Jaccard se clasificaron los levantamientos de vegetación a partir del índice de valor de importancia de las especies en los levantamientos. Una vez definidos los tipos de vegetación y destacadas las especies dominantes, se analizó la localización de los levantamiento tipo y

la historia de perturbación conocida de cada lugar, para identificar la asociación ambiental y sucesional de los tipos fisonómico-florísticos (Anexo 1).

Sistemas de alteridad

A partir de la información secundaria y la experiencia de la Fundación Guayacanal en el área, se identificaron los principales sistemas de alteridad o modos de vida (Camargo 2004). Con base en entrevistas semiestructuradas con los distintos actores, observación participativa y a la luz de la interpretación de imágenes satelitales, se preparó una caracterización de estos patrones de ocupación y uso, en relación con el medio biofísico. A partir de las visitas, la interpretación de imágenes satelitales y los muestreos de la caracterización biofísica, se evaluó el régimen de tensionantes y el patrón de alteración resultante de cada modo de vida.

Elaboración del ecosistema de referencia

El primer paso consistió en la construcción de un modelo para entender la estructura espacial de la oferta física para la regeneración y para la distribución ambiental de las biocenosis, los ecosistemas y los sistemas de alteridad. Se partió de un marco de paisaje definido por variables climáticas, geológicas y de grandes geoformas. Al interior se diferenciaron unidades menores según geoformas detalladas y condiciones de sustrato e hidrología asociadas.

Como una segunda entrada se adelantó una reconstrucción general del patrón histórico de ocupación y alteración. En esta reconstrucción se identificaron los principales cambios demográficos, económicos, técnicos y culturales que pudieron generar cambios notables en el medio biofísico. La historia de alteración es una pieza necesaria para evaluar las diferencias más probables entre los remanentes actuales y un estado pre-disturbio (Ceccon 2013). Dicha reconstrucción trajo como resultado la interpretación de los escenarios socioecológicos actuales y el análisis de su régimen de tensionantes y los patrones de alteración acumulados, en curso y en prospectiva.

A partir de la clasificación aglomerativa de los levantamientos de vegetación propios y de aquellos realizados en el área por otros investigadores (Albesiano-Hoyos *et al* 2003), se definieron los principales tipos de vegetación, interpretándolos en términos de su asociación a las unidades del modelo biofísico, los regímenes de tensionantes y los patrones de alteración del medio antrópico.

Al ordenar las principales comunidades vegetales sobre el encadenamiento vertical de zonas biofísicas, se generó un modelo de distintas formas y etapas de regeneración correspondientes a diferentes situaciones ambientales, desde el altiplano y los valles colgantes hasta el cañón. Así construido, el modelo de ecosistema de referencia permitió orientar el diseño de los tratamientos y tipologías de restauración.

Formulación del modelo de restauración

El ecosistema de referencia se asumió de modo relativo dados los vacíos e incertidumbres que impiden establecer un estado predisturbio y a la luz de la larga y severa historia de alteración. Además, en la formulación del modelo de restauración se consideraron otros factores tales como la viabilidad técnica, social y económica, la reversibilidad de determinadas transformaciones y las prioridades e intereses de los diferentes actores (Murcia y Guariguata 2014).

Con un enfoque de ecología del paisaje (Cotler *et al.* 2004, Lozano-Zambrano 2009), el modelo parte de la escala macro para diferenciar grandes paisajes o escenarios socioecológicos y formular a esa escala las intervenciones necesarias para corregir la trayectoria degradativa actual. En la escala media se establecen las herramientas de manejo del paisaje concentradas en la conservación y gestión del agua; en la escala micro (predio), se maneja la sucesión mediante la incorporación de tipologías de restauración y el ajuste en las formas de ocupar y manejar los ecosistemas por parte de cada sistema de alteridad.

Resultados

Modelo del medio físico

El modelo del medio físico es una representación gráfica de la estructura del ambiente físico sobre el perfil de la catena geomórfica (Figura 2).

Para las cañadas de la mesa de Xéridas se identificaron 14 zonas físicas (Figura 2). Cada una de estas zonas físicas representa una combinación diferente de condiciones climáticas, tipo de roca, tipo de suelo, hidrología, que condicionan qué ecosistema se desarrolla, cómo responde a las perturbaciones, cómo regenera, así como los sistemas de alteridad que lo ocupan.

En el modelo se diferenciaron tres paisajes en una secuencia vertical. El altiplano, con un moldeado de lomeríos y vallecitos de disección suave, presenta sequías leves y suelos arenosos, lavados y con pendientes moderadas que favorecen la retención y la infiltración. Los vallecitos peor drenados favorecen la acumulación de agua en pantanos estacionales y turberas. La zona de vida corresponde a bosque húmedo premontano. La profundidad efectiva limitada, la favorabilidad al fuego y la baja fertilidad determinan una restricción severa para sucesiones forestales, salvo en algunos escarpes externos que constituyen frentes de condensación y acumulaciones locales de suelos más fértiles en parches y en corredores riparios. Esto determina el paisaje general de sabanas, parches de bosques y matorrales y bosques de galería que aún hoy predominan en el altiplano. El altiplano está completamente rodeado de escarpes (cinglas), en forma de paredes rocosas homogéneas o escalonadas con pequeñas terrazas con exurgencias puntuales de aguas infiltradas del altiplano.

El pie del escarpe o pie de cingla es el inicio de los valles colgantes correspondientes a los niveles de disección del altiplano miocénico (Ingeominas 2001, Alcaldía de Los Santos 2003). Estos valles ofrecen suelos moderadamente profundos y fértiles, producto heterogéneo del transporte y mezcla de los materiales minerales y orgánicos procedentes del altiplano y las

cinglas. Las cañadas son más profundas que en el altiplano, con barrancos y terrazas rocosas y atraviesan los depósitos heterométricos de coluvión del fondo de cada valle. La zona de vida corresponde a bosque seco premontano. Aunque el balance hídrico es más bajo que en el altiplano (Díaz *et al.* 2009), los valles colgantes se benefician de las aguas superficiales y geológicas procedentes del mismo. Los principales depósitos son los pies de cingla y los coluviones, al inicio y el final de las laderas. La mayoría de los valles terminan en una fuerte discontinuidad litológica y geomórfica en el punto donde se encuentran con la erosión remontante de las gargantas que ascienden desde el cañón.

El paisaje de cañón está compuesto por grandes y pequeñas gargantas que emergen en medio del frente conformado por los escarpes bajos y las laderas empinadas que caen hasta el fondo del río. La erosión remontante se manifiesta en conos de deslizamiento y sistemas de cárcavas que se concentran en determinados sectores de la parte baja del cañón. El clima en este paisaje se caracteriza por la alta radiación, la sequía intensa, la escasez de las precipitaciones. El

balance hídrico se reduce aún más por la limitación para la retención en sustratos someros con pendientes fuertes. Las principales acumulaciones de sustrato y humedad se forman en el fondo de las cañadas, los pies de cingla y la base de los derrubios.

La oferta física y su variación espacial a lo largo del gradiente vertical es el primer determinante para los procesos ecológicos (Valencia-Duarte *et al.* 2012), y así mismo, para la ocupación humana. Entonces, comprender el medio físico es el punto de partida para la construcción del modelo ecológico sobre el cual se diseñan los tratamientos de restauración.

Ecosistema de referencia: comunidades vegetales en el gradiente físico altitudinal

Se resumen de manera gráfica los principales rasgos de fisonomía y composición de los tipos de vegetación natural caracterizados (Figuras 3, 4 y 5). Los diagramas corresponden a una situación hipotética en que cada tipo de vegetación se extendiera sobre su ambiente físico asociado, sin elementos artificiales, como una aproximación al ecosistema de referencia.

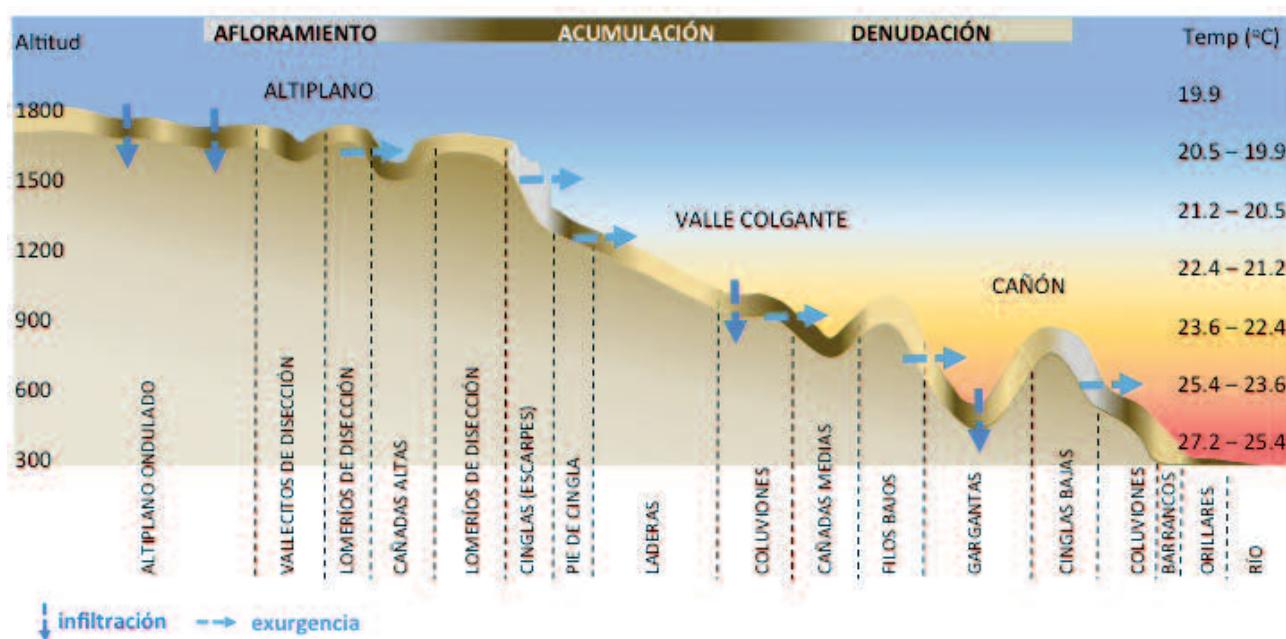


Figura 2. Modelo del medio físico.

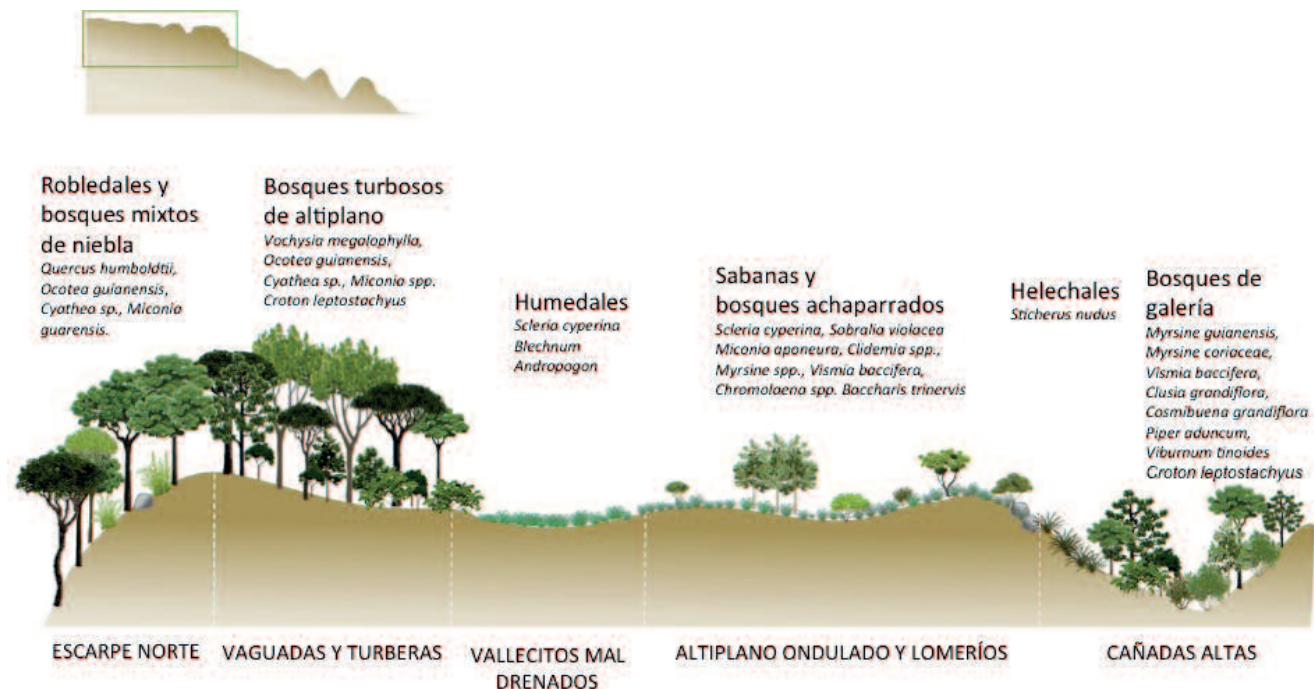


Figura 3. Ecosistema de referencia para el altiplano de la mesa de Xéridas.

Una caracterización fitosociológica más completa se presenta en el Anexo 1.

El paisaje de altiplano (Figura 3) se caracteriza por una matriz dominante de sabanas sobre oxisoles lavados limitados por roca y laterita, con abundantes elementos leñosos en forma de parches boscosos, agregados leñosos, árboles y arbustos dispersos y bosques de galería en los vallecitos entre los lomeríos. Localmente se presentan suelos turbosos azonales sobre los que se desarrollan parches mayores de bosque de turbera y pantanos estacionales de gramíneos. Los escarpes del borde norte del altiplano presentan bosques de niebla premontanos y montano bajos, más afines a los de Santurbán – Almorzadero que al paisaje general de la mesa de Xéridas. Los escarpes o cinglas presentan matorrales rupestres que incluyen pequeños parches de bosques achaparrados.

En los valles colgantes (Figura 4) el máximo potencial para una sucesión forestal se concentra en las franjas de acumulación: los pies de cingla y los coluviones y cañadas al fondo de los mismos.

El bosque de pie de cingla de la mesa de Xéridas presenta una composición que combina elementos de los bosques pirófilos del altiplano y de bosques premontanos mejor conservados con elementos de los cafetales y cacaotales abandonados. Los bosques riparios de las cañadas medias tienen una composición secundaria, con algunas rarezas que probablemente reflejan comunidades vegetales del pasado y mezcla con elementos del bosque pirófilo facilitada por sucesivos eventos de perturbación y regeneración.

En el cañón propiamente dicho la vegetación hoy predominante corresponde a pajonales limpios, pajonales arbustivos y extensos parches de matorrales de *Lippia origanioides*. La mayor parte de los parches forestales corresponde a bosques bajos con *Prosopis juliflora*, localmente llamados “bagarizales”. Estas coberturas están relacionadas con el régimen de fuego y pastoreo caprino (Albesiano-Hoyos *et al.* 2003, Valencia-Duarte *et al.* 2012).

Por la extensa historia de alteración, no es posible definir un ecosistema primario de referencia. Las diferentes asociaciones vegetales reflejan la superpo-



Figura 4. Ecosistema de referencia para los valles colgantes de la mesa de Xéridas.



Figura 5. Ecosistema de referencia para los cañones que rodean la mesa de Xéridas.

sición intensa de distintos eventos de perturbación y regeneración que han llevado a la conformación de un mosaico de comunidades secundarias: eriales, pajonales subxerófilos, matorrales, bosques bajos, pioneras dispersas en conos de deslizamiento o en focos de carcavamiento. Las asociaciones florísticas son aparentemente contingentes, en la medida en que los elementos comunes son mayoritarios y la distribución de cada especie entre los pajonales, matorrales y bosques bajos parece más determinada por su respuesta individual al régimen de perturbaciones.

Socioecosistemas resultantes del patrón de ocupación en el gradiente altitudinal

Cada ambiente definido por el desarrollo del ecosistema sobre el gradiente físico da lugar a una capacidad de acogida diferente que ha determinado las formas de uso, ocupación y su distribución espacial.

Se diferencian tres escenarios socioecológicos correspondientes a los tres paisajes del medio físico (Figura 6). En cada uno de estos escenarios socioecológicos se combinan determinados sistemas de alteridad que generan un régimen de tensionantes sobre un ambiente biofísico particular, resultante de la interacción de los distintos modos de vida allí presentes.

Cada sistema de alteridad produce un régimen de tensionantes característico. La combinación determina el régimen total de tensionantes por escenario (Tabla 1).

Resumen de la historia de alteración

En la historia de alteración (Tabla 2) se superponen períodos de fuerte desarrollo demográfico y económico con perturbación intensa de las coberturas y suelos (Arenas 2004, Ardila 2015), alternados

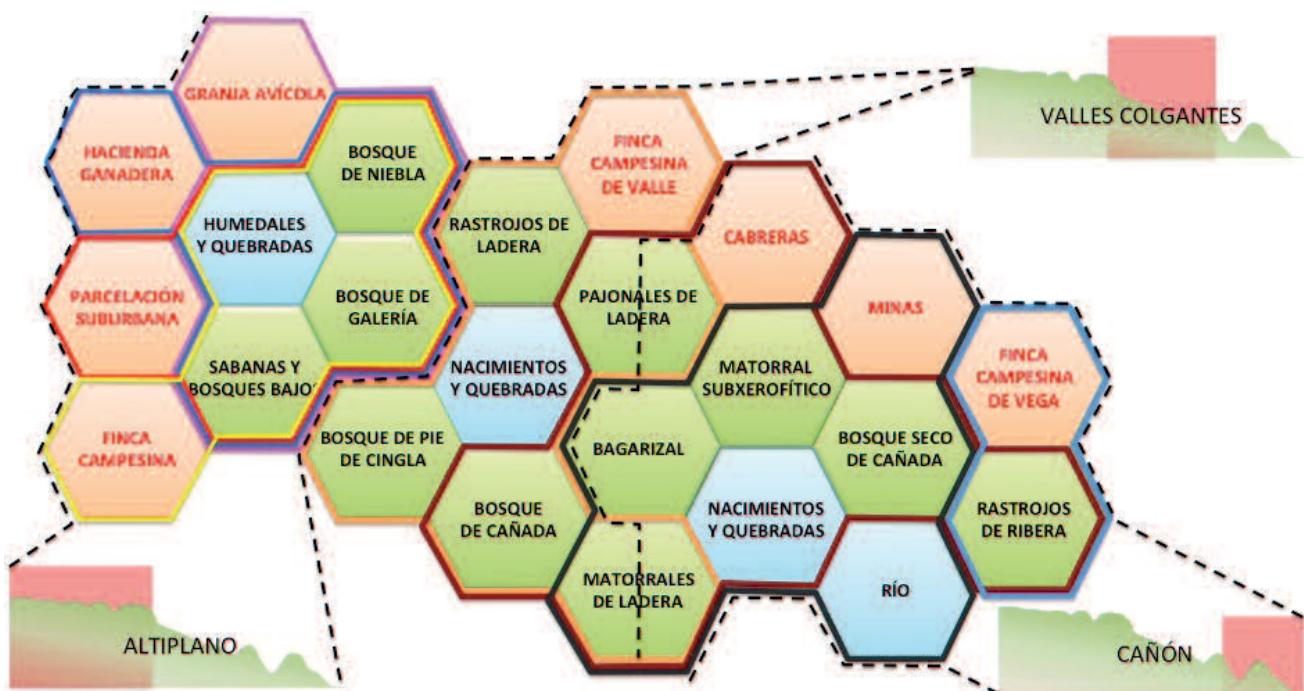


Figura 6. Escenarios socioecológicos identificados en la mesa de Xéridas: altiplano, valles colgantes y cañón. Las líneas de colores delimitan los ambientes en donde más incide cada sistema de alteridad o modo de vida que interactúa en el socioecosistema. Por ejemplo, la línea roja bordea los ambientes transformados por la parcelación suburbana de altiplano; la línea naranja los ambientes con que se relaciona la finca campesina de valle colgante. Una mayor cantidad de líneas muestra los ecosistemas más presionados, que en este caso, corresponden a los del altiplano.

Tabla 1. Valoración de limitantes y tensionantes para cada una de las zonas físicas identificadas en los escenarios socioecológicos.

ESCENARIOS SOCIO-ECOLÓGICOS	SISTEMAS DE ALTERIDAD O MODOS DE VIDA	ZONAS										
		PARCELACIÓN SUBURBANA					AGROINDUSTRIA DE ALTIPLANO (Granja avícola y hacienda ganadera)					
		FINCA CAMPESINA DE ALTIPLANO		VALLE COLGANTE			CAÑÓN			EXPLORACIÓN MINERA		
		Loma	Humedales	Cañadas altas	FINCA CAMPESINA DE VALLE COLGANTE	PIE DE CINGLA	FINCA CAMPESINA DE CAÑÓN	Ladera alta empinada	Ladera baja y coluvión	Cingla		
		AGROINDUSTRIA DE ALTIPLANO (Granja avícola y hacienda ganadera)	Humedales	Cañadas altas	VALLE COLGANTE	Cañadas medias	CAÑÓN	Ladera baja y coluvión	Cañada	Pie de cingla		
		Loma	Humedales	Cañadas altas	CAÑÓN	Conos deslizamiento	EXPLORACIÓN MINERA	Ladera alta empinada	Cingla			
		AGROINDUSTRIA DE ALTIPLANO (Granja avícola y hacienda ganadera)	Humedales	Cañadas altas	EXPLORACIÓN MINERA			Ladera baja y coluvión	Pie de cingla			
		Loma	Humedales	Cañadas altas	VALLE COLGANTE			Cañada	Ladera y filos bajos			
		AGROINDUSTRIA DE ALTIPLANO (Granja avícola y hacienda ganadera)	Humedales	Cañadas altas	CAÑÓN				Barranco y coluviones			
Tensionantes antropicos		Suburbanización										
		Rellenos o botaderos										
		Embalses										
		Pastoreo ovino-caprino										
		Pastoreo bovino										
		Entresaca y leñería										
		Fertilización con gallinaza										
		Agroquímicos										
		Sobreexplotación del agua										
Tensionantes naturales		Hormigas cortadoras										
		Remoción en masa										
		Erosión										
		Fuego										
		Viento										
		Sequía										
Limitantes		Baja diversidad flora local										
		Fragmentación coberturas										
		Drenaje deficitario										
		Baja retención de humedad										
		Toxicidad del suelo Al Fe										
		Alcalinidad										
		Acidez										
		Compactación										
		Poca profundidad efectiva										
		Poca materia orgánica										
Altas pendientes		Baja fertilidad										
		Altas pendientes										

con otros favorables a la regeneración. Es muy probable que períodos prolongados de alteración fuerte y duradera afecten la regeneración en formas permanentes. En tal caso, la regeneración en cada intervalo de despoblamiento habrá diferido en mayor o menor grado de la ocurrida en el anterior.

En cada uno de los paisajes actuales del altiplano a los valles y el cañón se pueden reconocer distintas mezclas de elementos persistentes de:

- Los asentamientos agrícolas guanes perpetuados en asentamientos campesinos con patrones similares en todo el gradiente altitudinal.
- La introducción hispánica del ganado bovino en el altiplano y el caprino en valles y cañón.
- La expansión de los emporios agrícolas del Siglo XIX y principios del XX en altiplano y valles.
- La hegemonía tabacalera de los siglos XVIII al XX en todo el gradiente altitudinal.
- La agricultura de perecederos impulsada por la revolución verde y el crecimiento del mercado metropolitano de Bucaramanga.
- La expansión de la industria avícola de mediados y finales del Siglo XX, con sus galpones, barreras forestales, embalses y desecación de humedales y quebradas.
- La introducción de pastos mejorados impulsados por la producción local de gallinaza y el paso del pastoreo extensivo de sabanas con fuego a la rotación de potreros fertilizados.
- La expansión de las parcelaciones suburbanas y el turismo impulsada por el crecimiento metropolitano de Bucaramanga.

Esta mezcla sugiere que los paisajes actuales pueden interpretarse como la estratificación de diferentes patrones de ocupación y alteración (*sensu* Hourdequin y Havlick 2015), cada uno perpetuado en mayor o menor medida por la persistencia de las perturbaciones y las desviaciones de la regeneración.

Patrones de alteración

El régimen de tensionantes característico para la mesa de Xéridas (Tabla 2), produce en el tiempo patrones de alteración propios de cada escenario (Figura 7).

En el patrón de alteración del altiplano dominan la fragmentación y secundarización progresiva de los remanentes de bosques de niebla y bosques de galería, el reemplazamiento de las sabanas naturales por pastos introducidos, la desecación y contaminación hídrica de las cuencas altas y humedales y la expansión de jardines y prados arborizados de las parcelaciones (Figura 7). Todos estos procesos son parte de la dinámica territorial suburbana, donde la mezcla de agroindustria, vivienda y comercio se superpone a los elementos persistentes del pasado, artificiales y naturales: fincas campesinas, fincas cafeteras, sabanas naturales y remanentes forestales.

En los valles colgantes, la fragmentación y secundarización de los bosques riparios y de pie de cingla, bajo las presiones agrícolas, se suma a la desecación de las quebradas para riego, la severa contaminación por agroquímicos. Los bosques remanentes reflejan la superposición histórica de los cultivos de sombrío (café y cacao) y sucesivos eventos de tala, quema y regeneración. El patrón general de reemplazo de la regeneración forestal del bosque seco premontano por matorrales subxerofíticos secundarios y sabanas xerófilas y especies invasoras, conlleva la acumulación de suelos y caudales agotados en cada valle.

En el cañón, la desecación de las quebradas determina la desaparición paulatina de los bosques secos riparios, la expansión de los matorrales subxerofíticos y los bosques bajos de *Prosopis* incluso al fondo de las cañadas. Las mismas formaciones más los pajonales de la sabana xerófila secundaria tienden a reemplazar gradualmente los fragmentos de los bosques secos secundarios de ladera, creando un paisaje general de subxerofitía secundaria de muy baja diversidad, generado y mantenido en gran parte por el pastoreo extensivo caprino.

Tabla 2. Resumen de la historia de alteración reconstruida para la mesa de Xéridas, Santander. Fechas aproximadas. Fuentes: Arenas (2004), Ardila (2015), Amando Martínez (com. pers. 2016), Monica Giedelman (com. pers. 2016).

Periodo	Paisajes dominantes	Demografía	Régimen de tensionantes	Patrón de alteración resultante
Pre-chibcha (hipotético) (10000 - 3000 AP)	Clima más húmedo que el actual. Sucesiones forestales con bosques de distinto porte, con excepción del altiplano. Altiplano con sabanas con parches y corredores riparios de bosque. Matorrales y bosques achaparrados, confinados a los afloramientos rocosos, escarpes y focos erosivos naturales.	Cazadores-recolectores y pequeños horticultores. Escasa densidad poblacional estable.	Pesca Leñería Asentamientos transitorios en las vegas y terrazas del río Chicamocha. Trasegar humano.	No es factible determinarlo por la escasez de información ecológica y antropológica sobre este período, pero puede asumirse como mínimo e irrelevante, con un predominio de los tensionantes naturales y una resiliencia más alta gracias a mayores masas vegetales, mejores suelos y un clima menos severo que el actual.
Guane (2500 AP)	Mosaico de sabana arbustiva, humedales y bosques de galería en el altiplano. Mosaico de bosques rastrojos y cultivos en los valles. Bosque seco tropical con parches subxerofíticos y enclaves de cultivos de pancoger.	Auge de poblamiento de los Guane. Centro del cacicazgo del cacique Guanentá.	Agricultura intensiva de tumba y quema (maíz, tabaco, algodón, fríjol, calabazas, yuca, arracacha, fique, cacao y ají) en enclaves de suelos más favorables por profundidad efectiva, fertilidad e irrigación natural, en algunos casos, canales de riego (Ardila 2015).	Transformación de coberturas en valles colgantes, terrazas y vegas del río Chicamocha y vallecitos del altiplano; afectación de suelos sobre las geoformas acumulativas por situación y pendiente.
Invasión europea (Siglo XVI)	Regeneración de la vegetación en áreas tradicionalmente habitadas y cultivadas por los guane.	Colapso poblacional.	Entrada de ganadería bovina y caprina. Tabaco como primer monocultivo comercial en minifundios mestizos y haciendas españolas. Agricultura confinada a enclave edáficos favorables.	Alteración de nuevas extensiones de suelo y nuevas coberturas con la capricultura. Intensificación del ciclo natural del fuego y pastoreo en las sabanas del altiplano. Expansión de especies oportunistas en áreas de habitación y cultivo guane.
Colonia		Recuperación demográfica tardía.	Leñería en los enclaves agrícolas y zonas de extracción vecinas. Extensión de ganadería bovina en el altiplano y caprina en el cañón.	Disgénesis y fragmentación de los bosques riparios y pies de cingla más accesibles. Pastoreo extensivo en altiplano y cañón.
Primera República (Siglo XX)	Mosaico de sabanas, bosques pirófilos y humedales en el altiplano. Mosaico de parches de cultivo y de regeneración en los valles. Bosque seco secundario en el cañón.	Colapso económico y demográfico. Recuperación demográfica y económica. Nuevo colapso demográfico: guerra de los mil días (1899-1902).	Monocultivos de exportación (caña, tabaco, café, cacao, algodón). Mesa de Xéridas centro de tránsito y comercio de las quinas y otros productos extraídos del Magdalena medio. Entresaca selectiva. Extracción forestal comercial, afectando maderas finas de construcción, ebanistería, taninos y navales. Introducción de pastos africanos.	Disgénesis y fragmentación de bosques riparios y pies de cingla de rodales cada vez más inaccesibles. Alteración de las sabanas del altiplano. Potrización de ecosistemas riparios del altiplano.

Cont. **Tabla 2.** Resumen de la historia de alteración reconstruida para la mesa de Xéridas, Santander. Fechas aproximadas. Fuentes: Arenas (2004), Ardila (2015), Amando Martínez (com. pers. 2016), Monica Giedelman (com. pers. 2016).

Periodo	Paisajes dominantes	Demografía	Régimen de tensionantes	Patrón de alteración resultante
Siglo XX - XXI	<p>Matriz dominante de potreros arbolados con pastos y forestales introducidos. Parcelaciones suburbanas extensas sectorizadas con creciente densidad de setos y jardines.</p> <p>Parches y cordones reducidos de vegetación nativa de sabanas y bosques secundarios.</p> <p>Mosaico de parches de regeneración y cultivos en los valles colgantes.</p> <p>Bagarizales y matorrales subxerofíticos secundarios en parches extensos en una matriz de pajonales arbustivos, en el cañón.</p>	<p>Leve recuperación demográfica durante la primera mitad del siglo XX.</p> <p>Colapso demográfico: la violencia liberal-conservadora (1946-1958).</p>	<p>Recuperación del sistema de haciendas y minifundios</p> <p>Recuperación de las haciendas ganaderas en el altiplano y los minifundios tabacaleros y las cabrerías en los valles y el cañón.</p> <p>Avicultura en el altiplano. Segunda mitad del siglo XX.</p> <p>Embalse de nacimientos y humedales.</p> <p>Excedente de fertilizante orgánico.</p> <p>Cordones de coníferas y eucaliptos como barreras cortaviento para los galpones y cercas vivas para los potreros.</p> <p>Introducción de agroquímicos y mecanización de agricultura campesina: revolución verde.</p> <p>Expansión suburbana como consecuencia del crecimiento demográfico, económico y espacial del área metropolitana de Bucaramanga.</p>	<p>Sabanas limpias de elementos leñosos en el altiplano.</p> <p>Matorrales y eriales en antiguas coberturas boscosas de valles colgantes y cañón.</p> <p>Agotamiento y contaminación de quebradas y humedales.</p> <p>Expansión de pastos introducidos en el altiplano.</p> <p>Expansión de monocultivos en los valles colgantes.</p> <p>Aceleración y expansión de la entresaca.</p> <p>Expansión del área cultivable sobre otros suelos antes subutilizados.</p> <p>Aumento de la población en el altiplano. Gran población flotante (turismo).</p>



Figura 7. Patrones de alteración en la mesa de Xéridas. Ver figura 6 para identificar los ambientes transformados.

Modelo multiescala de restauración para la mesa de Xéridas

La acumulación de suelos y coberturas degradados, junto con la contracción de los ecosistemas naturales proveedores de servicios ecosistémicos refleja una trayectoria degradativa. No siendo posible suspender los usos que la generan, es necesario intervenir a distintas escalas para corregir la trayectoria. El modelo propuesto apunta a generar una trayectoria regenerativa con una estrategia en cada escala:

- Escala macro: lineamientos para el ordenamiento territorial en los EOT y POMCAs, priorizando áreas de preservación y restauración y orientando los usos y sus formas.
- Escala media: aplicando herramientas del paisaje para organizar una estructura ecológica por microcuenca, hecha de corredores que enlazan núcleos fuente y de regeneración.

- Escala micro: donde las tipologías de restauración y algunas herramientas biomecánicas se organizan dentro de un esquema de ordenamiento a escala predial.

En la escala macro, se presenta la propuesta de ordenamiento para la mesa de Xéridas y las cuencas que la rodean (Figura 8).

En la escala media la estrategia se concentra en la organización de herramientas de paisaje para conformar una estructura ecológica de microcuenca, entendidas como aquellas acciones que se superponen en un paisaje dado para promover los cambios físicos (pero también sociales), que favorecerán la recuperación y la permanencia de la biodiversidad (Lozano-Zambrano 2009). El modelo se concentra en la recuperación y protección del corredor vertical de cañada conformado por los humedales del altiplano, nacimientos y los distintos tipos de bosque ripario (Figura 9).

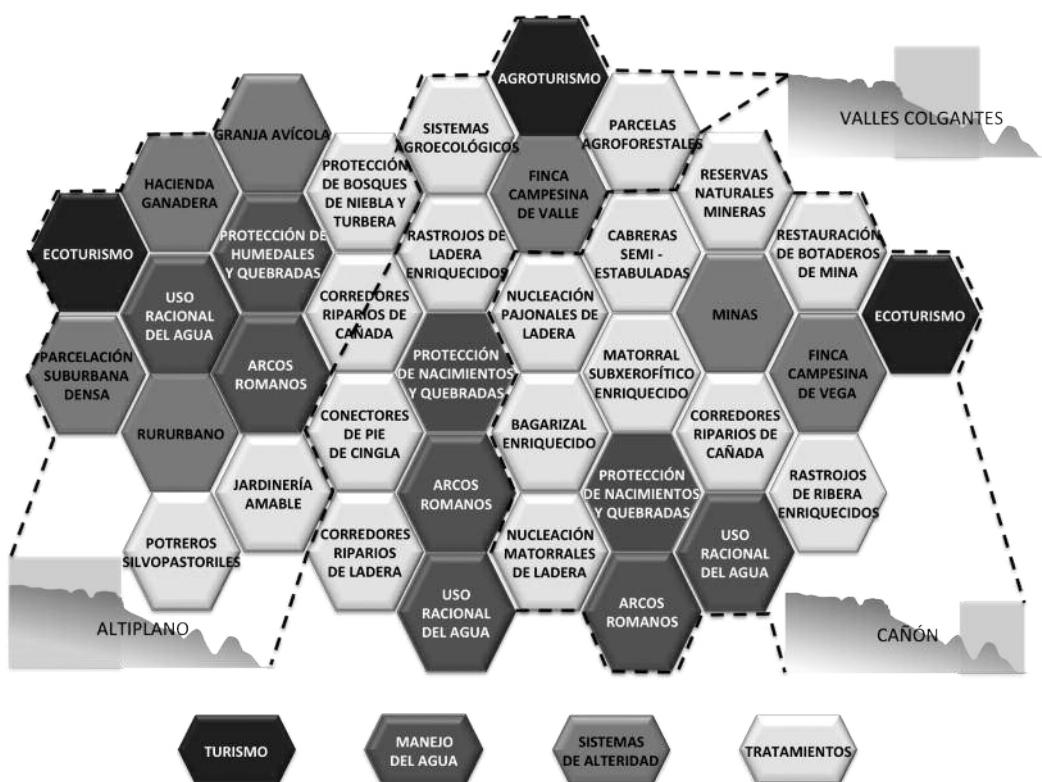


Figura 8. Modelo de restauración escala macro.

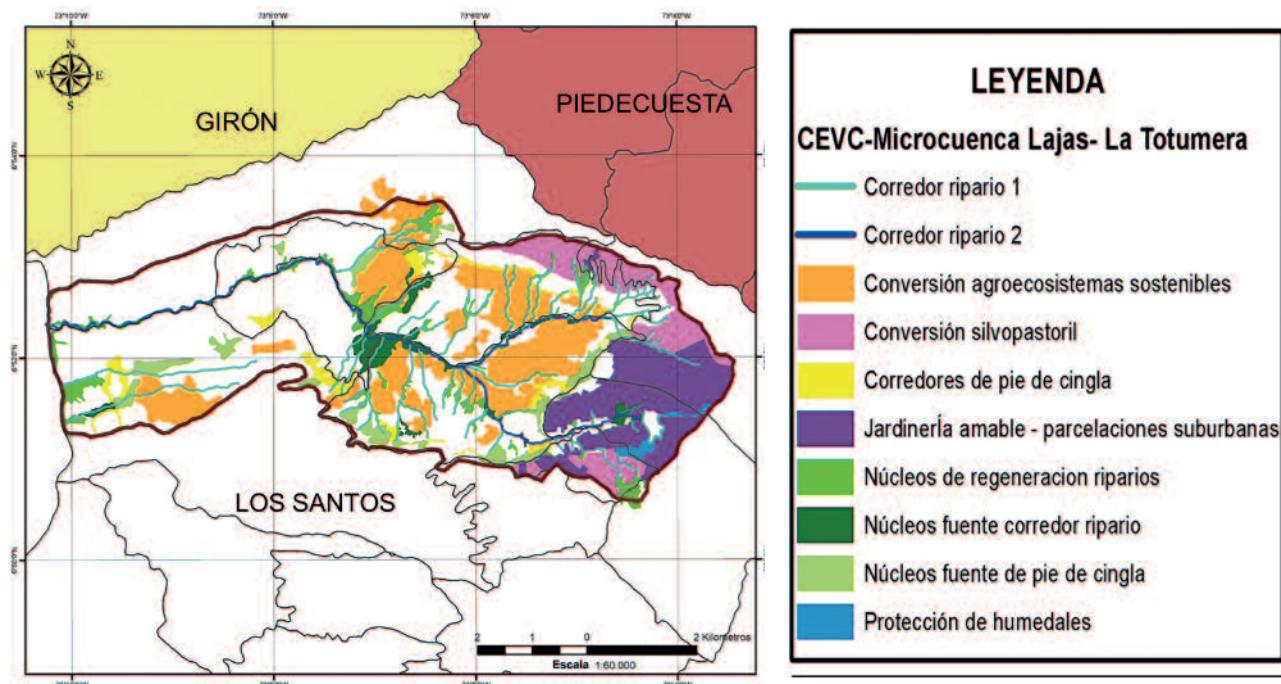


Figura 9. Modelo de corredor ecológico de cañada escala media. Corresponde a la localización de los tratamientos a nivel de microcuenca en el área de ejecución piloto del proyecto Xéridas.

En la escala micro la propuesta entra en la escala predial y por tanto en la del diseño de restauración y el ordenamiento de las herramientas dentro de la espacialidad propia de cada sistema de alteridad: finca campesina, finca ganadera, parcelación, granja avícola, etc.

Es a esta escala que se pueden impulsar sucesiones e impulsar procesos hidrológicos y de recuperación de suelos. Es también a esta escala que la conectividad y el hábitat demuestran su funcionalidad.

La aplicación para finca campesina de valle colgante (Figura 10) ilustra la estrategia. Los diseños específicos de restauración en cada caso combinan seis elementos principales:

- 1) Liberar barreras en puntos y franjas donde los limitantes ya son, de partida, menos severos.
- 2) Tipologías de restauración basadas en arreglos florísticos y patrones espaciales de la regeneración natural de cada ambiente del gradiente.

3) Equilibrar los espacios de conservación, regeneración, producción y habitación dentro del predio.

4) Armar corredores aprovechando los elementos lineales: vías, senderos, linderos, drenajes.

5) Priorizar el agua: la inclusión de prácticas de ahorro, protección y uso racional del agua.

6) Activar el cambio social: impulsando el empoderamiento de la mujer y la participación de todo el núcleo familiar para promover la evolución de las percepciones, decisiones y prácticas en dirección del bienestar colectivo y el cuidado amoroso de las personas y la tierra.

Las tipologías incluyen arreglos agroforestales y núcleos y corredores de restauración, como el que se presenta en la siguiente figura para los corredores de cañada en los predios que colindan con los principales drenajes (Figura 11).



Figura 10. Modelo básico de restauración escala micro. Ejemplo: finca campesina de valle colgante (1 – 5ha aprox.).

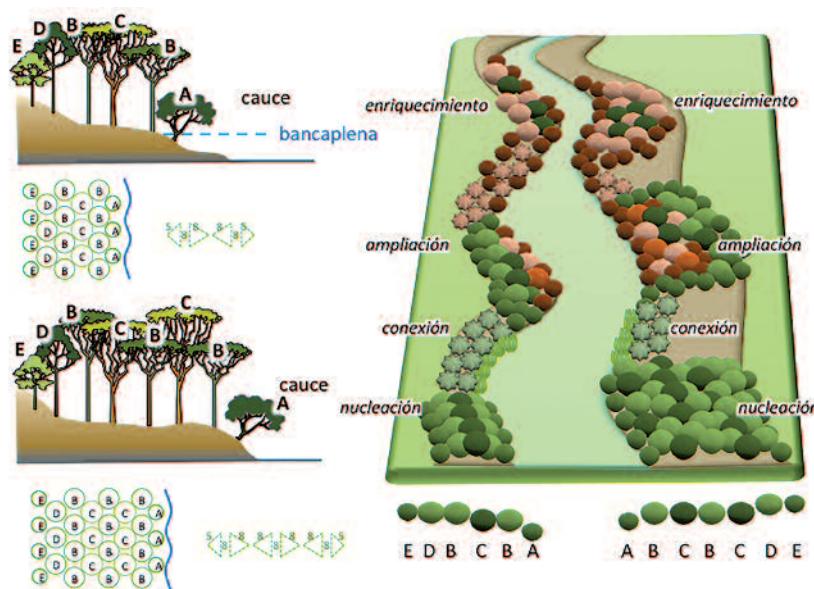


Figura 11. Ejemplo de tipología variable para la restauración del bosque ripario de las cañadas medianas. Paisaje campesino de valles colgantes. A) arbólitos y arbustos riparios. B) especies dominantes del bosque de cañada. C) especies raras o amenazadas. D) dominantes del bosque de ladera. E) especies resistentes al fuego y pastoreo.

Discusión

Cada uno de los tres paisajes que se diferencian marcadamente en el gradiente físico vertical determina el desarrollo de comunidades vegetales muy distintas y condiciones de regeneración así mismo diferenciadas con un fuerte encadenamiento vertical de los procesos biofísicos que se concentran en las cañadas. Estos ambientes han determinado distintas formas de ocupación y uso a lo largo de la historia que han acentuado la diferenciación en socioecosistemas correspondientes.

El análisis de las coberturas y los patrones de alteración muestra que la situación actual no es resultado sólo del régimen de tensionantes actual o reciente sino que refleja un largo historial de perturbaciones, eventos de regeneración, desaparición, modificación, persistencia o introducción de distintos elementos físicos, bióticos y culturales. En tales condiciones la selección de un estado pre-disturbio como ecosistema de referencia pierde viabilidad y utilidad.

El concepto de “paisaje estratificado” propuesto por Hourdequin y Havlick (2015) corresponde mejor a la situación de la Mesa de Xéridas y el cañón del bajo Chicamocha – alto Sogamoso pues: 1) existe una historia larga y compleja de disturbios, 2) muchos de los cambios acumulados son irreversibles (p.e. la entresaca selectiva de los bosques más cercanos a los centros de poblamiento y los pastos introducidos) y 3) el sistema actual tiene también un valor como resultado histórico. Así, en el altiplano se combinan los suelos y las geoformas del Mioceno con las sabanas del pleistoceno, los bosques del holoceno, elementos del paisaje cafetero y ganadero de los siglos XIX y XX y la suburbanización actual. En los valles y el cañón vemos superposición de formas y espacios de producción y habitación de los guanes que han perdurado a través de los sistemas campesinos que los tomaron como base. Los rastrojos y bosques son producto de varios episodios de perturbación y regeneración bajo distintos régimenes de tensionantes, desde la agricultura indígena, a la ganadería hispánica y la finca modernizada por la motobomba, la motosierra y los agroquímicos de la revolución verde.

En este contexto, la restauración más que la semblanza de un estado pretérrito debe ser una estrategia para seguir el mejoramiento del equilibrio entre cambio y conservación en un mosaico ecosistémico profundamente humanizado: ¿qué elementos deberían mantenerse, fortalecerse o recuperarse y cuáles controlarse o modificarse para la armonización y viabilidad del socioecosistema?

Según Brown y Lugo (1994) un modelo de desarrollo es sostenible en la medida en que es capaz de restaurar los daños producidos y balancear los espacios convertidos, productivos o en regeneración, en un modo tal que no se produzcan y acumulen espacios degradados. Como pudo verse en la lectura del patrón de alteración, en la mesa de Xéridas se confirma una trayectoria degradativa de los escenarios sociambientales en tres aspectos: 1) la acumulación de espacios degradados como los eriales, los pajonales y los mañanitas subxerofíticas secundarios; 2) la contracción y fragmentación de los ecosistemas generadores de servicios (p.e. humedales, y bosques riparios) en desproporción frente a la expansión de los compartimentos demandantes (agroindustria, parcelaciones suburbanas); 3) la irreversibilidad de gran parte de la degradación acumulada (extinciones locales, erosión, destrucción de humedales y suelos de recarga).

Estos aspectos sugieren fallas adaptativas en los modos de vida y de producción presentes en la mesa de Xéridas, en relación con las determinantes biofísicas del altiplano y los cañones que lo rodean. Adicionalmente, el abrupto gradiente altitudinal y las crecientes oscilaciones climáticas determinan un encadenamiento causal del altiplano a los valles medios y al cañón que transmite sin amortiguación los tensionantes de las partes altas, húmedas y de alta renta a las partes bajas, secas y campesinas socioeconómicamente deprimidas. Esto redonda en un círculo de degradación del bosque seco tropical y de las condiciones de vida de sus habitantes.

Se plantea que estos desajustes intrínsecos en la adaptación ecológica de los grupos locales que ya comprometen la viabilidad del socioecosistema,

reciben una presión adicional significativa de dos fuentes: los efectos locales del cambio climático global y los cambios socioeconómicos en el territorio, principalmente la presión creciente de la suburbanización y la avicultura sobre el recurso hídrico y los ecosistemas fuente. Los desequilibrios geográficos tienden a acentuarse en la medida en que las tierras bajas (sobre todo en bosque seco topical) son más sensibles por su fragilidad socioeconómica y por su posición en las microcuenca. Situación común a otros valles y cañones áridos en Colombia, como Santafé de Antioquia, en el cañón del río Cauca antioqueño (Montoya *et al* 2016).

Son más ecoeficientes aquellos modos de vida con respuestas más adaptativas al entorno pues generan menos cambios y menos entropía. La ecoeficiencia también se puede incrementar en la medida en que las respuestas adecuativas (de transformación) regeneran en lugar de degradar la capacidad del medio para sostener dicho modo de vida. Así, el modelo de restauración propuesto apunta a una reconformación progresiva del socioecosistema en cada uno de los tres paisajes, en la cual se equilibren espacialmente los comportamientos maduros (o sucesionalmente avanzados), en regeneración, en explotación y los convertidos-habitados, en la línea de la “estrategia de desarrollo del ecosistema” planteada por Odum (1969).

Esto se corresponde con el manejo adaptativo propuesto por Holling (2001), pues en cada escenario se busca la implementación de prácticas socialmente viables dirigidas a generar dinámicas regenerativas. El éxito de este enfoque depende fundamentalmente de la articulación multi-escala: una trayectoria regenerativa hacia el equilibrio de comportamientos en las tres escalas.

La recuperación de los procesos ecológicos como el ciclo hidrológico y la regeneración así como la viabilidad socioeconómica de los tratamientos reposan principalmente en la pertinencia y el ordenamiento de las intervenciones en la escala micro, al interior de cada predio y dentro de la lógica espacial y funcional

de cada sistema de alteridad: finca campesina, parcelación, avícola, etc.

Cada predio intervenido con herramientas de paisaje de escala micro, como se demostró en la microcuenca piloto, aporta los elementos necesarios para armar la estructura ecológica de la microcuenca en la escala media. Es en esta escala que se pueden abordar aspectos como el manejo integral del ciclo hidrológico, la conectividad entre los ecosistemas del gradiente vertical y la conformación de un mosaico sucesional balanceado.

Si bien la complejidad de estos sistemas implica que los cambios en la escala micro y media pueden dinamizar el escalamiento de las transformaciones en el manejo ambiental, la incidencia en el ordenamiento territorial municipal es la vía legal para frenar prácticas de manejo abusivo de los recursos naturales.

Las tres escalas se articulan entre sí a través del propósito de armar corredores ecológicos verticales de cañada, concentrando los esfuerzos de restauración en estas franjas que por sí mismas concentran los procesos hidrológicos, la regeneración y la conectividad biológica.

La recuperación del ciclo hidrológico pasa, inevitablemente por una cuestión de equidad. El Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Los Santos señalaba el uso desigual del recurso entre las partes altas y las bajas y secas (Alcaldía de Los Santos 2003). Se trata entonces de equidad entre las comunidades suburbanas de las tierras altas y las campesinas de los valles medios y las tierras bajas del cañón. Pero equidad también entre las necesidades humanas y la preservación de un caudal ecológico, para el sostenimiento de los procesos ecológicos y la biota acuática y terrestre.

En el enfoque propuesto aquí, la restauración se asume como una herramienta de justicia socioambiental y por eso, parte de reconocer una historia de alteración como un diálogo en que las relaciones entre las personas y las relaciones con la tierra se afectan y

se cambian recíprocamente (Hourdequin y Havlick 2015) en la dirección de un cambio degradativo del ser humano y la tierra, o de un cambio regenerativo (Hernández *et al.* 2002, EEM 2005).

En síntesis, en los paisajes altamente estratificados y dinámicos, más que una conservación estática y circunscrita únicamente a los objetivos biológicos se requiere una restauración de la riqueza histórica del mosaico socioecosistémico. La sostenibilidad, bajo este enfoque, es una trayectoria y un equilibrio dinámico entre compartimentos, más que una moderación de la explotación respecto a la capacidad de carga, como un camino medio (Toledo 2005, Naredo y Baggethun-Gómez 2012).

Bibliografía

- Albesiano-Hoyos, A. S., J. O. Rangel-Churio y A. Cadena. 2003. La vegetación del cañón del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Caldasia* 25 (1): 73–99.
- Alcaldía de Los Santos. 2003. Esquema de Ordenamiento Municipal. 174 pp.
- Alcaldía de Los Santos. 2012. Plan de Desarrollo Municipal Unidos por mi pueblo. 5 pp.
- Ardila Luna, C. 2015. Paisaje colonial del siglo XVI en el territorio guane, Santander (Colombia). Pp.127–155. En: Gallini, S. (Ed.) Semillas de historia ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Primera Edición. Colección General Biblioteca Abierta. Bogotá, D. C. 413 pp.
- Arenas, E. 2004. Los Guane, el pueblo de la cingla. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. 214 pp.
- Barrera-Cataño, J. I. y C. Valdés-López. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, *Universitas Scientiarum* Edición Especial II (12): 11–21.
- Brown, S. y A. E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2 (2): 97–111.
- Brown, R. D., N. Kenny y R. C. Corry. 2011. Testing the microclimate habitat design framework in abandoned sand and gravel extraction sites using the Karnel Blue Butterfly. *Ecological Restoration* 29 (1-2): 52–63.
- Camargo, G. 2004. ¿Quién ordena el territorio? Una respuesta desde la ecología humana basada en sistemas de alteridad. *Innovación y Ciencia XI* (3 y 4): 34–47.
- Edición Especial sobre Medio Ambiente. Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia – ACAC. Bogotá.
- Clewell, A., J. Rieger y J. Munro. 2005. Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects, 2nd Edition. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration. 8 pp.
- Chirivi Gómez, S. M. 2015. Transformación de los agroecosistemas y de la economía campesina por la influencia del mercado en la vereda Purnia Nueva, Los Santos – Santander. Trabajo de Grado. Pontifica Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Carrera de Ecología. Bogotá D. C. 86 pp.
- Cotler, H., G. Bocco y A. Velázquez. 2004. El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica. Sánchez, O., E. Peters, R., Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (Eds.). Diplomado en restauración ecológica. INE-SEMARNAT, United States Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación, AC, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM.
- Díaz, J. E., N. M. Contreras, J. E. Pinto, F. Velandia, C. J. Morales y G. Hincapie. 2009. Evaluación hidrogeológica preliminar de las unidades geológicas de la mesa de Los Santos, Santander. *Boletín de Geología* 31 (1): 61–70.
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM). 2005. Ecosistemas y bienestar Humano: Síntesis sobre desertificación. World Resources Institute, Washington, DC. 25 pp.
- Fajardo, L., J. P. Rodríguez, V. González y J. M. Briceño-Linares. 2013. Restoration of a degraded tropical dry forest in Macanao, Venezuela. *Journal of Arid Environments* 88: 236–243.
- Hernández, A. J., U. Arantzazu y J. Pastor. 2002. Evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres degradados encaminada a la restauración ecológica. Ciudad, sociedad, educación, control, caos y autoorganización. Actas de la II Reunión Española de Ciencia de Sistemas. Universidad de Valencia, Departamento de Matemática Aplicada y Sociedad Española de Sistemas Generales. Valencia, junio 12, 13 y 14 de 2002. 10 pp.
- Holling, C. S. 1978. Adaptive Environmental Assessment and Management. Wiley, London. Reprinted by Blackburn Press in 2005. 377 pp.
- Holling, C. S. 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. 2001. *Ecosystems* 4: 390–405.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Igac. 2003. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Santander. Bogotá, Colombia. 1 cd.
- Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras - Ingeominas. 2001. Mapa geológico generalizado del departamento de Santander. Memoria Explicativa.

- Escala 1:400.00. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear. Bogotá, Colombia. 88 pp.
- Lozano-Zambrano, F. H. (Ed.). 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR). Bogotá D. C. 238 pp.
- Martín-López, B., J. A. González y S. Vilardy. 2012. Guía Docente Ciencias de la sostenibilidad. Bogotá D. C. 145 pp.
- Montoya-Arenas, C., L. M. Escobar Ocampo, E. Patiño Zuluaga y L. F. González Escobar. 2016. Transformación del paisaje cultural de Santafé de Antioquia: impactos del paisaje regional, en el urbano y el cotidiano. Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación CIDI Universidad Pontificia Bolivariana, Convocatoria UPB INNOVA 2015, Escuela de Hábitat-CEHAP Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Medellín. 57 pp.
- Murcia, C. y M. R. Guariguata. 2014. La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades. Bogor, Indonesia: Documentos Ocasionales 107 pp.
- Naredo, J. M. y E. Baggettum- Gómez. 2012. Apéndice: Río+20 en perspectiva. Pp. 347-421 En: Starke, L. (Ed.). Hacia una prosperidad sostenible. La situación del mundo 2012. Informe Anual del Worldwatch Institute sobre el Progreso hacia una Sociedad Sostenible. Icaria editorial. 421 pp.
- Odum, E. 1969. The Strategy of Ecosystem Development. *Science* 164 (3877): 262–270.
- Pennington T., P. L. Gwilym y J. A. Ratter. 2006. An Overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forest. Pp. 1-29. En: Pennington T., P. L. Gwilym y J. A. Ratter (Eds.). Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. Plant Diversity, Biogeography and Conservation. The Systematics Association. Special Volume Series 69.
- Pizano, C. y H. García (Eds.). 2014. El Bosque seco tropical de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 352 pp.
- Quesada, M., G. A. Sanchez-Azofeifa, M. Alvarez-Anorve, K. E. Stoner, L. Avila- Cabadilla, J. Calvo-Alvarado, M. M. Espírito-Santo, M. Fagundes, M. Fernandes, J. Gamon, J. M. Lopezaraiza-Mikel, D. Lawrence, L. P. Cerdeira Morellato, J. S. Powers, S. Neves, V. Rosas-Guerrero, R. Sayago y G. Sanchez-Montoya. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: review and perspectives. *Forest Ecology and Management* 258: 1014–1024.
- Schmidheiny, S. 1992. Changing Course: a global business perspective on development and environment. World Business Council for Sustainable Development. MIT Press. 357 pp.
- Toledo, V. M. 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Gaceta ecológica* 77: 67–83.
- Valencia-Duarte, J., L. N. Trujillo-Ortiz, O. Vargas Ríos. 2012. Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana* 13 (2): 40-65.
- Vodde, F., K. Jögiste, L. Gruson, T. Illison, K. Köster y J. A. Stanturf. 2010. Regeneration in windthrow areas in hemiboreal forests: the influence of microsite on the height growths of different tree species. *Journal of Forest Research* 15: 55–64.

Anexo 1. Principales tipos de vegetación definidos para la mesa de Xéridas según levantamientos de campo e información secundaria (Albesiano *et al.* 2003).

Denominación	Zona de vida y altitud (m)	Especies características	Composición y estructura	Asociación ambiental
Matorrales a bosques bajos de ladera y cañada de <i>Prosopis juliflora</i> con <i>Lippia origanoides</i> y <i>Cestrum alternifolium</i> .	BsT - Bs-PM ca. 500-1170	<i>Lippia origanoides</i> , <i>Cestrum alternifolium</i> , <i>Opuntia pubescens</i> , <i>Stenocereus griseus</i> , <i>Tillandsia recurvata</i> , <i>Commicarpus scandens</i> , <i>Tabernaemontana grandiflora</i> , <i>Senna pallida</i> y <i>Rauvolfia tetraphylla</i> .	Es determinante la presencia compartida de especies como <i>Lippia origanoides</i> , <i>Jatropha gossypijifolia</i> , <i>Solanum cotonifolium</i> , <i>Opuntia pubescens</i> , <i>O. dillenii</i> y <i>Tridax procumbens</i> . Las formas degradadas se presentan a manera de matorrales abiertos a enanos y pastizales-prados arbustivos. Bajo algunas de estas condiciones abiertas <i>Stenocereus griseus</i> cobra especial importancia como componente rasante.	En laderas expuestas ligeramente inclinadas a muy escarpadas; cañadas expuestas planas a fuertemente inclinadas, sobre sustratos superficiales erosionados, rocosos hasta pedregosos o franco-arenosos, bien drenados y en algunos casos estacionalmente inundables, con afloramientos de roca en algunos sectores y diferentes proporciones de suelos descubiertos y acumulación de hojarasca (Albesiano-Hoyos <i>et al.</i> 2003). Se observó alteración por cruce de caminos, pastoreo bovino y caprino, paso de mangueras de agua y quemas esporádicas. Corresponde a vegetación seca de tipo mesoseral a priseral distribuida desde la franja Tropical hasta la transición con la franja Premontana.
Bosques bajos a matorrales de ladera y cañada de <i>Ruprechtia ramiflora</i> , <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Bursera simaruba</i> y <i>Astronium graveolens</i> .	BsT - Bs-PM ca. 310-1206	<i>Ruprechtia ramiflora</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Astronium graveolens</i> , <i>Aspidosperma eupatorium</i> , <i>Selaginella sellowii</i> , <i>Casearia tremula</i> , <i>Opuntia</i> sp., <i>Commelinaceae</i> sp., <i>Platymiscium pinnatum</i> , <i>Selaginella</i> sp., <i>Cylindropuntia caribaea</i> , <i>Celtis iguanaea</i> e <i>Indigofera</i> sp.	Entre los componentes locales que desarrollan portes arbóreos se destaca <i>Platymiscium pinnatum</i> , <i>Tabebuia chrysanthha</i> , <i>Celtis iguanaea</i> , <i>Guettarda elliptica</i> , <i>Randia aculeata</i> y <i>Pradosia colombiana</i> . Es determinante la presencia compartida de <i>Ruprechtia ramiflora</i> y <i>Bursera simaruba</i> , contrastando con la presencia reducida de <i>Lippia origanoides</i> y <i>Senna pallida</i> y la ausencia de <i>Cestrum alternifolium</i> y <i>Stenocereus griseus</i> . Sus formas degradadas se presentan a manera de matorrales abiertos a enanos arboliados.	En laderas y cañadas expuestas ligeramente inclinadas a moderadamente escarpadas sobre sustratos rocosos hasta pedregosos o arcillo-arenosos bien drenados, con rocas expuestas y diferentes proporciones de suelo descubierto y acumulación de hojarasca. En los alrededores se observaron alambrados, desarrollo de ganadería bovina y caprina, y cruce de caminos y mangueras de agua. Corresponde a vegetación seca de tipo mesoseral hasta priseral, la cual se extiende desde la franja Tropical hasta la transición con la franja Premontana.
Unidad de vegetación seca estacional:	Bs-T ca. 600-650	<i>Gynerium sagittatum</i> y <i>Cyperus rotundus</i> .	Herbazal abierto a herbazal generalmente muy pobre en cobertura y composición, el cual comparte la presencia de cañas altas de <i>Gynerium sagittatum</i> con hierbas de <i>Cyperus rotundus</i> y arbustillos de <i>Prosopis juliflora</i> acompañadas por algunas herbáceas y rasantes de cobertura reducida como <i>Tephrosia cinerea</i> . Localmente se observa <i>Stenodia durantifolia</i> como componente dominante de herbazales más densos.	En terrazas aluviales planas propias de las márgenes del río Chicamocha sobre detritos no consolidados ricos en minerales, desarrollándose a manera de vegetación priseral estacional característica de la época seca (Albesiano-Hoyos <i>et al.</i> 2003). Corresponde a la asociación <i>Cypero rotundum-Gynerium sagittatum</i> descrita por Albesiano-Hoyos <i>et al.</i> (2003).

Cont. Anexo 1. Principales tipos de vegetación definidos para la mesa de Xéridas según levantamientos de campo e información secundaria (Albesiano *et al.* 2003).

Denominación	Zona de vida y altitud (m)	Especies características	Composición y estructura	Asociación ambiental
Bosques bajos a matorrales de ladera y cañada de <i>Astronium graveolens</i> y <i>Machaerium</i> sp. con <i>Bursera simaruba</i> y <i>Guettarda elliptica</i> .	Bs-T – Bs-PM ca. 349-1251	<i>Machaerium</i> sp., <i>Astronium graveolens</i> , <i>Guettarda elliptica</i> , <i>Zanthoxylum fagara</i> , <i>Amyris pinnata</i> , <i>Erythroxylum</i> sp., <i>Duranta mutisii</i> , <i>Eugenia punicifolia</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Erythroxylum</i> sp.1, <i>Albizia niopoides</i> y <i>Chiococca alba</i> .	Integra diversos bosques bajos (eventualmente medios) hasta matorrales los cuales comparten matrices leñosas. Entre los elementos arbóreos locales destacados se encuentran <i>Cedrela odorata</i> , <i>Trichilia inaequilatera</i> , <i>Lonchocarpus velutinus</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Ruprechtia raniflora</i> , <i>Piptadenia viridiflora</i> y especies de <i>Clusia</i> y <i>Ficus</i> .	En laderas y cañadas expuestas ligeramente inclinadas a moderadamente escarpadas, sobre sustratos rocosos expuestos hasta pedregosos o arcilloso-arenosos bien drenados con porciones significativas de suelo descubierto y acumulación de hojarasca. Los sitios presentan diferentes evidencias de alteración, entre ellos el cruce de caminos aledaños, pastoreo bovino y caprino, presencia de cercados y alambrados, cultivos de nopal, paso de mangueras de agua y actividades de tala. Corresponde a vegetación seca de tipo mesoseral distribuida desde la franja Tropical hasta la sección inferior de la franja Premontana.
Bosques medios a bajos de cañada de <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Maculura tinctoria</i> y <i>Tabernaemontana grandiflora</i> .	Bs-T – Bs-PM ca. 498-1283	<i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Indigofera</i> sp.1, <i>Maculura tinctoria</i> , <i>Bauhinia</i> sp., <i>Pseudomalmea boyacana</i> , <i>Albizia guachapele</i> , <i>Celtis trinervia</i> , <i>Bauhinia variegata</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Justicia bracteosa</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Clusia celiiae</i> , <i>Neea divaricata</i> y <i>Ficus yoponensis</i> .	Integra diversos bosques medios a bajos (eventualmente bosques altos o matorrales) los cuales comparten una matriz leñosa de áboles de <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Maculura tinctoria</i> y <i>Machaerium</i> sp. con arbustos de <i>Tabernaemontana grandiflora</i> . Entre los componentes arbóreos locales que desarrollan porte significativo se encuentran <i>Duranta mutisii</i> , <i>Pithecellobium viridiflora</i> , <i>Senegalia polyphylla</i> , <i>Muntingia calabura</i> , <i>Picramnia sellowii</i> , <i>Spondias mombin</i> y <i>Bauhinia aculeata</i> .	En cañadas expuestas ligeramente inclinadas a moderadamente escarpadas hasta laderas o pies de ladera fuertemente inclinados a moderadamente escarpados, sobre sustratos rocosos expuestos a pedregos bien drenados con acumulación importante de hojarasca y porciones de suelos descubiertos. Se observaron cruce de caminos, cultivos aledaños con paso de mangueras para riego, pastoreo especialmente caprino con acumulación de estiércol, y evidencias de tala y quema. Corresponde a vegetación seca de tipo mesoseral distribuida entre la franja Tropical y la sección inferior de la franja Premontana.

Cont. Anexo 1. Principales tipos de vegetación definidos para la mesa de Xéridas según levantamientos de campo e información secundaria (Albesiano *et al.* 2003).

Denominación	Zona de vida y altitud (m)	Especies características	Composición y estructura	Asociación ambiental
Bosques medios a bajos de cañadas y pies de cingla de <i>Anacardium excelsum</i> con <i>Syzygium jambos</i> y especies de <i>Piper</i> .	Bs-T – Bs-PM ca. 655-1601	<i>Anacardium excelsum</i> , <i>Inga punctata</i> , <i>Ficus americana</i> , <i>Acalypha macrostachya</i> , <i>Anthurium fendleri</i> , <i>Piper sp.</i> , <i>Toxicodendron striatum</i> , <i>Calliandra sp.</i> , <i>Coffea arabica</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Inga sp.</i> , <i>Psychotria horizontalis</i> , <i>Costus laevis</i> , <i>Calliandra purdiei</i> , <i>Psychotria sp.</i> , <i>Ficus sp.</i> , <i>Syzygium jambos</i> , <i>Blechnum sp.</i> y <i>Carludovica palmata</i> .	Integra bosques medios a bajos los cuales comparten una matriz arbórea de <i>Anacardium excelsum</i> con <i>Syzygium jambos</i> junto con especies herbáceas de <i>Piper (P. crassinerium, P. eriopodon, P. aduncum, P. amallago)</i> . Entre los componentes arbóreos locales que desarrollan porte significativo se encuentran <i>Cecropia peltata</i> , <i>Viburnum tinoides</i> , <i>Bauhinia picta</i> , <i>Myrcia cucullata</i> , <i>Pseudomalmea boyacana</i> , <i>Amyris pinnata</i> , <i>Tabernaemontana grandiflora</i> y especies de <i>Commarus</i> , <i>Platymiscium</i> y <i>Guatteria</i> .	En cañadas y pies de laderas y de cingla expuestos a protegidos, planos a moderadamente inclinados hasta moderadamente escarpados, sobre sustratos rocosos a arcilloso-arenosos y oscuros bien drenados con rocas expuestas, hojarasca abundante y diferente proporción de suelos descubiertos, eventualmente erosionados hasta turbosos y moderadamente drenados. Comprenden esencialmente remanentes boscosos de porte significativo integrados en agroecosistemas como sombrío para cultivos de café y plátano, observándose en los alrededores la presencia de cercados, aljibes y mangueras de agua, cruce de caminos, pastoreo y paso frecuente de ganado, no obstante algunos sectores se muestran relativamente bien conservados. Corresponden a vegetación húmeda de tipo mesoseral propia de la sección inferior de la franja Premontana con presencia en la transición con la franja Tropical.
Bosques bajos de ladera y pie de cingla de <i>Myrsine guianensis</i> con <i>Vismia baccifera</i> y <i>Alliophyllum racemosus</i> .	Bh-PM ca. 1195-1576	<i>Myrsine guianensis</i> , <i>Alliophyllum racemosus</i> , <i>Chamaecrista sp.</i> , <i>Piptocoma sp.</i> , <i>Clusiia sp.</i> , <i>Escallonia pendula</i> , <i>Calycolpus moritzianus</i> , <i>Picramnia sp.</i> , <i>Dendropanax arboreus</i> , <i>Furcraea sp.</i> , <i>Peperomia sp.</i> , <i>Cupania americana</i> , <i>Myrcia cucullata</i> , <i>Soroea sp.</i>	Comprende bosques bajos (eventualmente arbustivos) los cuales comparten en general una matriz leñosa de <i>Myrsine guianensis</i> con <i>Vismia baccifera</i> y <i>Alliophyllum racemosus</i> . Entre los elementos arbóreos locales que desarrollan portes significativos se destacan <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Platypodium elegans</i> , <i>Inga vera</i> y <i>Amaioua corymbosa</i> .	En laderas y pies de cingla expuestos ligeramente inclinados a moderadamente escarpados, eventualmente en cañadas protegidas fuertemente inclinadas, sobre sustratos rocosos expuestos hasta oscuros o pedregosos bien drenados, eventualmente turbosos a arcilloso-arenosos, con diversas proporciones de hojarasca acumulada y suelos descubiertos. En los alrededores se observó el cruce de caminos poco transitados y el pastoreo de ganado especialmente caprino con acumulaciones significativas de excremento, así como el paso de mangueras de agua, cercados antiguos de roca, presencia de plantas esporádicas de café y cultivos alejados de maíz. Corresponde a vegetación húmeda de tipo mesoseral, presentándose en su forma más degradada como herbazales fuertemente alterados con componentes leñosos remanentes.

Cont. Anexo 1. Principales tipos de vegetación definidos para la mesa de Xéridas según levantamientos de campo e información secundaria (Albesiano *et al.* 2003).

Denominación	Zona de vida y altitud (m)	Especies características	Composición y estructura	Asociación ambiental
Bosques bajos a matorrales de cañada de Myrsine coriacea, <i>Vismia baccifera</i> y <i>Viburnum tinoides</i> .	Bh-PM ca. 1641-1662	<i>Clusia octopetala</i> , <i>Myrsine coriacea</i> , <i>Sticherus nudus</i> , <i>Sobralia violacea</i> , <i>Miconia ibaguensis</i> , <i>Vismia baccifera</i> , <i>Viburnum tinoides</i> , <i>Tibouchina lindeniana</i> , <i>Lepidaploa canescens</i> , <i>Epidendrum radicans</i> , <i>Alchornea latifolia</i> .	Bosques bajos a matorrales con matrices leñosas de <i>Myrsine coriacea</i> , <i>Vismia baccifera</i> y <i>Viburnum tinoides</i> acompañadas en el estrato subarbóreo por <i>Clusia octopetala</i> , <i>Clusia multiflora</i> , <i>Tibouchina lindeniana</i> , <i>Cosmibuena grandiflora</i> y <i>Acacia mangium</i> .	En cañadas expuestas a protegidas y laderas expuestas del altiplano colinado en la mesa de Xéridas, sobre sustratos rocosos a arcilloso-arenosos y oscuros-turbosos bien a moderadamente drenados con acumulación abundante de hojarasca. Se establece en antiguas zonas de pastoreo, márgenes de humedales y alrededores de sectores bajo sucesión detenida por helechos (<i>Sticherus nudus</i>), en inmediaciones de reservorios de agua de conjuntos residenciales (Aquarelas), caminos poco transitados y de paso de animales. Este tipo de vegetación reúne vegetación húmeda de tipo mesoseral hasta priseral, conformando en su forma más degradada herbazales arbollados con predominio de <i>Sticherus nudus</i> en el estrato herbáceo.
Bosques medios turbosos de ladera de <i>Ocotea guianensis</i> sp. y <i>Miconia araguensis</i> .	Bh-PM ca. 1424-1564	<i>Ocotea guianensis</i> , <i>Cyathea</i> sp., <i>Chusquea</i> sp., <i>Vochysia megalophylla</i> , <i>Meliosma</i> sp., <i>Miconia aponeura</i> , <i>Miconia araguensis</i> , <i>Myrcia tomentosa</i> , <i>Chamaedorea pinnatifrons</i> .	Reúne bosques medios de <i>Ocotea guianensis</i> con <i>Cyathea</i> sp. acompañadas en los estratos arbóreos por <i>Vochysia megalophylla</i> , <i>Matiudaea colombiana</i> , <i>Croton leptoostachyus</i> y <i>Clusia eugenoides</i> . El estrato arbustivo se caracteriza por la presencia de diversos elementos leñosos de baja cobertura, entre los cuales se incluyen <i>Palicourea thrysiflora</i> , <i>Sloanea terniflora</i> , <i>Myrcia tomentosa</i> y especies de <i>Miconia</i> (<i>M. dodecandra</i> , <i>M. pulvinata</i>), <i>Lacistema</i> y <i>Chrysophyllum</i> .	En laderas expuestas a protegidas moderadamente inclinadas a moderadamente escarpadas del margen del altiplano colinado de la mesa de Xéridas, sobre sustratos oscuros a turbosos moderadamente a bien drenados con abundante hojarasca en descomposición avanzada. Se observaron caminos alejados empleados principalmente para tránsito de turismo. Representan remanentes de bosques turbosos secundarios de tipo mesoseral tardío en buen estado de conservación.

Germán Camargo-Ponce de León
Fundación Guayacal,
Bogotá, Colombia
fauvuge@gmail.com

Laura Gisela Agudelo-Álvarez
Fundación Guayacal,
Bogotá, Colombia
agudelo.laura@gmail.com

Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia

Citación del artículo: Camargo-Ponce de León, G. y L. G. Agudelo-Álvarez. 2017. Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (Suplemento 1): 35–59.
DOI: 10.21068/c2017.v18s01a02

Recibido: 12 de noviembre de 2015

Aprobado: 22 de febrero de 2017