

Paisaje cafetero de la montaña de Ibagué, Colombia: un estudio ecológico a escala de geofacies y geotopos *

Alexander Martínez Rivillas + 

Resumen

No existen en la región estudios del paisaje cafetero a escalas detalladas que puedan ofrecer criterios e insumos empíricos para la toma de decisiones de política agraria. Esta investigación potencia el método GTP —Geosistema, Territorio y Paisaje—, yendo más allá del tradicional “geosistema”, pues prueba su capacidad de descender a las escalas de “geofacies” y “geotopos”. Con base en la información biofísica y socioecológica de tres geotopos de la zona montañosa de Ibagué, se realiza un estudio de la ecología del paisaje cafetero mediante la teoría del geosistema del método GTP de G. Bertrand. Como resultado, se expone una visión ecológica integrada de este paisaje a escalas de geofacies y geotopos, y se formulan recomendaciones de política pública para gestionar los agrosistemas cafeteros, dados sus altos impactos ambientales.

Palabras clave: biogeografía, café, ecología, geografía física, paisaje.

Ideas destacadas: artículo de investigación. El cultivo del café es la causa más significativa de la deforestación del “bosque andino bajo”. Se realiza una ecología transescalar del paisaje cafetero. Se amplía el campo aplicativo del método de G. Bertrand. El método “BioBlitz” es incorporado a los estudios geoambientales.



RECIBIDO: 11 DE JULIO DE 2019. | EVALUADO: 24 DE JULIO DE 2020. | ACEPTADO: 30 DE JULIO DE 2021.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Martínez Rivillas, Alexander. 2022. “Paisaje cafetero de la montaña de Ibagué, Colombia: un estudio ecológico a escala de geofacies y geotopos.” *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 31 (1): 65-87. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.80997>.

* El artículo fue posible gracias a la financiación del proyecto de investigación: *Determinación de la línea base socio-ambiental del territorio rural de Ibagué, cuenca mayor del río Coello, Tolima, Colombia, 2012-2015*, Universidad del Tolima, Código: 180112. Y contó con el apoyo del Grupo de Investigación en Desarrollo Rural Sostenible (GIDRS-UT).

+ Universidad del Tolima, Ibagué – Colombia. ✉ amartinezr@ut.edu.co – ORCID: 0000-0002-7733-7758.

✉ Correspondencia: Alexander Martínez Rivillas, Calle 30 N° 4h-87, Apto. 604, Ibagué, Tolima.

The Mountain of Ibagué-Colombia's Coffee Landscape: An Ecological Study at Geofacies and Geotopos Scale

Abstract

There are no studies in the region of the coffee landscape at detailed scales that can offer criteria and empirical inputs for agrarian policy decision-making. This research strengthens the GTP method (Geosystem, Territory, and Landscape), going beyond the traditional “geosystem”, as it proves its ability to descend to the scales of “geofacies” and “geotopos”, thus ensuring an approximation to the coffee landscape much more detailed. Based on the biophysical and socioecological information of three geotopos of the mountainous area of Ibagué, a study of the coffee landscape is carried out through the geosystem's theory of Bertrand's GTP method. As product, an integrated vision of this landscape is exposed to scales of geofacies and geotopos, and it is demonstrated that these spatial units and their empirical contents can serve as inputs for the elaboration of a scientific study of the agrarian landscape's ecology, according to the principles of the Bertrandian epistemology. Based on these results, public policy recommendations are formulated to manage coffee agrosystems, given their high environmental impacts.

Keywords: biogeography, coffee, ecology, physical geography, landscape.

Main ideas: research article. Coffee is the most significant cause of deforestation in “lower andean forest”. A trans-scale ecology of coffee landscape is carried out. The applicative field of G. Bertrand's method is expanded. The “BioBlitz” method is incorporated into geoenvironmental studies.

Paisagem do café da montanha de Ibagué, Colômbia: um estudo ecológico sobre a escala de geofacies e geotopos

Resumo

Não há estudos na região de Ibagué sobre a paisagem cafeeira em escalas detalhadas que possam oferecer critérios e insumos empíricos para a tomada de decisões sobre políticas agrárias. Esta pesquisa reforça o método GTP —Geosistema, Território e Paisagem—, indo além do “geosistema” tradicional, assim, testar a sua capacidade de descer às escalas “geofacies” e “geotopes”. Com base nas informações biofísicas e socioecológicas de três geotopes da região montanhosa de Ibagué, um estudo da paisagem de café é feito utilizando a teoria dos geosistemas do método GTP de G. Bertrand. Como resultado, uma visão ecológica integrada dessa paisagem é apresentada nas escalas geofacies e geotopes, assim como, e recomendações de políticas públicas são formuladas para gerenciar os agrossistemas cafeeiros, dados seus altos impactos ambientais.

Palavras-chave: biogeografia, café, ecologia, geografia física, paisagem.

Ideias destacadas: artigo de investigação. O cultivo do café é a causa mais significativa do desmatamento na floresta andina baixa. É realizada uma ecologia transescala da paisagem cafeeira. O campo de aplicação do método de G. Bertrand é expandido. O método “Bioblitz” é incorporado aos estudos geoambientais.

Introducción

El método *Geosystem, Territory and Landscape* —en adelante, GTP— de Bertrand y Bertrand (2006) fue concebido para estudiar, desde la perspectiva de la geografía ambiental, los territorios rurales a escalas regionales. Permite una aproximación interdisciplinaria y reflexiva al paisaje agrario. Esto, porque el geosistema es una categoría geomorfológica, ecológica, biogeográfica y antrópica del espacio; el territorio es una categoría económica y sociológica del espacio; y el paisaje es una categoría cultural, histórica, antropológica y psicológica del espacio. Cuando estas tres categorías se ponen en interacción mediante mecanismos pluricausales, previamente localizados en una unidad espacial, se obtiene un complejo de objetos/conocimientos ambientales de la ecúmene (Bertrand y Bertrand 2006).

Bertrand esbozó la posibilidad de abordar intuitivamente las escalas de investigación de enfoque geoambiental a niveles subregionales y locales, pero los estudios a estas escalas no fueron explicitados en sus aspectos metodológicos e instrumentales. Este artículo tiene como objetivos principales: (i) tratar de contribuir a suplir esa deficiencia, empleando las geofacies y los geotopos como contenedores de caracterización integral del espacio biofísico y socioecológico. Y (ii) realizar una ecología del paisaje cafetero de Ibagué, a partir de sus geofacies y geotopos cafeteros, con base en los principios de la teoría del geosistema del GTP, dada la complejidad de aplicar la visión tridimensional de este método. En cuanto al primer objetivo, se levantaron tres geotopos cafeteros. Respecto al segundo objetivo, se instalaron parcelas representativas de cada geotopo, con el fin de realizar un levantamiento detallado de la fauna, la flora y los procesos geomorfológicos del paisaje cafetero.

Se pretende mostrar que la teoría del geosistema asegura un versátil anidamiento de distintas escalas, ya que el geosistema corresponde a una escala regional, la geofacies a una escala subregional, y el geotopo a una escala local. Para una visión didáctica de las escalas, se ha convenido definir la región desde la escala municipal hasta la departamental. La subregión desde la escala municipal hasta la del corregimiento. Y lo local desde la escala del corregimiento hasta el veredal (Bertrand y Bertrand 2006). En la Figura 1 se puede ver la localización del municipio de Ibagué.

El paisaje cafetero se localiza en la geofacies cafetera del geosistema de montaña de Ibagué (el municipio cuenta con una superficie cercana a las 145.000 ha), según

estudios realizados por Martínez Rivillas (2015). Se calculó una superficie de esta geofacies de 28.801 ha, lo que corresponde, aproximadamente, a las cotas entre 1.250 y 2.000 m.s.n.m. (Martínez Rivillas 2015). Los reportes de fauna y flora aquí resumidos, la identificación de las condiciones geomorfológicas y climáticas, y la mirada espacial de su ecología, servirán para enriquecer las distintas políticas públicas de enfoque territorial que a futuro se formulen para Ibagué (Massiris 2012).

Materiales y métodos

Esta investigación hace parte del proyecto *Determinación de los procesos ambientales, socioeconómicos y políticos de Ibagué rural* (Martínez y Montes 2012), cuyos insumos biofísicos, obtenidos en el levantamiento de las parcelas características de cada uno de los geotopos, fueron aprovechados.

El concepto de “teoría del geosistema” fue acuñado por el geógrafo Sochava (1978), de la Escuela de Geografía Soviética. Dicho modelo fue incorporado por G. Bertrand, y sus respectivas modificaciones dieron lugar a su método de estudio del geosistema en el contexto GTP. Muchos autores han realizado aplicaciones y análisis críticos de la teoría del geosistema (Frolova Ignatieva 2006a y Frolova Ignatieva 2006b), siendo de interés los trabajos en Cuba, México, Brasil y Colombia (Ortiz 1989; Abalakov y Sedykh 2010; Fonseca Fino 2012; Cavalcanti y Corrêa 2013; Cavalcanti y Corrêa 2016; Mateo y Silva 2019). El método geosistémico contiene los elementos de análisis propios de la ecología, pero superando muchos determinismos, y reconociendo factores sociales condicionantes (Frolova Ignatieva 2006a, 231-232). Asimismo, se han acuñado otros conceptos al interior del paradigma del sistema del espacio geográfico como “geotecnosistema”, “geoecología”, entre otros (Frolova Ignatieva 2006a, 230). En este artículo no se estudiarán las críticas particulares al GTP, dado que no es el enfoque de esta investigación.

El geosistema pone en relación factores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos para determinar cierto “potencial ecológico”. Asimismo, correlaciona lo anterior con la vegetación, el suelo y la fauna, para determinar cierta “explotación biológica”. Establece las interrelaciones entre los factores del potencial y de la explotación y, luego, identifica las acciones sociales sobre los anteriores potenciales, y sus diversas interacciones (Bertrand y Bertrand 2006, 47).

Dada la dificultad de definir una taxonomía definitiva del geosistema, Bertrand propone recurrir al criterio



Figura 1. Localización municipio de Ibagué, departamento del Tolima, Colombia.
 Datos: IGAC (2019) y referencia global de límites territoriales ArcGis Hub (2014).

de la formación vegetal y/o geomorfológica regional (o subregional) característica, para determinar su unidad espacial. Por otro lado, el clímax del geosistema se define como el “estadio final” de su “evolución”, y supone una máxima “explotación biológica” (“tapiz vegetal”, suelo y fauna), lo que también presupone distintos niveles de biostasia al “final” de la “evolución” (Bertrand y Bertrand 2006, 48). Sin embargo, a cualquier escala

del geosistema, el estudio de su condición climática siempre estará por definirse en profundidad.

La espacialización de los geosistemas, de las geofacias y de los geotopos, se establecerá del siguiente modo: un geosistema se define como la zona de influencia regional de los procesos generales dominantes y, a veces, simultáneos, de carácter geomorfológico, hidrológico, climático, biogeográfico y antrópico. En la perspectiva

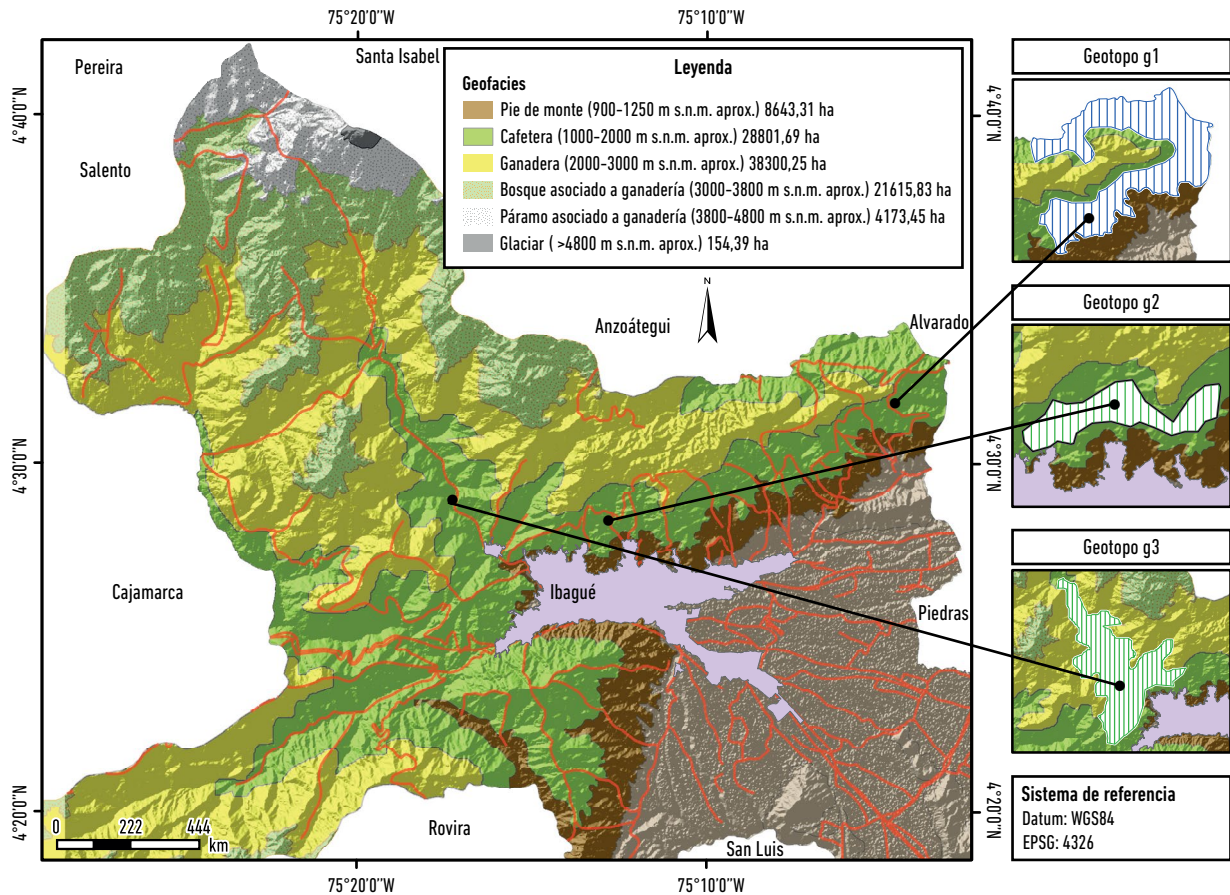


Figura 2. Geofacias y geotopos cafeteros de Ibagué rural.

Datos: Cartografía base IGAC, 1:25.000: 225IVC, 244IIA, 244IB, 244IIB, 244IIIB, 244IID, 244IIID, 244IIV, 244IVB, 244IVC, 244IVD, 245IA, 245IC, 245IIIA, 245IIIB, 245IIIC, 245IIID. Cartografía base IGAC, 1:100.000: 225, 244, 245. Imágenes de satélite Aster (2010). Imágenes de satélite Rapid Eye (2010). Informe de levantamiento de geotopos de Martínez y Montes (2012).

de sus atributos heterogéneos, será determinado por todas o algunas de las características anteriores, pero correspondientes a procesos subdominantes, definidos en los niveles escalares de geofacias y geotopos, inscritos como subconjuntos del geosistema.

Aplicación de la teoría del geosistema del método GTP

El geosistema de montaña se definió en función de criterios geomorfológicos, exclusivamente. Al interior de este geosistema se determinaron seis geofacias en función de la geomorfología, el clima y el uso agrario dominante (Bertrand y Bertrand 2006), apelando a estudios previos, y a los recorridos de campo por los corregimientos de Ibagué. De este modo, se determinó una única geofacia cafetera, en virtud del uso dominante de este agrosistema (Figura 2) (Martínez y Montes 2012; Martínez Rivillas 2015).

En la geofacia cafetera se establecieron transectos siguiendo orientaciones múltiples, lo que permitió

identificar tres geotopos cafeteros, los cuales caracterizan la diversidad espacial de esta geofacia. En cada uno de los geotopos se localizaron diferentes parcelas representativas para el levantamiento de la información biofísica pertinente. En los recorridos de los transectos, se aplicaron entrevistas en profundidad para levantar la información socioecológica de mayor interés.

Determinación espacial de los geotopos y sus características físicas

En el geotopo g1 se instaló una parcela representativa en un borde silvoagrario (vereda El Rubí) (figuras 3-8). En el geotopo g2 se localizaron dos parcelas representativas distribuidas en un agrosistema (a) y un bosque secundario (b) (vereda Ambalá parte alta) (figuras 9-17). En el geotopo g3 se definió otra parcela representativa en un bosque primario que limitó, por su topografía, la expansión del agrosistema cafetero (vereda Villarestrepo) (figuras 18-23) (Ortiz 1989).

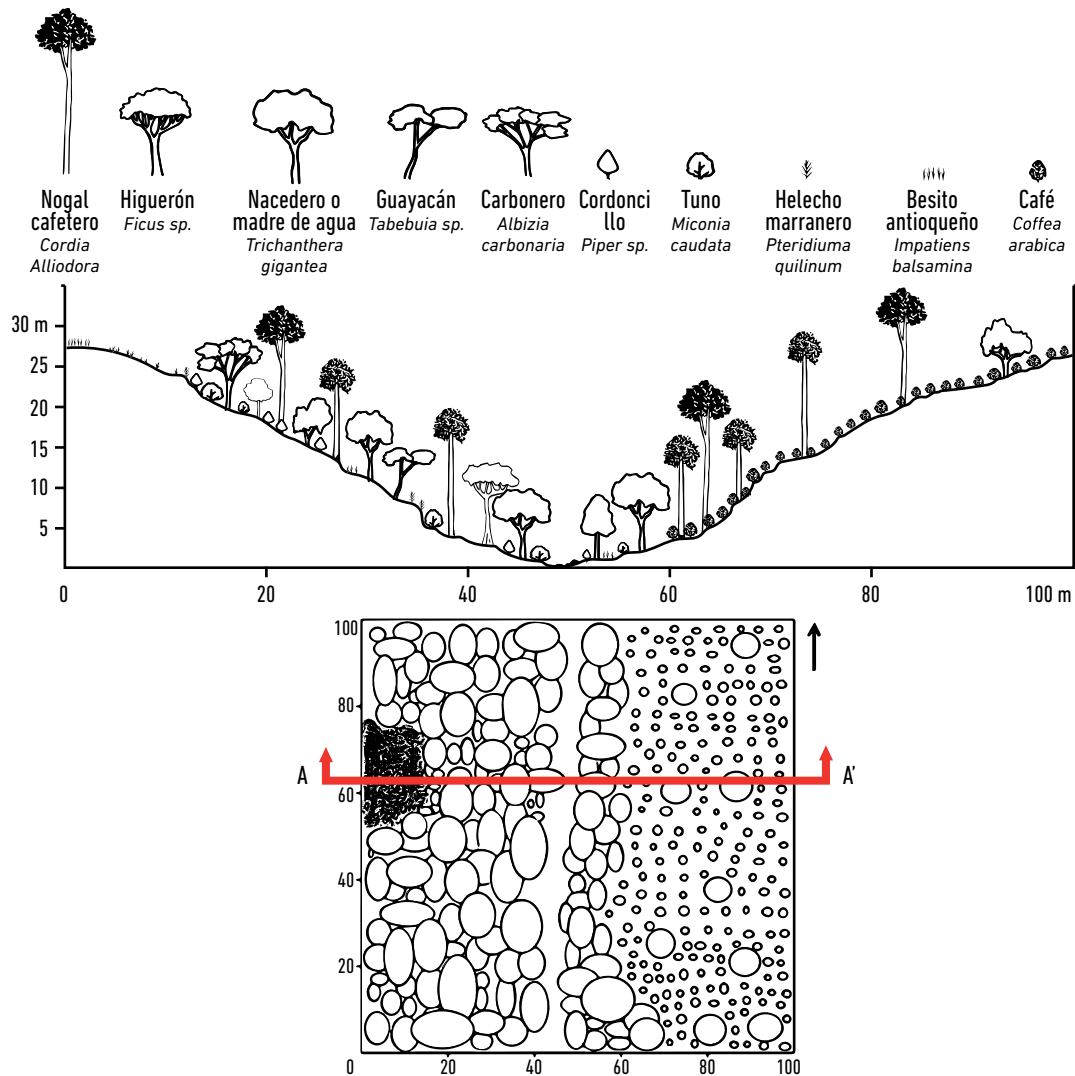


Figura 3. Distribución vertical y horizontal de flora en una parcela representativa del geotopo cafetero óptimo templado semihúmedo g1 (>10.000 ha; 1.700 mm/año, 1987-2002), vereda El Rubí, Ibagué.

Fuente: Martínez y Montes (2012).

Nota: parcela representativa atravesada por un arroyo (finca Asturias). Al oriente, se aprecia un lote de café (variedad Colombia) de explotación intensiva, asociada a algunos nogales cafeteros (con usos maderables). Al occidente del arroyo se desarrolla un bosque intervenido, con una buena distribución de nogales cafeteros, nacaderos, higuerones y carboneros. El nicho ofrece refugio a diversas aves y pequeños mamíferos. El perfil muestra una disección en pendientes superiores al 60 %, con instalaciones de cafetos que aceleran la erosión.



Figura 4. Café en pendiente larga y muy empinada con pérdida de suelo en g1. Vereda El Rubí, Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 5. Erosión del suelo con deslizamiento localizado en g1. Vereda El Rubí, Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 6. Deforestación de bosque secundario para instalar cafetos en g1. Panorámica del corregimiento de San Bernardo, Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 7. Café y nogal cafetero en parcela de g1. Vereda El Rubí, Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 8. Tangara de palmeras (*Thraupis palmarum*) en parcela de g1. Vereda El Rubí, Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.

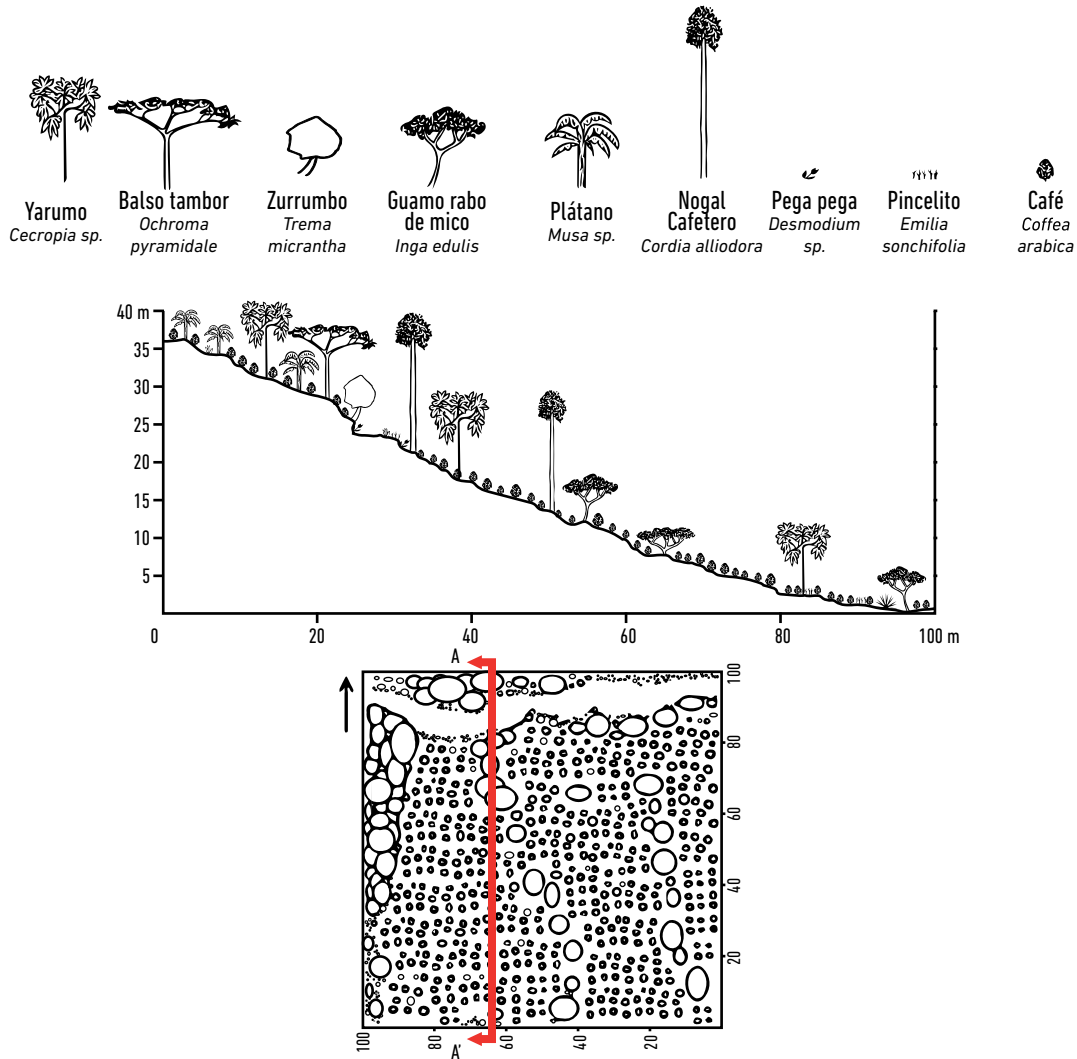


Figura 9. Distribución vertical y horizontal de flora en una parcela representativa *a* del geotopo cafetero óptimo templado húmedo g2 (>2.000 ha; 2.000 mm/año, 1987-2002), vereda Ambalá parte alta, Ibagué.

Fuente: Martínez y Montes (2012).

Nota: parcela representativa atravesada por un arroyo al costado norte (finca Villaclaudia). Al occidente, limita con una franja de bosque intervenido. Se aprecia un lote de café (caturra) bajo explotación intensiva. A este se asocian maderables y proveedores de escaso sombrío (yarumo, guamo, nogal cafetero y balso tambor), y matas de plátano para autoconsumo. El nicho es refugio de diversas aves y pequeños mamíferos. El perfil muestra una pendiente de 35 %, lo que mitiga parcialmente la erosión del agrosistema intensivo.

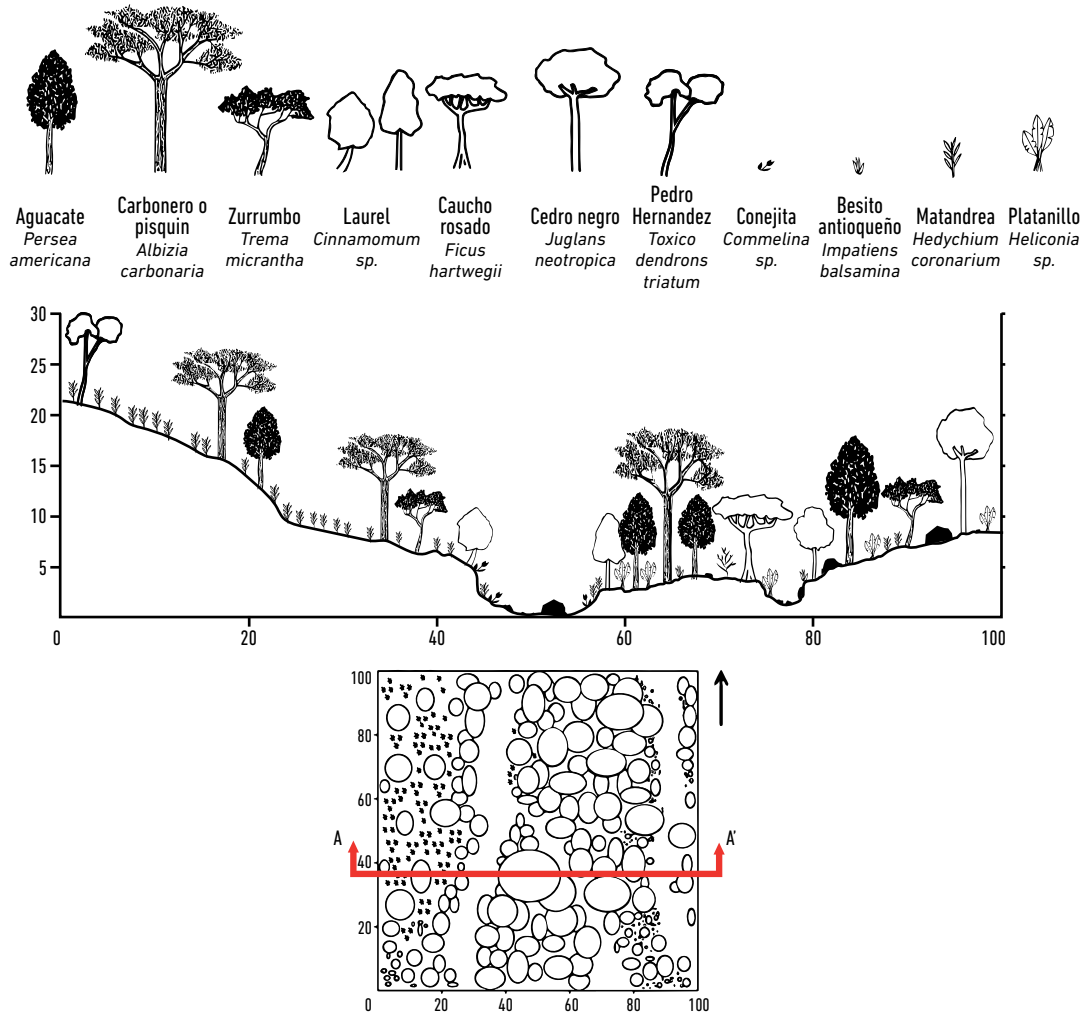


Figura 10. Distribución vertical y horizontal de flora en una parcela representativa *b* del geotopo cafetero óptimo templado húmedo *g2* (>2.000 ha; 2.000 mm/año, 1987-2002), vereda Ambalá parte alta, Ibagué.

Fuente: Martínez y Montes (2012).

Nota: parcela representativa atravesada por dos arroyos (finca Villaclaudia). Se extiende en esta un bosque poco intervenido. Al costado occidental se aprecian herbáceas extendidas asociadas a matorrales (conejita, besito y matandrea). Hay una buena distribución de arbóreos diversos (carbonero, laurel, pedro Hernández y caucho rosado). El fruto del aguacate se destina al autoconsumo. El nicho es un buen refugio de diversas aves, herpetos y pequeños mamíferos. El perfil muestra una pendiente larga de 45 %, sobre la cual se desarrollaron, en el pasado, diversas explotaciones agrícolas.

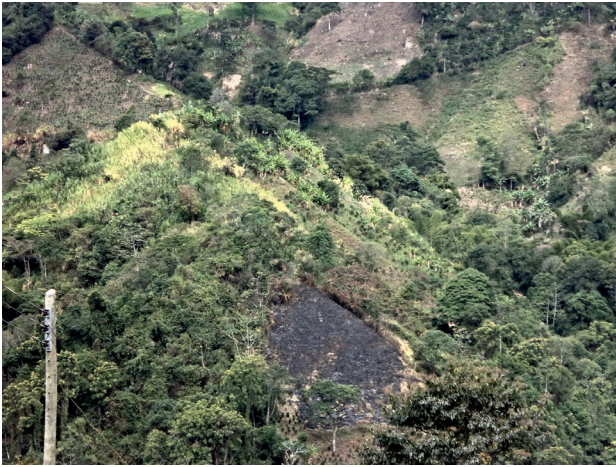


Figura 11. Quema de barbecho para cultivo de café en g2. Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 12. Soliflucción de g2. Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura. 13. Erosión del suelo en lote cafetero de g2. Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 14. Toche (*Ramphocelus dimidiatus*) en cafeto de parcela a de g2. Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 15. Tángara cabeciroja (*Tangara gyrola*) en parcela b de g2. Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 16. Erosión del suelo en cultivo de café en ladera (g2). Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.

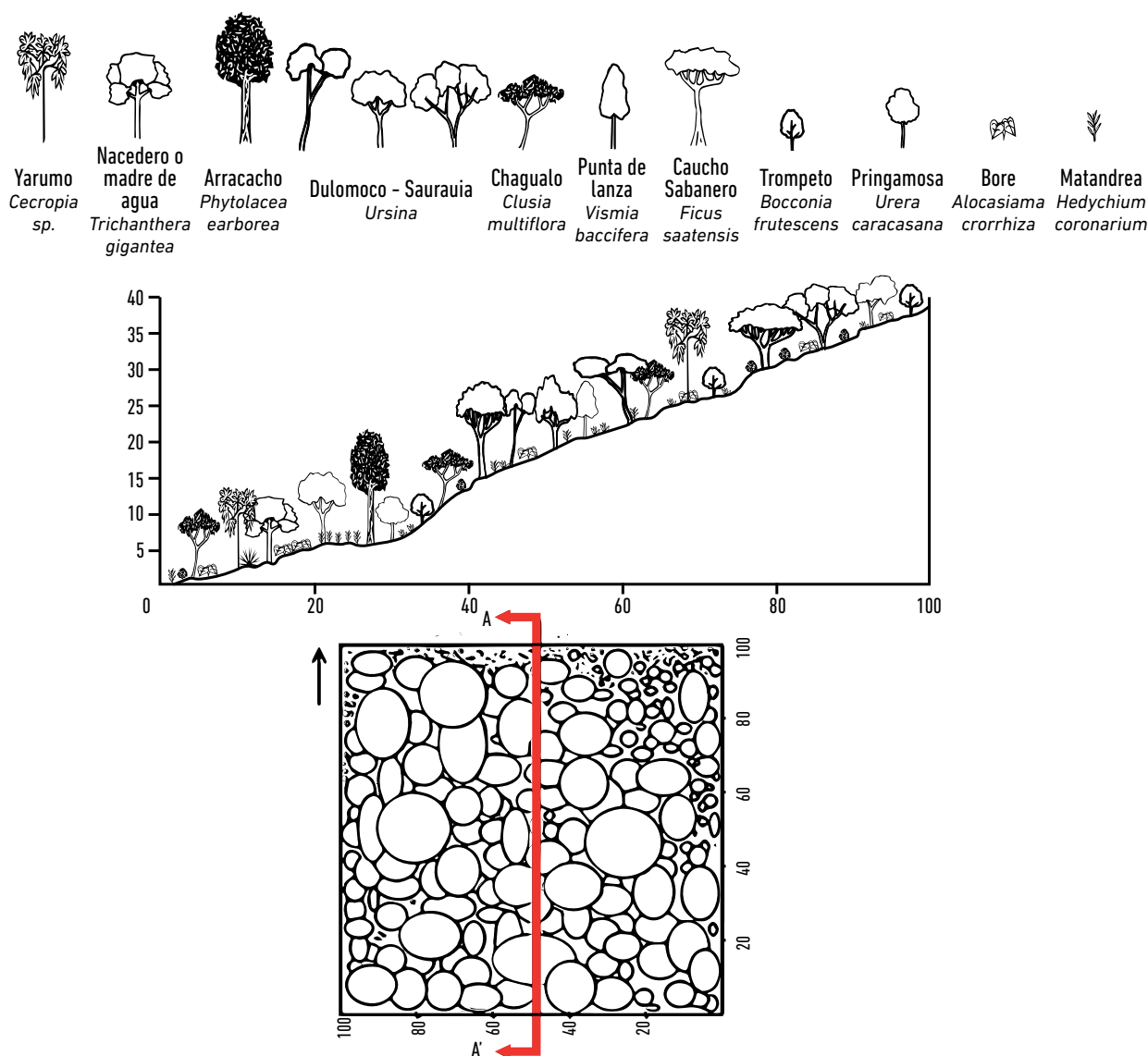


Figura 17. Distribución vertical y horizontal de flora en una parcela representativa del geotopo cafetero superior templado húmedo g3 (>14.000 ha; 2.200 mm/año, 1987-2002), vereda Villarestrepo, Ibagué.

Fuente: Martínez y Montes (2012).

Nota: parcela representativa con borde norte de cafetos en variedad castilla (finca Bellavista). Se extiende en aquella un bosque conservado. Se aprecian arbóreos de buen porte y un tapiz espeso de hojarasca en descomposición. Se desarrolla una buena distribución de yarumos, nacaderos, arracachos, chagualos, trompetos y cauchos sabaneros. Se constata una oferta relativamente constante de frutos que aprovechan las aves. El perfil muestra una pendiente larga de 40 %. La pedregosidad es alta en buena parte de la parcela, lo que hizo difícil la ampliación de la explotación cafetera.



Figura 18. “Trincho” para la explotación de arena en la quebrada Ambalá (g2). Vereda Ambalá parte alta, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 20. Panorámica del Cañón del Combeima desde la finca “Bella Vista”. Parte alta de Villarestrepo (g3), Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 19. Deforestación, parches de bosque y bosque ripario. Parta alta de Villarestrepo (g3), cañón del Combeima, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 21. Frutales en ladera y quema de barbecho, cañón del Combeima (g3), Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 22. Vista general de la parcela representativa de g3. Parte alta de Villarestrepo, Ibagué.
Fotografía de Montes, noviembre de 2012.



Figura 23. Pato de torrentes (*Merganetta armata*) en el río Combeima. Cerca al centro poblado de Villarestrepo (g3), Ibagué. Fotografía de Montes, noviembre de 2012.

La geofacies cafetera se caracteriza por la ausencia de sombrío y sistemas de riego, por el trabajo meramente manual en todas las etapas del cultivo, y por el manejo artesanal del proceso de poscosecha hasta el embalaje del grano en verde, seco, cereza, tostado o molido, según las circunstancias socioeconómicas del productor (Martínez Rivillas 2015).

El geotopo g1 se definió mediante el uso cafetero dominante en un suelo de clima templado semihúmedo, con precipitaciones promedio de 1.700 mm/año, estimadas para el periodo 1987-2002, y distribuido entre 1.250 y 1.600 m.s.n.m., alcanzando una extensión superior a las 10.000 ha (véase figura 2). Este uso dominante está asociado a coberturas subdominantes de ganadería extensiva, caña panelera, cacao, maderables dispersos, cultivos de “pan coger”, aves de corral, porquerizas, bosque ripario de fuentes permanentes e intermitentes, parches de bosque secundario en disecciones fuertes, y bosque secundario en topografía muy agreste con alta pedregosidad. Los anteriores usos se distribuyen, principalmente, en microfundios (<1 ha), y en pequeñas (1-5 ha) y medianas propiedades (5-10 ha) (véanse figuras 3-8) (Martínez Rivillas 2015).

El geotopo g2 fue determinado por el uso predominantemente cafetero en suelo de clima templado húmedo, con precipitaciones promedio de 2.000 mm/año, calculadas para el periodo 1987-2002, y desplegado entre 1.400 y 1.600 m.s.n.m., alcanzando una extensión superior a 2.000 ha (véase figura 2). Este geotopo tiene usos subdominantes de plátano, banano, tomate de árbol, mora, maderables dispersos, caña panelera, cacao, ganadería extensiva, cultivos de “pan coger”, aves de corral,

porquerizas, explotación de arena en quebradas, bosque ripario de fuentes permanentes e intermitentes, zonas de bosque secundario en disecciones fuertes, y bosque secundario en topografía muy agreste (>150 %) con alta pedregosidad. Estos usos también se distribuyen en microfundios (<1 ha), y en pequeñas (1-5 ha) y medianas propiedades (5-10 ha) (véanse figuras 9-17) (Martínez Rivillas 2015).

El geotopo g3 se delimitó en función del uso cafetero dominante en suelo de clima templado húmedo, con precipitaciones de 2.200 mm/año, estimadas para el periodo 1987-2002, y distribuido entre 1.400 y 2.000 m.s.n.m., registrando una extensión superior a 14.000 ha (véase figura 2). El geotopo muestra usos subdominantes de ganadería extensiva, pastos de corte (para ganadería), porquerizas, mora, lulo, habichuela, maíz, tomate de árbol, gulupa, banano, frijol, cultivos de “pan coger”, aves de corral, bosque ripario de fuentes permanentes e intermitentes, zonas de bosque secundario en disecciones fuertes, y bosque secundario en topografía muy agreste (>150 %) con alta pedregosidad. Estos usos del suelo se distribuyen en microfundios (<1 ha), y en pequeñas (1-5 ha) y medianas propiedades (5-20 ha) (véanse figuras 18-23) (Martínez Rivillas 2015).

Levantamiento de la información socioecológica en los geotopos

Se aplicaron entrevistas en profundidad a sus residentes (n=12), cubriendo tres grupos de edad: jóvenes (16-25 años), adultos (26-65 años) y adultos mayores (>65 años). Las entrevistas siguieron un formato libre con un cuestionario guía destinado a recabar experiencias personales o sociales relacionadas con las complejas interacciones socioecológicas. La sistematización de la información permitió caracterizar las siguientes dimensiones: historias de vida, historia ambiental y agraria, impactos ambientales, tenencia de la tierra y técnicas agrícolas (Galeano 2004; Bertrand y Bertrand 2006; Hernández, Fernández, y Baptista 2010; Blanco 2011; Martínez y Montes 2012). En virtud de la información recabada se pudieron caracterizar los diversos factores antrópicos implicados en los problemas ambientales de los geotopos cafeteros.

Levantamiento de parcelas representativas de flora y fauna en los geotopos cafeteros

Para el levantamiento de las cuatro parcelas representativas de los geotopos, se procedió a adaptar el método de las jornadas científicas denominadas “BioBlitz” a las

necesidades de una prospección biogeográfica. Estas jornadas son versátiles en registros amplios de diversidad y flexibles en la incorporación de una multiplicidad de expertos (Zhou et ál. 2011; Hsu et ál. 2018). Siguiendo los objetivos sustanciales de este método, se determinó la distribución espacial de flora y fauna a una escala de observación directa, en virtud de los siguientes pasos.

1. Cada parcela representativa de flora y fauna alcanzó los ± 10.000 m². En la parcela de g₁ se identificaron cafetos y un parche de bosque relativamente conservado. El perfil exhibió una disección fuerte. Para g₂ la parcela (a) tenía un uso cafetero intensivo, pero limitado por una fuente de agua y un borde de bosque conservado. La segunda parcela (b) estaba atravesada por dos fuentes de agua, y con dominancia de bosque y pastos naturales. En (a) se desarrolla una sola pendiente, mientras que en (b) se combinan distintas pendientes. La parcela de g₃ se caracteriza por tener una sola pendiente, y en esta se despliega un bosque conservado, que no alberga ningún cuerpo de agua. En todas las parcelas se cartografiaron vistas en planta, y perfiles de corte de oriente a occidente, o de norte a sur, tratando de maximizar el registro de la “explotación biológica” antrópica y/o natural.
2. Se hizo el levantamiento de los siguientes atributos geográficos y biogeográficos de la parcela: localización del centroide de la parcela, geomorfología del entorno, procesos erosivos, sondeo de suelos, cobertura de herbáceas, arbustivos y arbóreos, avistamiento de aves, mamíferos pequeños/medianos, herpetofauna disponible, calidad del agua, aptitud del suelo, y ecología básica de la parcela a partir de las dinámicas de alimentación de la fauna observada y su capacidad de refugio. El centroide se localizó con un navegador GPS. La geomorfología se apoyó en el mapa de pendientes realizado en esta investigación. Se hicieron dos muestreos (en cada cuerpo de agua de las parcelas) en recipientes previamente esterilizados. Se realizaron cinco sondeos de suelos en cada lote de explotación agrícola y, posteriormente, se mezclaron con destino al laboratorio (Martínez y Montes 2012).
3. Las colectas vegetales y los registros fotográficos de la fauna observada se realizaron en cada parcela desde las 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. Las actividades se ejecutaron en cada parcela empleando transectos que garantizaran la maximización de la diversidad disponible (Zhou et ál. 2011; Hsu et ál. 2018). Para ello, se empleó un equipo de investigadores de campo y asistentes de laboratorio compuesto por un biólogo, un ingeniero

forestal, un geógrafo ambiental y un especialista SIG, los cuales contribuyeron a suministrar insumos científicos importantes para la elaboración del artículo. En las cuatro parcelas levantadas se seleccionaron las respectivas muestras vegetales, se depositaron en sobres de papel, y luego se sometieron a prensado, determinación y depósito en herbario del Laboratorio de Dendrología de la Universidad del Tolima.

4. Se aclara que no hubo trampas, cámaras, anillamientos de aves, ni muestreos de insectos e invertebrados acuáticos, dado que esta prospección biogeográfica se redujo a las colectas vegetales y a las observaciones con cámaras fotográficas de alto aumento.
5. Todas las colectas vegetales y las muestras de suelos y aguas fueron procesadas en la Universidad del Tolima, según los protocolos de sus laboratorios y los microdatos del Sistema de Información Biológica (SIB 2019) y del Sistema de Información de Alertas Tempranas (SIAT 2019).
6. El material cartográfico y aereofotográfico empleado en esta investigación fue obtenido del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y del Grupo de Investigación en Desarrollo Rural Sostenible de la Universidad del Tolima (GIDRS-UT), lo que incluyó cartografía base, imágenes Aster (2010) y Rapid Eye (2010), informes geoestadísticos y salidas gráficas en ambiente SIG. De este modo, se pudieron construir los mapas de pendientes, curvas de nivel, precipitaciones, clima, suelos, usos del suelo, y de geosistemas, geofacies y geotopos (Martínez Rivillas 2015).

Resultados y discusión

Caracterización biofísica del geotopo cafetero óptimo templado semihúmedo (g₁)

Su parcela representativa (75,09724° de longitud, 4,51974° de latitud y 1.550 m.s.n.m.) constituye la base del inventario biofísico de la investigación (véanse figuras 3-8). Desde esta se aprecia una panorámica del geotopo de 360°, donde domina el relieve quebrado a fuertemente escarpado (>75 %), y desplegado sobre pendientes largas. Se constata la presencia frecuente de vertientes disectadas.

Los procesos geomorfológicos que se identificaron son variados: deslizamientos localizados, erosión en surcos, erosión escalonada de ladera por sobrepastoreo, y erosión lenta del suelo (indebidamente explotado) por impacto hidrogravitacional. Se destaca el uso extendido de la quema de barbecho para el cultivo del café o la

potrerización, así como la deforestación intensiva del bosque secundario. Se evidencia la aplicación masiva de *inputs* de síntesis química para el manejo del cultivo de café (“variedad Colombia”, principalmente, y “variedad Caturra”, en menor proporción) (Martínez y Montes 2012).

Los suelos del geotopo g₁ pertenecen a tres conjuntos dominantes: “Totare”, Paralithic Troprothents (epipedón ócrico en textura franco arenosa con más de 60 % de arena en promedio), “Lisboa”, Typic Eutropepts (epipedón ócrico en textura franco arcillosa), y “Rovira-Remanso”, Paralithic Ustorthents (epipedón ócrico en textura franco arcillo arenosa) y Ustic Dystropepts (epipedón úmbrico en textura franco arenosa), con material parental del “batolito de Ibagué” asociado a espesas cenizas volcánicas en muchas zonas (EGS 1987). Según las evaluaciones de la “revolución verde”, se calificaron los suelos en rangos “bajos” y “muy bajos” de pH, materia orgánica, K, Cu y Zn, indiferentemente del cultivo. Se recomiendan, por ejemplo, adiciones de altos “nutrimentos puros” con el fin de maximizar los rendimientos café y plátano. Existen diversas fuentes que irrigan el territorio de g₁: las quebradas Gato Negro, La Cumbre, El Rubí, El Gallo y la San Bernarda. Gato Negro y La Cumbre, que irrigan la parcela representativa, tienen aforos estimados en verano de 8 y 4 l/s, respectivamente (2012). Se comprueba la pérdida progresiva de caudales de todas las fuentes mencionadas en los últimos cincuenta años, según los entrevistados. El clima dominante de g₁ es templado semihúmedo (Martínez y Montes 2012; Martínez Rivillas 2015).

Para este geotopo preocupa la quebrada La Cumbre, pues se registraron: 44 mg/l de SS (máximo 5), Coli fecal UFC/100 ml de 10 y Coli total UFC/100 ml de 30x10⁴. Este recurso se consume sin tratamiento previo. En la quebrada Gato Negro se identificaron 72 mg/l de SS, 2,95 mg/l de DBO₅ (máximo 2), Coli fecal UFC/100 ml de 10 y Coli total UFC/100 ml de 22x10³. Esta fuente también exhibe algunos impactos ambientales negativos, y es una fuente que surte a varias familias campesinas (Martínez y Montes 2012).

La parcela representativa de g₁ presenta 80 % de cobertura arbórea y arbustiva, 10 % de cobertura de herbáceas y 10 % de suelo sin cobertura vegetal. En cuanto a herbáceas, la especie dominante es el helecho de marrano (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, de la familia Dennstaedtiaceae), y la subdominante es el besito antioqueño (*Impatiens balsamina* L., de la familia Balsaminaceae) (Melo y Vargas 2003; Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005; Montes y Martínez 2012).

En cuanto a la población arbustiva, la especie dominante es el tuno (*Miconia caudata* (Bonpl.) DC., de la familia Melastomataceae), y la especie subdominante es el cordoncillo (*Piper sp.*, de la familia Piperaceae). En lo relativo a arbóreos, la especie dominante es el nogal cafetero (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, de la familia Boraginaceae), la especie subdominante es el nacedero o madre de agua (*Trichanthera gigantea* (Bonpl.) Nees, de la familia Acanthaceae). También se observaron otras especies arbóreas de menor frecuencia como la varasanta (*Triplaris sp.*), cauchos o higuerones (*Ficus sp.*), carboneros (*Albizia carbonaria* Britton), guayacán (*Tabebuia sp.*) y yarumos (*Cecropia sp.*), entre otros (Melo y Vargas 2003; Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005; Montes y Martínez 2012).

En cuanto a la fauna silvestre se registró en la parcela representativa de g₁ una importante variedad de aves y herpetos. Se destaca la dominancia de las siguientes especies de aves: la tórtola (*Columbina talpacoti*), la tångara cabeciroja (*Tangara gyrola*) y la torcaza (*Zenaida auriculata*). Las subdominantes reportadas fueron: el chulo (*Coragyps atratus*), el jiriguelo (*Crotophaga ani*), el petirojo (*Pyrocephalus rubinus*), el azulejo (*Thraupis episcopus*) y la tångara de palmeras (*Thraupis palmarum*). Todas las anteriores especies se clasifican en preocupación menor (LC) por la IUCN (2012) (Parra-Hernández et ál. 2007; Montes y Martínez 2012).

Con relación a herpetos, se observaron en la parcela de g₁ dos especies de anfibios: la rana tångara (*Engystomops pustulosus*) y el sapo común (*Rhinella marina*), catalogadas por la UICN (2012) en preocupación menor (LC) (Llano-Mejía, Cortés-Gómez y Castro-Herrera 2010; Montes y Martínez 2012). Respecto a acuifaua y mamíferos no se observaron ejemplares.

Respecto a la presión antrópica sobre los “recursos” naturales de g₁, se identificó el uso cafetero intensivo (>5.000 cafetos por ha), cuyo agrosistema demanda la aplicación masiva de insumos de síntesis química, incrementando el impacto ambiental. Asimismo, se destaca en g₁ la descarga contaminante de aguas residuales, derivadas de viviendas, lixiviados de agroquímicos, erosión del suelo, mala disposición de cerezas y lavado de café en grano, en las quebradas Gato Negro, La Cumbre, y otras fuentes de la vertiente. Otro impacto importante lo representa la tala de bosques para la actividad ganadera, localizada en las rondas de protección de las quebradas, las vertientes fuertemente empinadas y las crestas de montaña. Los habitantes entrevistados declaran el calentamiento progresivo de la temperatura ambiental,

dado que la franja óptima del café se ha desplazado hacia cotas más altas. Se destacaron, en dichas narraciones, amenazas naturales como “borrascas” o “vendavales”. Los habitantes dan testimonio del declive alarmante de aves como el “Toche” (de la familia *Icteridae*), después de fumigaciones indiscriminadas y quemas para controlar “plagas y malezas”. Los mamíferos medianos reportados por los habitantes han perdido población ostensiblemente en los últimos años (Martínez y Montes 2012).

Ecología del geotopo cafetero óptimo templado semihúmedo (g1)

Los ecosistemas/agrosistemas de g1 desarrollan una biostasia fuertemente perturbada. La degradación implicada se puede dividir en tres procesos: (i) el típicamente asociado a la remoción de capa vegetal original y posterior instalación del cultivo cafetero, en cuyo caso se direcciona hacia un estado herbáceo disperso intercalado con zonas de suelo desnudo entre los cafetos, y muy lejos del clímax forestal inicial; (ii) el comúnmente asociado a una remoción de la capa vegetal inicial para establecer, mediante la siembra de pasturas, explotaciones ganaderas; y (iii) el relacionado con la remoción del estrato arbóreo en distintos bordes de bosque, como los de galería, en disecciones fuertes, y en áreas muy agrestes y crestas de montaña. Este estrato, posteriormente, retoma una renovación vegetal en dirección hacia un clímax de bosque más o menos distante del original, dependiendo de diferentes condiciones ecológicas del lugar. La influencia de procesos geomorfológicos en aquellas biostasias es reducida, excepto en lugares con deslizamientos localizados, y erosiones en surcos y escalonadas por pastoreo intensivo (Bertrand y Bertrand 2006).

En la parcela representativa de g1, el bosque secundario se encuentra muy intervenido. Pero la pequeña quebrada que lo atraviesa suministra un constante flujo de agua, favoreciendo la expresión de flora en lechos y orillares. Este bosque permite el establecimiento y mantenimiento de comunidades biológicas que dependen de sus recursos. En la rivera de la quebrada se encontraron heces de algún mamífero y frutos comidos, lo que es un indicio del tránsito de estas poblaciones por sus orillares, utilizando la quebrada y los alimentos que brinda. Los árboles maduros en producción de frutos dan sustento a aves y murciélagos, y garantizan refugio a sus ejemplares. Esta interacción permite dispersar sus semillas. Los nogales cafeteros son sembrados por los campesinos entre los cultivos debido a su uso maderable. El nacedero es una especie pionera, típica del bosque subandino. El yarumo

brinda un recurso alimenticio importante para la fauna del ecosistema (Montes y Martínez 2012).

Caracterización biofísica del geotopo cafetero óptimo templado húmedo (g2)

Las parcelas representativas *a* (75.20784° de longitud, 4.47379° de latitud y 1541 m.s.n.m.) y *b* (75.21142° de longitud, 4.47722° de latitud y 1.483 m.s.n.m.), constituyen la fuente del inventario biofísico. Desde cualquier parcela se aprecia una panorámica del geotopo de 360° donde domina el relieve quebrado a fuertemente escarpado (>75 %), generalmente desplegado sobre pendientes largas. Se evidencian vertientes fuertemente disectadas en varios lugares de g2. Los procesos geomorfológicos son diversos: solifluxiones, desprendimientos rápidos, erosión en surcos, y erosión lenta del suelo (indebidamente explotado) por impacto hidrogravitacional. Se presenta el uso extendido de la quema de barbecho para el cultivo del café y la deforestación intensiva en los bordes del bosque secundario. Se aplica masivamente *inputs* de síntesis química para el manejo del cultivo de café (“variedad Colombia”, “variedad Castilla” y “variedad Caturra”, en distintas proporciones) (Martínez y Montes 2012) (véanse figuras 9-17).

Los suelos del geotopo g2 también pertenecen a los conjuntos dominantes “Lisboa” y “Rovira-Remanso”. Estos suelos están asociados a espesas cenizas volcánicas en litología de rocas ígneas plutónicas, conformando “horizontes A” superficiales, sometidos a continuos procesos hidrogravitacionales (EGS 1987). Según las evaluaciones de la “revolución verde”, con base en las muestras de esta investigación, se calificaron los suelos en valores “muy bajos” o “bajos” en pH, materia orgánica, Zn, Fe, B y Cu. Las recomendaciones de nutrimentos expresan, por ejemplo, la incorporación de altos *inputs* para café y banano (Martínez y Montes 2012).

Las fuentes principales que irrigan g2 son las quebradas Ambalá y Las Panelas. Estas tienen un aforo estimado en verano de 15 y 20 l/s, respectivamente (2012). Estas fuentes muestran una pérdida regular de caudales en los últimos cincuenta años, según los entrevistados. El clima dominante de g2 es templado húmedo. En este geotopo se deben destacar los resultados de la quebrada Ambalá: 4,66 mg/l de OD (mínimo 5), 18 mg/l de SS (máximo 5); 2,3 mg/l de DBO₅, Coli fecal UFC/100 ml de 10 y Coli total UFC/100 ml de 47x10³. Este recurso es consumido sin tratamiento previo, y los análisis constatan las descargas de residuos de cereza y mucílago de café. También se deben mencionar los resultados de la

quebrada Las Panelas: 4,89 mg/l de OD, 25 mg/l de SS, Coli fecal UFC/100 ml de 40x10 y Coli total UFC/100 ml de 12x10⁴. Esta fuente exhibe fuertes impactos ambientales, dadas las descargas de aguas residuales provenientes de “porquerizas”, los residuos del “beneficio del café” y la canalización de aguas residuales domésticas (Martínez y Montes 2012).

En la parcela representativa *a* se presenta un 40 % de cobertura arbórea y arbustiva (incluye cafetos), un 30 % de cobertura herbácea y un 30 % de suelo sin cobertura vegetal. En la parcela *b* se tiene un 65 % de cobertura arbórea y arbustiva, un 20 % de cobertura herbácea y un 15 % de suelo desnudo. En cuanto a herbáceas de las dos parcelas, las especies dominantes son el pincelito (*Emilia sonchifolia* (L.) DC., de la familia Asteraceae) y la conejita (*Commelina sp.*, de la familia Commelinaceae). Las especies subdominantes fueron el “pega pega” (*Desmodium sp.*, de la familia fabaceae), y el besito antioqueño (*Impatiens balsamina* L., de la familia Balsaminaceae) (Montes y Martínez 2012; Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005).

En cuanto a la población arbustiva de las dos parcelas, las especies dominantes son el cordoncillo (*Piper sp.*, de la familia Piperaceae) y la matandrea (*Hedychium coronarium* J. Koenig, de la familia Zingiberaceae). Las especies arbustivas subdominantes son los tunos (Familia Melastomataceae) y el platanillo o pico de loro (*Heliconia sp.*, de la familia heliconiaceae). En lo relativo al estrato arbóreo, las especies dominantes son el yarumo (*Cecropia sp.*, de la familia Urticaceae) y el aguacate (*Persea americana* Mill., de la familia Lauraceae). Las especies arbóreas subdominantes son variadas: el guamo rabo de mico (*Inga edulis* Mart.), el nogal cafetero (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), el Pedro Hernández (*Toxicodendron striatum* (Ruiz & Pav.) Kuntze), el balso tambor (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.), el guayabo (*Psidium guajava* L.), el zurrumbo (*Trema micrantha* (L.) Blume), el guacharaco (*Cupania americana* L.), el carbonero o pisquin (*Albizia carbonaria* Britton, de la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoide), el caucho rosado (*Ficus hartwegii* M.q.), el cedro negro (*Juglans neotropica*) y el laurel (*Cinnamomum sp.*) (Melo y Vargas 2003; Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005; Montes y Martínez 2012).

En cuanto a la fauna silvestre, se registraron en las dos parcelas de *g2* las siguientes especies dominantes: la tångara cabeciroja (*Tangara gyrola*), el toche o cardenal (*Ramphocelus dimidiatus*), el azulejo (*Thraupis episcopus*) la tórtola (*Columbina talpacoti*). Las especies de aves subdominantes son: el chulo (*Coragyps atratus*), el garrapatero o jiriguelo (*Crotophaga ani*), el benteveo real o

sirirí (*Tyrannus melancholicus*), el mosquero (*Todirostrum cinereum*), el milvago o gavilán (*Milvago chimachima*) y la golondrina ribereña (*Stelgidopteryx ruficollis*). Las anteriores especies se clasifican en preocupación menor (LC) por la IUCN (2012) (Parra-Hernández et ál. 2007; Montes y Martínez 2012). Respecto a la herpetofauna y la acuifaua no se tienen reportes en las parcelas representativas.

La presión antrópica sobre los “recursos” naturales de *g2* se evidencia, principalmente, en el uso cafetero intensivo (>7.000 cafetos de variedades Caturra o Castilla por ha), cuyo agrosistema exige la aplicación de insumos de síntesis química, incrementando el impacto ambiental. Se destaca en *g2* la descarga contaminante de aguas residuales provenientes de viviendas, porquerizas, agroquímicos y lavado del café en grano, en las quebradas Las Panelas y Ambalá, y en el río Chipalo, principalmente. La deforestación del bosque secundario y la quema de barbecho son extendidos en pendientes menores a 150 %. Se destacan riesgos derivados de potenciales deslizamientos (acelerados por la agricultura intensiva en pendientes superiores a 75 %), desbordamientos de quebradas por la excesiva extracción de arena, y avalanchas sobre las terrazas formadas en el borde urbano por las quebradas Las Panelas y Ambalá. De hecho, al sur de la vereda Bellavista, se registró en 1972 una destructiva avalancha que afectó a parcelas y barrios del norte de la ciudad de Ibagué. Los mamíferos medianos reportados en las entrevistas han perdido población, al menos desde de la década de los ochenta del siglo XX. De hecho, mamíferos pequeños (como la “ardilla”) son considerados “plagas” (Martínez y Montes 2012).

Ecología del geotopo cafetero óptimo templado húmedo (*g2*)

Los ecosistemas/agrosistemas de *g2* que dan soporte a cualquier actividad productiva de este paisaje cafetero, se pueden catalogar en un estado dominante de biostasia fuertemente perturbada, con influencias localizadas del proceso geomorfogénico (natural y antrópico) derivado de deslizamientos y solifluxiones, que ocasionan cambios significativos sobre el potencial biológico (Bertrand y Bertrand 2006).

La influencia antrópica determina casi toda la dinámica regresiva de la cobertura vegetal y del suelo de *g2*. La vegetación de gran porte en los lotes cafeteros es escasa, y la existente fue sembrada como maderable. Otros arbóreos, como el nogal cafetero (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), el guamo (*Inga edulis* Mart.), el guayabo

(*Psidium guajava* L.) y herbáceas de gran tamaño, como el plátano (*Musa sp.*), son más frecuentes en lotes cafeteros y en los bordes del bosque de galería, y eran aprovechados por campesinos al momento de las visitas de campo. Otros arbóreos relevantes son el yarumo (*Cecropia sp.*) y el balso tambor (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.), pues su función pionera en regeneraciones vegetales se aprecia claramente. Sin embargo, su crecimiento es precario, dada la alta intervención del hombre. Las interacciones ecológicas de las aves se alcanzan a apreciar en estos nichos, pues se alimentan de frutos de guayabo y usan los pequeños parches de rastrojo como refugio. El cardenal o toche (*Ramphocelus dimidiatus*) y el sirirí (*Tyrannus melancholicus*) son muy comunes en lotes cafeteros y bosques secundarios. La deforestación y el cultivo de café sin cobertura vegetal contribuyen a procesos erosivos del suelo y a algunos deslizamientos (Melo y Vargas 2003; Montes y Martínez 2012).

En lugares con estrato vegetal denso y presencia de árboles que superan los 20 metros de altura, se aprecian perturbaciones bien localizadas. Por ejemplo, en la quebrada Ambalá se han construido diques rústicos (trinchos) para la explotación de arena, lo que genera deforestación y apertura de senderos para transitar. Los campesinos suelen sembrar aguacate (*Persea americana* Mill.) en los bordes del bosque ripario como fuente de alimento. Se constató la conservación de árboles de gran porte, como una estrategia del habitante rural para proteger el agua. Entre los más abundantes se reporta el carbonero o pisquín (*Albizia carbonaria* Britton). En estos bosques se evidencia un flujo constante de animales, pues allí encuentran refugio, alimento y agua. Por ejemplo, la tangara cabeciroja (*Tangara girola*) se vio aprovechando los recursos alimenticios del lugar, como algunos cauchos en fruto (*Ficus hartwegii* M.q.). En verano, el caudal de las quebradas no disminuye de manera importante, dada la continuidad del bosque ripario en sus fuentes principales y en toda la red de sus afluentes. Ciertamente, la estabilidad ecológica de estos bosques, a pesar de la presión antrópica en sus bordes, es mucho mayor que en las zonas silvoagrarias. Sin embargo, el clímax natural supuesto para estos nichos ecológicos ya se ha modificado hacia una dirección paraclimática en donde abundan especies plantadas, y se presentan alteraciones en distintos lechos y orillares de las quebradas por la explotación artesanal de arena. Se puede presumir la continuidad del potencial ecológico con la teleología antropizada ya mencionada (Melo y Vargas 2003; Montes y Martínez 2012).

Caracterización biofísica del geotopo cafetero superior templado húmedo (g3)

La parcela representativa de g3 (75,31454° de longitud, 4,52756° de latitud y 1.887 m.s.n.m., vereda Villarestrepo, Ibagué) es la base del inventario biofísico. Desde esta parcela se despliega una panorámica del geotopo de 360° donde domina un relieve de quebrado a fuertemente escarpado (>75 %), con pendientes de largas a muy largas (>500 metros de distancia inclinada) (véanse figuras 18-23). El paisaje se encuentra atravesado por el río Combeima en dirección noroeste-sureste (la segunda fuente más importante de Ibagué después del río Coello), presentando largos tramos de cañones. Se evidencian vertientes fuertemente disectadas. Los procesos geomorfológicos son diversos y bien localizados: solifluxiones, desprendimientos rápidos, deslizamientos, erosión en surcos, erosión hidrogravitacional del suelo, y erosión escalonada en ladera por sobrepastoreo del ganado. En distintos lugares se emplea la quema de barbecho para el cultivo de frutales y café. A pesar de los controles ambientales, persiste la deforestación en los bordes del bosque secundario y primario del piso templado y frío. Se aplican agroquímicos de manera generalizada para el manejo del cultivo de café (variedades Castilla y Caturra), mora, lulo, tomate de árbol, habichuela, maíz, gulupa, banano y frijol (Martínez y Montes 2012).

Los suelos de g3 también pertenecen a los conjuntos dominantes ya mencionados: “Totare”, “Lisboa” y “Rovira-Remanso”. Sus suelos están asociados a espesas cenizas volcánicas en litología de rocas ígneas y plutónicas (EGS 1987). Según las típicas evaluaciones utilitaristas, se calificó el suelo en rangos “muy bajos” o “bajos”: pH, materia orgánica, P y Cu. Las recomendaciones de nutrientes reflejan la incorporación de altos *inputs* para café (Martínez y Montes 2012).

Las fuentes principales que irrigan g3 son los ríos Combeima y las quebradas Cay, El Tejar, Samú o Corazón, La Plata, Las Perlas, el Billar, El Salto, La Sierra, La Cristalina y Guamal. En el río Combeima se estimó en verano un aforo de 1.000 l/s aproximadamente (2012) a la altura del centro poblado de Villarestrepo. Todas estas fuentes han perdido caudal en los últimos 50 años, según los entrevistados. El clima dominante de g3 es templado húmedo (Martínez y Montes 2012; Martínez Rivillas 2015). En este geotopo se registran las siguientes cifras de contaminación: río Combeima (a la altura de Villarestrepo) con 4,75 mg/l de OD, 18 mg/l de SS, 2,6 mg/l de DBO₅, Coli fecal UFC/100 ml de 15x10² y Coli total UFC/100 ml de 32x10⁴. Varios parámetros evidencian

una fuerte contaminación del río. En la quebrada El Salto se identificaron Coli fecal UFC/100 ml de 10 y Coli total UFC/100 ml de 33×10^3 , recursos que se consumen en el centro poblado de Villarestrepo (Martínez y Montes 2012).

La parcela representativa de g3 se localiza en un bosque ripario (aparentemente primario) de ladera agreste y altamente pedregosa, cuyo borde limita con un agrosistema cafetero. Se presenta 85 % de cobertura arbórea y arbustiva, 10 % de cobertura herbácea y 5 % de suelo sin cobertura vegetal. Respecto a herbáceas, se reportaron en la parcela las siguientes especies: dominancia de la siempre viva o suelda (*Commelina sp.*, de la familia Commelinaceae), y subdominancia de la lanosa (*Clidemia sp.*, de la familia Melastomataceae). Se observó una alta densidad de “helechos” en toda la parcela (Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005; Montes y Martínez 2012).

Con relación a la población arbustiva de la parcela representativa, la especie dominante es la matandrea (*Hedychium coronarium* J. Koenig, de la familia Zingiberaceae) y las especies subdominantes son el bore (*Alocasia macrorrhiza* (L.) Schott, de la familia Araceae) y la pringamosa u ortiga (*Urera caracasana* (Jacq.) Gaudich. ex Griseb., de la familia Urticaceae). Respecto al estrato arbóreo, la especie dominante es el dulomoco (*Saurauia ursina* Triana & Planch., de la familia Actinidiaceae), y las especies subdominantes son la punta de lanza (*Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch.), el caucho sabanero (*Ficus soatensis* Dugand) y el yarumo (*Cecropia sp.*) (Melo y Vargas 2003; Barrero-Díaz y Alarcón-Galindo 2005; Montes y Martínez 2012).

En cuanto a la fauna silvestre, se registró en la parcela de g3 una importante variedad de aves. Las especies dominantes son el chulo (*Coragyps atratus*), el toche o cardenal (*Ramphocelus dimidiatus*) y el azulero (*Thraupis episcopus*). Las especies de aves subdominantes son la tórtola (*Columbina talpacoti*), el petirojo (*Pyrocephalus rubinus*), la torcaza (*Zenaida auriculata*), la tångara cabeciroja (*Tangara gyrola*), la tångara dorada (*Tangara arthus*), el pato de torrentes (*Merganetta armata*), el barranquero (*Momotus momota*) y el tucán esmeralda (*Aulacorhynchus prasinus*). Las anteriores especies se clasifican en preocupación menor (LC) por la IUCN (2012) (Parra-Hernández et ál. 2007; Montes y Martínez 2012).

Respecto a la herpetofauna, se observaron cerca de la parcela representativa la lagartija de hojarasca (*Cercosaura argulus*), catalogada en preocupación menor (LC) y la rabo de ají (*Micrurus mipartitus*), cuyo estado de amenaza no ha sido evaluado (NE). En cuanto a acuifuna y mamíferos silvestres no se observaron individuos (Llano-Mejía,

Cortés-Gómez y Castro-Herrera 2010; Montes y Martínez 2012).

La presión antrópica sobre g3 se constata en el uso cafetero intensivo (>7.000 cafetos de variedades Castilla o Caturra por ha). El agrosistema también demanda la aplicación de insumos de síntesis química, incrementando el impacto ambiental. En g3 se tienen diversas causas de descargas de aguas residuales no tratadas: viviendas, porquerizas, agroquímicos, ganadería, procesamiento del café y establecimientos comerciales (restaurantes y hoteles) en el río Combeima, principalmente. Se destaca también la contaminación de las microcuencas de las quebradas El Salto, Cay, La Plata y La Sierra, localizadas en el cañón del Combeima. La mayoría de las fuentes de g3 exhiben distintos grados de contaminación. Los potenciales deslizamientos y solifluxiones se explican por el impacto de la deforestación y una agricultura en ladera en pendientes agrestes (sin ningún manejo agroecológico). Las diferentes avalanchas de las quebradas La Sierra y El Salto (que han afectado el centro poblado de Villarestrepo en 1959, 1971, 1987 y 2006, especialmente), se explican también por las anteriores presiones antrópicas. Hacia el poblado de Juntas, las históricas avalanchas y procesos continuos de soliflucción de la microcuenca de la quebrada Guamal, tuvieron en crisis el abastecimiento de agua para la ciudad de Ibagué, debido al alto contenido de “lodos” que drenan hacia el río Combeima. Las deforestaciones en los bosques secundario y primario continúan en los pisos altos de la cuenca del río Combeima, destacándose la reciente destrucción de más de 20 ha en el sector “El Brasil”, con destino a la producción de carbón vegetal y maderas. Por otro lado, se denunció la muerte de un trabajador por contacto con agroquímicos, en años recientes (Martínez y Montes 2012).

El “águila cuaresmera”, abundante en el cañón del Combeima en la década de los cincuenta, está desapareciendo paulatinamente. Las “truchas” (introducidas) y los “güilos” difícilmente se aprecian en la zona, a pesar de ser fuente alimenticia en décadas anteriores. Los mamíferos medianos reportados por los habitantes también han perdido población de forma dramática. Se dice que la “nutria” o el “perro de agua” desapareció por su cacería indiscriminada. En la parte alta de la cuenca del Combeima se han visto, excepcionalmente, “venados” y “pumas”. Los habitantes atribuyen tales impactos a las deforestaciones y aplicación de agroquímicos. Aunque la cacería se ha controlado de forma importante mediante guardabosques de la alcaldía de

Ibagué (concentrados en la finca “El Porvenir”) y de parques nacionales (zonas de subpáramo y páramo), el declive de sus poblaciones sigue en aumento (Martínez y Montes 2012).

Ecología del geotopo cafetero superior templado húmedo (g3)

Los ecosistemas/agrosistemas de g3 que dan soporte a cualquier actividad productiva de este paisaje agrario, se pueden evaluar en un estado dominante de biostasia de moderado a fuertemente perturbado, con influencias severas bien localizadas del proceso geomorfogénico (natural y antrópico), derivados de los deslizamientos y solifluxiones que causan las deforestaciones, y erosiones de los suelos agrícola y ganadero. En algunos bordes del bosque ripario y parches de bosques de g3, las intervenciones antrópicas han permitido un desarrollo regresivo hacia un nivel paraclimático que intercala frutales, gramíneas, pastos de corte, o cafetos, con especies pioneras naturales (Bertrand y Bertrand 2006).

En los bosques menos intervenidos de g3, la cobertura vegetal es densa y el suelo desnudo es escaso. En muchos de ellos se evidencia la tala de árboles de mayor porte (presencia de tocones). En laderas muy agrestes, se suele presentar una alta pedregosidad que impide el aprovechamiento agrario o ganadero. El bosque ripario se deja crecer en rondas de ríos o quebradas para proteger el flujo del agua, principalmente. En temporadas de lluvias, las quebradas del cañón del Combeima pueden incrementar de manera abrupta su caudal, generándose avalanchas de lodos y rocas que han afectado fuertemente los espacios agrarios, los centros poblados y la vegetación de sus orillares (Martínez y Montes 2012).

En la parcela representativa de g3, los yarumos (*Cecropia sp.*) o los cauchos (*Ficus soatensis*) en producción de frutos, y cuyas cosechas suelen ser muy grandes, son una importante fuente de alimento para las poblaciones de animales que transitan el lugar. Gracias a estos nichos se observaron algunas especies de aves como el tucán esmeralda (*Aulacorhynchus prasinus*), el barranquero (*Momotus momota*) e incluso el pato de torrentes (*Merganetta armata*) (que se encontraba en el río Combeima). Algunos herpetos, como la serpiente rabo de ají (*Micrurus mipartitus*) y el lagarto de hojarasca (*Cercosaura argulus*) pueden encontrar sustento y refugio en estos bosques de galería (Montes y Martínez 2012).

Conclusiones: ecología del paisaje cafetero de Ibagué

La teoría del geosistema se puede llevar a la escala de geofacies y de geotopos, contribuyendo a mejorar la capacidad de caracterización biofísica y socioecológica de los geosistemas. Hecho deficitario en la obra de G. Bertrand, y en las subsiguientes aplicaciones. Como elementos metodológicos que mejoran esta teoría se pueden destacar: la introducción de entrevistas en profundidad (orientadas a la historia ambiental) de los actores locales, el levantamiento de parcelas con prospecciones biológicas rápidas y económicas (adaptación de los “BioBlitz”), la incorporación del estudio de la fauna y su ecología básica que, en efecto, no aparece en ningún estudio previo, y la integración de las percepciones de los entrevistados al análisis ecológico del paisaje agrario.

Una ecología del paisaje cafetero, a partir de sus geofacies y geotopos, ofrece dos fortalezas: una mirada ecológica del agrosistema que correlaciona mejor los factores biofísicos con los sociales (lo que es muy difícil de conseguir en la geografía agraria convencional); y el anidamiento de escalas en el estudio del paisaje agrario, lo que facilita el diseño de políticas de ordenación del territorio rural más sistémicas y mejor diferenciadas en el espacio. En efecto, estas fortalezas demuestran un paso adelante en el estudio ecológico del paisaje, si se evalúan los trabajos clásicos en esta materia (Ortiz 1989; Troll 2003; Paniagua Mazorra 2006; Derek et ál. 2009; Clifford, French, y Valentine 2010; Farina 2011).

La memoria ambiental del paisaje cafetero de mediados del siglo XX, revela la presencia de un ambiente mejor conservado y una importante diversidad faunística. Todas las quebradas y ríos precitados contaban con caudales superiores a los actuales en épocas de verano.

En la década de los setenta, el paisaje cafetero exhibía una variada producción de alimentos: plátano, frijol, caña panelera, cacao, arracacha, yuca, maíz, naranja, lima, mandarina, plátano, banano, guanábana, tomate, habichuela, lulo, entre las más referidas. Para la misma década aún se conservaba el “café arábigo”, cuyo cultivo se establecía con sombrío, facilitando el cultivo de alimentos. En lo sucesivo, las nuevas variedades de café y las políticas cafeteras incentivaron la deforestación y el abandono del policultivo de alimentos. En la mayoría de los bosques de este paisaje se explotaron maderables como cedro negro, cedro rosado y nogal cafetero y guayacán amarillo, entre las más afectadas. Actualmente, las poblaciones son muy escasas, excepto

por el nogal cafetero que se procura mantener (Martínez y Montes 2012).

La aplicación masiva de agrotóxicos, al menos desde la década de los cincuenta, ha disminuido de forma dramática las poblaciones de aves, insectos y mamíferos, en opinión de los entrevistados. Incluso, se habló del hallazgo de aves muertas, como el copetón, a causa de estos “pesticidas”, o de muertes de trabajadores por intoxicación. También se denunciaron desmayos y enfermedades respiratorias asociadas al uso de estos agroquímicos. En casi todas las quebradas del paisaje cafetero se instalan trinchos para la explotación de arenas, lo que disminuye los disipadores de energía naturales de estas fuentes cuando se presentan avalanchas, incrementando su poder destructivo aguas abajo en invierno (Martínez y Montes 2012).

A pesar de la extensión del paisaje cafetero (± 28.000 ha), las técnicas cafeteras son muy homogéneas: cultivos densos y sin sombrero en ladera, remoción de la capa vegetal entre cada cafeto, aplicación de fertilizantes y pesticidas, pocas variedades de café (caturra, castilla, o colombiana), deforestación hasta muy cerca de los orillares de los ríos y quebradas, conservación de bosques riparios en disecciones muy fuertes, conservación de parches de bosque en zonas muy agrestes y pedregosas (> 150 %), trabajo manual en todas sus fases (siembra, mantenimiento y recolección del grano, descerezada y lavado de café para remover el mucilago, secado del grano en instalaciones rústicas o en techos de las casas, y selección de calidad para separar la “pasilla”), transporte de la cosecha en sacos de 125 kilos (empleando animales de carga o camperos), entre los elementos más destacados de este paisaje (Martínez y Montes 2012).

Recomendaciones de política para el manejo del paisaje cafetero de Ibagué

Se debe implementar un plan de manejo de las quebradas y ríos que mostraron indicadores de contaminación, y un plan de protección del bosque ripario del paisaje cafetero. Es importante garantizar el aislamiento efectivo de las rondas de protección de 5 a 15 metros desde el eje de las quebradas, y de 25 a 50 metros para los ríos de montaña de este paisaje, como el Combeima. Esto, porque ninguna de las fuentes hídricas citadas en esta investigación cuenta con una protección ambiental estricta de sus orillares. También se hace urgente implementar una estrategia de tratamiento de aguas residuales provenientes de la

vivienda dispersa y de los centros poblados del paisaje cafetero, esto es, San Juan de la China, Cocora-Coello, Chapetón, Llanitos, Villarestrepo y Juntas, especialmente) (Martínez y Montes 2012).

Preocupa que la mayoría de las aves y los mamíferos identificados por los habitantes en el paisaje cafetero han perdido población en las últimas cinco décadas (águila cuasmera, copetón, toche, güilo, puma, nutria, venado, entre los más diezmados) (Martínez y Montes 2012). Estos hechos demandan una medida de protección del bosque ripario que garantice la regulación o proscripción de la cacería, según sea el caso, y la constitución de una malla ambiental efectiva que provea de conectividad a todos los bosques del paisaje cafetero.

Los fertilizantes, los herbicidas y los insecticidas aplicados en el agrosistema cafetero han contaminado de forma masiva e histórica los suelos del paisaje y las siguientes corrientes: Combeima, Coello, Ambalá, Las Panelas, Chipalo, El Tejar, Samú, La San Bernarda, Las Perlas, La Plata, Cay, El Billar, El Salto y La Sierra (Martínez y Montes 2012). Por tanto, se requiere un cambio radical en los usos productivos del paisaje cafetero, como el establecimiento de explotaciones “agroecológicas” diversas, y el manejo estricto del cultivo en terrazas para laderas superiores a 100 %, al menos.

Agradecimientos

Se queda en deuda con Andrés Montes y los investigadores del Laboratorio de Dendrología de la Universidad del Tolima, quienes contribuyeron a la determinación de buena parte del material colectado. Asimismo, agradezco el apoyo incondicional del Grupo de Investigación en Desarrollo Rural Sostenible de la Universidad del Tolima (GIDRS-UT), el cual respaldó financieramente la realización del plan de trabajo de esta investigación.

Referencias

- Abalakov, Alexander Dmitrievich, y Sergey Sedykh. 2010. “Regional-Typological Study and Mapping of Geosystems: Analysis of The Implementation.” *Geography and Natural Resources* 31 (4): 317-323. <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2010.11.016>
- Barrero-Díaz, Egna, y Janneth Alarcón-Galindo. 2005. *Flora del Cañón del Combeima, usos y particularidades de árboles y arbustos del cañón del Combeima, Ibagué-Tolima*. Ibagué: Fundación Yulima.

- Bertrand, Claude, y Georges Bertrand. 2006. *Geografía del medio ambiente. El sistema GTP: geosistema, territorio y paisaje*. Granada: Universidad de Granada.
- Blanco, Cecilia. 2011. *Encuesta y estadística: métodos de investigación cuantitativa en ciencias sociales y comunicación*. Córdoba: Editorial Brujas.
- Cavalcanti, Lucas Costa de Souza, y Antonio Carlos de Barros Corrêa. 2013. "Problemas de hierarquização espacial e funcional na ecologia da paisagem: uma avaliação a partir da abordagem geosistémica." *Geosul* 28 (55): 143-162.
- Cavalcanti, Lucas Costa de Souza, y Antonio Carlos de Barros Corrêa. 2016. "Geosistemas e geografia no Brasil." *Revista Brasileira de Geografia* 61 (2): 3-33. https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2016_n2_p3-33
- Clifford, Nicholas, Shaun French, y Gill Valentine, eds. 2010. *Key Methods in Geography*. London: Sage.
- EGS (Estudio General de Suelos). 1987. *Estudio general de suelos de los municipios de Ibagué, Cajamarca, Coello, Espinal, Flandes, Guamo, Rovira, San Luis y Valle de San Juan, Departamento del Tolima*. Bogotá: IGAC.
- Farina, Almo. 2011. *Ecología del paisaje*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Fonseca Fino, Felipe. 2012. "Diseño metodológico para la definición de determinantes ambientales regionales basadas en el sistema GTP en la jurisdicción de Corpochivor." *Perspectiva Geográfica* 16: 55-82. <https://doi.org/10.19053/01233769.1750>
- Frolova Ignatieva, Marina. 2006a. "Desde el concepto de paisaje a la teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?" *Revista Eria*, no. 70, 225-235.
- Frolova Ignatieva, Marina. 2006b. "Los paisajes del Cáucaso en la Geografía Rusa: entre el modelo científico y la representación socio-cultural." *Cuadernos Geográficos* 38 (1): 7-29. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v38i0.1579>
- Galeano, María Eumelia. 2004. *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Gregory, Derek, Ron Johnston, Geraldine Pratt, Michael J. Watts, y Sarah Whatmore, eds. Wylie, John. 2009. "Landscape." En *The dictionary of human geography*, 409-411. Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, y María del Pilar Baptista. 2010. *Metodología de la investigación*, 5ª Edición, México: McGrawHill.
- Hsu, Leslie, Vivian B. Hutchison, Madison L. Langseth, y Benjamin Wheeler. 2018. "U.S. Geological Survey Community for Data Integration 2017 Workshop Proceedings: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018-1081." *U.S. Geological Survey VIII*. <https://doi.org/10.3133/ofr20181081>
- IUCN. 2012. "Red List of Threatened Species. Versión 2012.1." Consultado el 9 de junio de 2013. <http://www.iucnredlist.org>
- Llano-Mejía Julián, Ángela Cortés-Gómez, y Fernando Castro-Herrera. 2010. "Lista de anfibios y reptiles del departamento del Tolima, Colombia." *Biota Colombiana* 11: 1-2.
- Martínez Rivillas, Alexander. 2015. "Procesos ambientales, socioeconómicos y socioculturales de Ibagué rural. Un estudio desde la geografía híbrida." Tesis de doctorado en Geografía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá.
- Martínez Rivillas, Alexander, y Andrés Montes. 2012. "Informes de levantamientos de geotopos en Hacienda Gascoña, Briceño, Ambalá parte Alta, El Rubí, Villarrestrepo, La Linda, El Guaico, El Rancho, Toche y El Totumo. Ibagué, Colombia." En *Determinación de la línea base socioambiental del territorio rural de Ibagué, cuenca mayor del río Coello, Tolima, Colombia, 2012-2015*, Informe del proyecto de investigación de la Universidad del Tolima, Código: 180112.
- Massiris, Ángel. 2012. *Gestión territorial y desarrollo. Hacia una política de desarrollo territorial sostenible en América Latina*. Tunja: UPTC.
- Mateo Rodríguez, José Manuel, y Edson Vicente da Silva. 2019. *Teoría dos geosistemas. O legado de V.B. Sochava. Volumen I. Fundamentos teórico-metodológicos*. Fortaleza: Edições UFC.
- Melo Cruz, Omar, y Rafael Vargas Ríos. 2003. *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué: Universidad del Tolima-CRQ-CARDER-CORPOCALDAS-CORTOLIMA.
- Montes, Andrés, y Alexander Martínez. 2012. "Prospección y caracterización de flora y fauna de parcelas en Hacienda Gascoña, Briceño, Ambalá parte Alta, El Rubí, Villarrestrepo, La Linda, El Guaico, El Rancho, Toche y El Totumo. Ibagué, Colombia." En *Informe del proyecto de investigación de la Universidad del Tolima: determinación de la línea base socio-ambiental del territorio rural de Ibagué, cuenca mayor del río Coello, Tolima, Colombia, 2012-2015*, Código: 180112.
- Ortiz, Ana Patricia. 1989. "Sombrios y Caturrales del Líbano-Tolima: transformación y crisis ecológica de un paisaje cafetero. Análisis metodológico y cartografía integrada." *Análisis Geográficos* 13.
- Paniagua Mazorra, Ángel. 2006. *Geografía rural*. En *Tratado de geografía humana*, coordinado por Daniel Hiernaux y Alicia Lindón. México: Anthropos y Universidad Autónoma Metropolitana.
- Parra-Hernández, Ronald M., Diego Andrés Carantón-Ayala, Jeyson Senen Sanabria-Mejía, Luís Felipe Barrera-Rodríguez, Adriana Milena Sierra-Sierra, Miguel Cesar Moreno-Palacios, Wilber Santos Yate-Molina, William Enrique Figueroa-Martínez, Carolina Díaz-Jaramillo, Vivian Tatiana

- Florez-Delgado, Jenny Katherine Certuche-Cubillos, Hugo Nelson Loaiza-Hernández, Bilma Adela Florido-Cuellar, Jeyson Senen Sanabria-Mejía, y Luís Felipe Barrera-Rodríguez. 2007. "Aves del municipio de Ibagué, Tolima, Colombia." *Biota Colombiana* 8 (2): 199-220.
- SIAT (Sistema de Información de Alertas Tempranas). 2019. "Sistema de Información de Alertas Tempranas. Tremarctos Colombia 2.0. Conservación Internacional Colombia." Consultado el 20 de junio de 2019. <http://200.32.81.75/repo-tremarctos-integrado/>
- SIB (Sistema de Información Biológica). 2019. "Sistema de Información Biológico de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Indicadores territoriales de conocimiento de la biodiversidad." Consultado el 20 de junio de 2019. <http://datos.biodiversidad.co/geografic/explorer>
- Troll, Carl. 2003. "Ecología del paisaje." *Gaceta Ecológica*, no. 68 (julio-septiembre): 71-84.
- Zhou, Xin, Jason L. Robinson, Christy J. Geraci, Charles R. Parker, Oliver S. Flint Jr, David A. Etnier, David Ruitter, R. Edward DeWalt, Luke M. Jacobus, and Paul D. N. Hebert. 2011. "Accelerated Construction of a Regional DNA-Barcode Reference Library: Caddisflies (Trichoptera) In the Great Smoky Mountains National Park Source." *Journal of the North American Benthological Society* 30 (1): 131-162. <https://doi.org/10.1899/10-010.1>

Alexander Martínez Rivillas

Profesor asociado de planta e investigador de la Universidad del Tolima, adscrito al Departamento de Desarrollo Agrario. Doctor en Geografía de la UPTC. Áreas de interés: historia ambiental, geografía ambiental, historia agraria, política agraria, filosofía política, filosofía ambiental.