Funciones geo-ecológicas en Cerro Seco

Informe de política breve

¿Por qué debería importarnos su conservación?

Fotografía: Jeremy León

Carlos Manuel Guío
Jeremy León
Carlos Enrique Sierra
Lorena Barreto
Eduardo Quintero
Eduardo Villamil

Informe de política breve

Funciones geo-ecológicas en Cerro Seco. ¿Por qué debería importarnos su conservación?. Bogotá: Corporación geoambiental Terrae (2020).

Autores:
Carlos Manuel Guío
Jeremy León
Carlos Enrique Sierra
Lorena Barreto
Eduardo Quintero
Eduardo Villamil

'

Este informe de política breve (policy brief) se realizó con base en revisión bibliográfica, análisis de datos abiertos y trabajos de campo realizados en 2019 y 2020. Los autores tienen experiencia en las áreas de ciencias del suelo, geología, hidrogeología, hidrología y botánica del ecosistema subxerofítico local. Se presenta de forma independiente ante la Secretaría Distrital de Planeación (Bogotá D.C.) para apoyar la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial y ante la Secretaría Distrital de Ambiente (Bogotá D.C.) para guiar la delimitación de un área protegida del Distrito, en la zona peri-urbana conocida como Cerro Seco.

TERRAE, 2020
Transversal 15B No. 46-16 oficina 506, Bogotá D.C.
Teléfono: 3402462
info@terraegeoambiental.org
www.terraegeoambiental.org

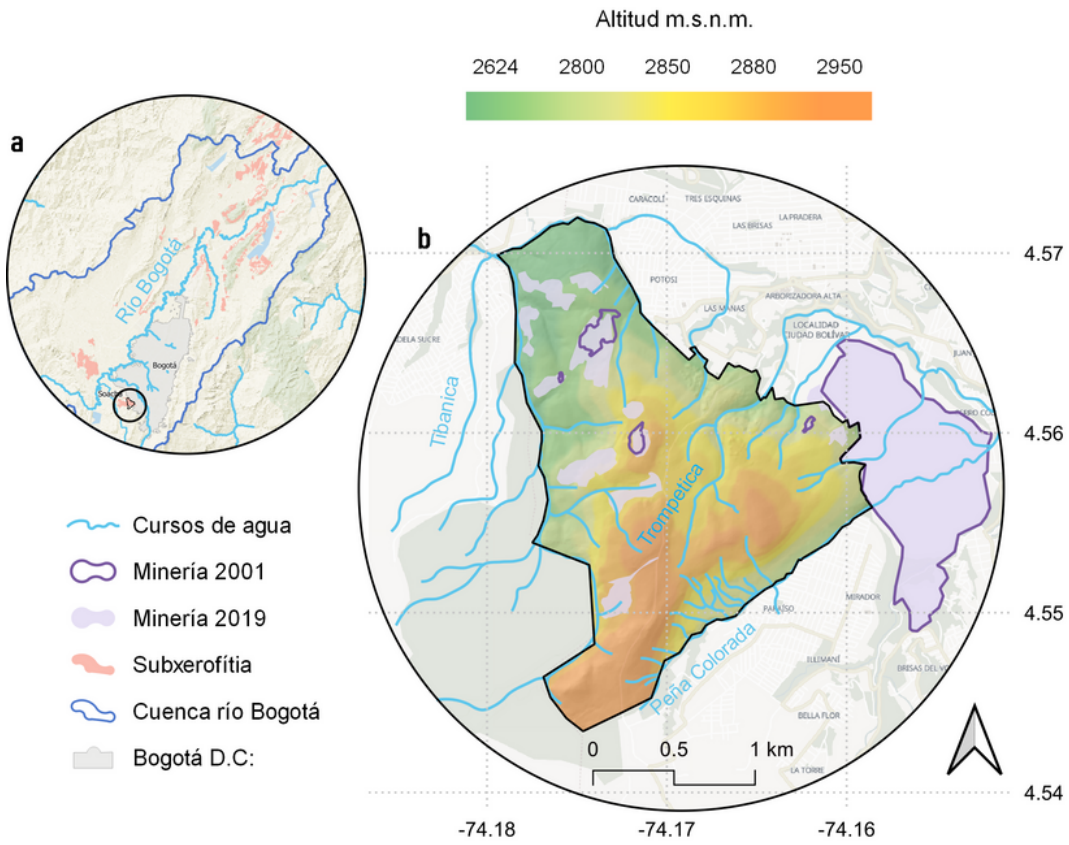

Fig. 1. Localización de Cerro Seco y su contexto ambiental. a) Cerro Seco, en la cuenca del río Bogotá, se encuentra en el extremo suroccidental del sistema de enclaves subxerofíticos de la Sabana de Bogotá, b) los cursos de agua allí presentes, que alimentan el río Tunjuelo (al Este) y el río Soacha (al Oeste), han sido afectados por la expansión minera, principalmente las quebradas Trompetica y Peña Colorada. Elaboración: Carlos Guío (Corporación Geoambiental Terrae).

Desde la última década del siglo pasado se ha utilizado en Bogotá el modelo conceptual de Estructura Ecológica Principal (EEP) como instrumento de conservación y planeación territorial para reforzar la conectividad ecosistémica (1,2). La EEP es complementada por la Infraestructura Ecológica (IE) y ambas comprenden la totalidad de la Estructura Ecológica de Soporte de la Nación (2). La IE corresponde a relictos de ecosistemas que han sido intervenidos y necesitan conservarse y restaurarse, para asegurar y potenciar sus servicios ecosistémicos, en cumplimiento de los principios constitucionales y las leyes vigentes. Este es el caso de **Cerro Seco: un relicto de los ecosistemas subxerofíticos intervenido por la minería** (Fig. 1b). Para preservar y recuperar los servicios que presta esta área se necesita entender su papel en la funcionalidad ecosistémica, por ejemplo: ¿qué características únicas se encuentran allí?, ¿cómo influencia el suelo natural la regulación del agua? o ¿qué procesos del suelo y geomorfológicos proveen ecosistemas para seres vivos?

El ecosistema subxerofítico (semi-árido) tropical de los Andes colombianos es muy reducido. Está constituido por enclaves, situados principalmente en la cordillera Oriental, que abarcan cerca del 0,3% de la cobertura natural vegetal. En el altiplano cundiboyacense existen aún tres de éstos relictos: Sáchica-Ráquira, Nemocón-Suesca y Mosquera (3,4), controlados por la sombra de lluvia de los cerros orientales del altiplano, la cual torna los vientos húmedos del oriente en secos hacia el interior de la Sabana de Bogotá. El área conocida como Cerro Seco -incluida históricamente en el enclave de Mosquera- abarca 3,6 km2 y está situada en el borde sur-occidental de Bogotá (5) (Fig.1a), al límite con la zona rural del municipio de Soacha.

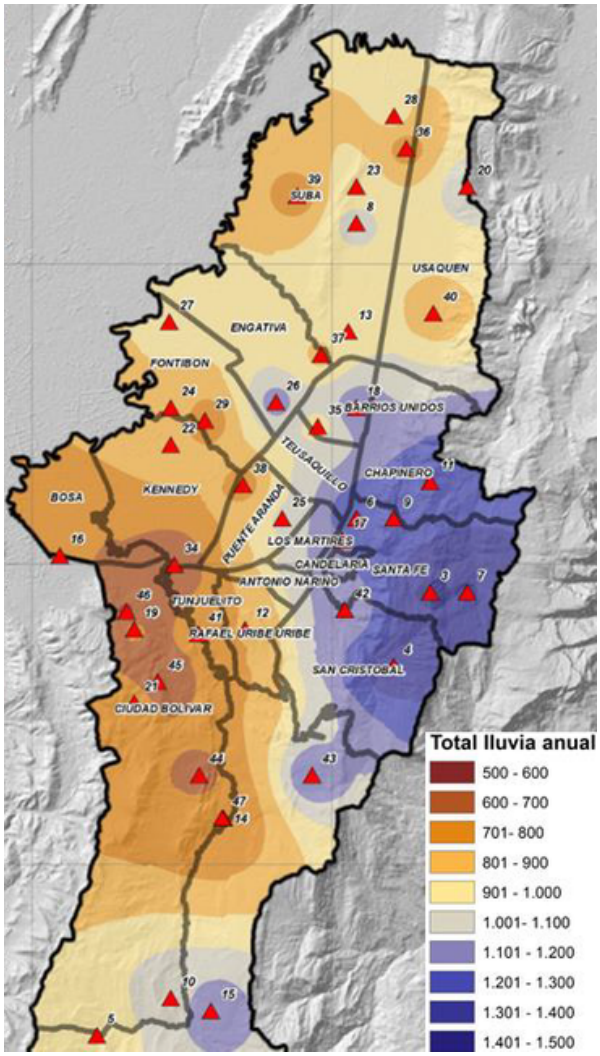

Fig. 2. Distribución espacial de la precipitación para el área urbana, con base en 47 estaciones ubicadas en la capital. Fuente: IDIGER (2019) con datos IDEAM, SDA e IDIGER. Series 2000-2015.

Con alturas entre los 2650 m.s.n.m y los 2940 m.s.n.m el ecosistema subxerofítico de Cerro Seco se encuentra enmarcado por varios drenajes afluentes a los ríos Tunjuelo y Soacha (Fig. 1b), los cuáles desembocan en el río Bogotá. Aunque estas quebradas se mantengan secas la mayor parte del año (5), configuran una importante vertiente para la quebrada Limas y a su vez para la cuenca media del río Tunjuelo.

El clima en Cerro Seco es de precipitaciones promedio entre 600 y 700 mm anuales. Los periodos lluviosos ocurren entre abril – mayo, para el primer periodo de lluvias,y octubre – noviembre, para el segundo periodo de lluvias, mientras que los meses más secos se registran entre diciembre – enero y agosto – septiembre (6). Al comparar estos registros con los promedios del territorio distrital, se encuentra en Cerro Seco el área más seca del distrito (Fig. 2) y una de las más secas de la cuenca alta del río Bogotá (3). Como consecuencia, allí ocurren balances hídricos deficitarios muy sensibles a los cambios de cobertura vegetal, es decir: intervenciones ambientales que estresen la vegetación y suelos podrían desencadenar respuestas drásticas en la infiltración y regulación del escurrimiento superficial -y subsuperficial- , en conjunto con procesos de torrencialidad y erosión (3). A pesar de esto, y en el escenario de condiciones diferenciadas a lo largo del Pleistoceno, también ocurrió allí una evolución y adaptación de la vegetación a dichas condiciones – de cierta estabilidad ambiental- , lo cual explica en parte el registro de especies endémicas (7).

intervenciones ambientales que estresen la vegetación y suelos podrían desencadenar respuestas drásticas en la infiltración y regulación del escurrimiento superficial -y subsuperficial- , en conjunto con procesos de torrencialidad y erosión.

Además del clima, la geología enmarca el desarrollo y mantenimiento de funciones geo-ecológicas en Cerro Seco, las cuales afectan tanto sus alrededores como -en general- el sistema socio-ecológico de la Sabana. En este sentido, debido a la ausencia de estudios detallados en el área, la Corporación Geoambiental Terrae realizó cartografía geológica (Fig. 3) y geomorfológica preliminar, a escala detallada 1:15.000, con base en estudios previos regionales (8,9) e interpretaciones de imágenes satelitales de alta resolución.

Como resultado de este trabajo, se identificaron principalmente rocas cretácicas de las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca de Labor, del Grupo Guadalupe, y suelos

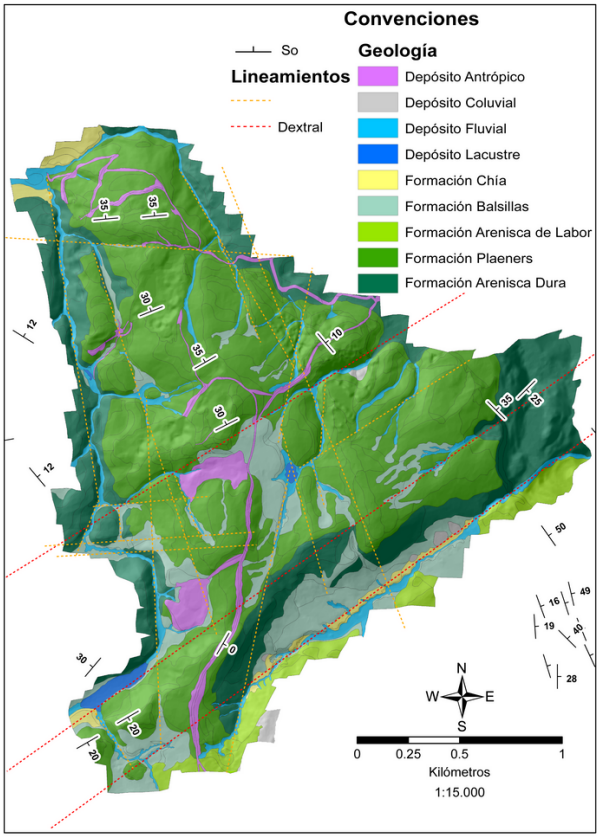

Fig. 3. Mapa geológico detallado de Cerro Seco. Elaboración: Diana Lozano (Corporación Geoambiental Terrae).

antiguos (formados hace millones de años) correspondientes a la formación Balsillas, cubiertos por suelos relativamente recientes, relacionados con cenizas volcánicas (depositadas hace miles de años), además de depósitos de residuos mineros actuales. La relevancia de los materiales geológicos para el ecosistema radica en su capacidad para infiltrar y almacenar agua, en su papel de sustrato para la formación de suelos y en la estabilidad que proveen al terreno, entre otros. La infiltración de agua hacia el acuífero, de especial importancia en la Sabana de Bogotá, debido a su sobreexplotación y escasa recarga desde hace décadas (7), depende de la per-meabilidad asociada al material de la roca y a rutas preferenciales formadas por estructuras de origen tectónico (fallas y fracturas).

Los estudios sobre estructuras geológicas en la Sabana de Bogotá han propuesto múltiples zonas de deformación con intenso fracturamiento (10,11). Cerro Seco, en particular, está enmarcado en estructuras transversales principales NO-SE, correspondientes a la Zona de cizalla del sur de Bogotá (12,13). Dichas zonas de roca fracturada pueden ser lugares donde el agua encuentre conductos de infiltración preferencial, por lo que constituyen factores fundamentales para el ciclo zonal o regional del agua.

Cerro Seco se encuentra sobre dos unidades hidrogeológicas mayores (14) (Fig. 4): una compuesta de materiales poco -o no-

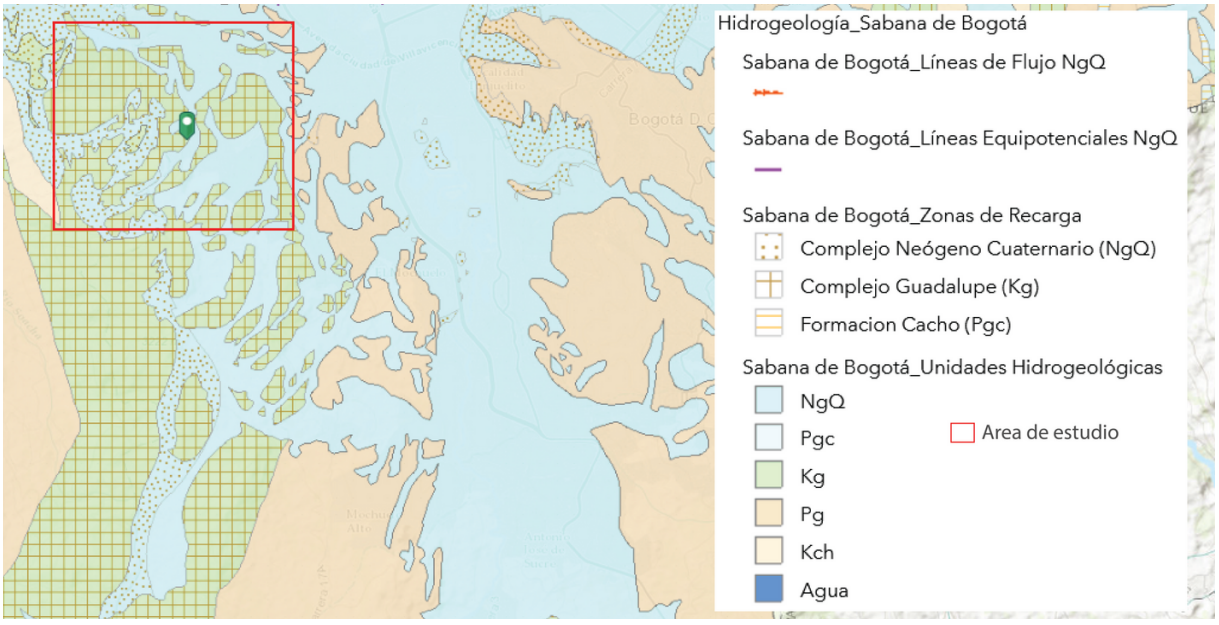

Fig. 4. Distribución de las unidades hidrogeológicas definidas para la Sabana de Bogotá. Cerro Seco se ubica sobre las unidades Kg y NgQ. Fuente: Servicio Geológico Colombiano (14).

consolidados, de espesores variables a lo largo de la Sabana de Bogotá (NgQ), y otra compuesta por rocas, cuyos materiales arenosos permiten buena infiltración (Kg: Complejo Guadalupe) (10,14). Las Fig. 3 y 4 muestran el predominio en área de la unidad hidrogeológica Kg que, sumado a la condición de fracturamiento intenso ya descrita para Cerro Seco, apoyan la hipótesis de la existencia de una zona de recarga. Sin embargo, es importante recalcar que **la zona necesita aún de estudios litológicos y estructurales detallados** para una correcta evaluación hidrogeológica.

La Fig. 5 evidencia la compleja relación entre discontinuidades estructurales (fracturas y fallas) y direcciones de flujo del agua subterránea: en algunos sectores el cambio de dirección coincide con la presencia una discontinuidad. Para Cerro Seco se observa un vacío de esta información en los datos oficiales, lo que se traduce en incertidumbre de la identificación y protección de los ecosistemas, cuerpos de agua superficial y zonas del acuífero de la Sabana que se verían afectadas por alguna

dichas zonas de roca fracturada pueden ser lugares donde el agua encuentre conductos de infiltración preferencial, por lo que constituyen factores fundamentales para el ciclo local o regional del agua.

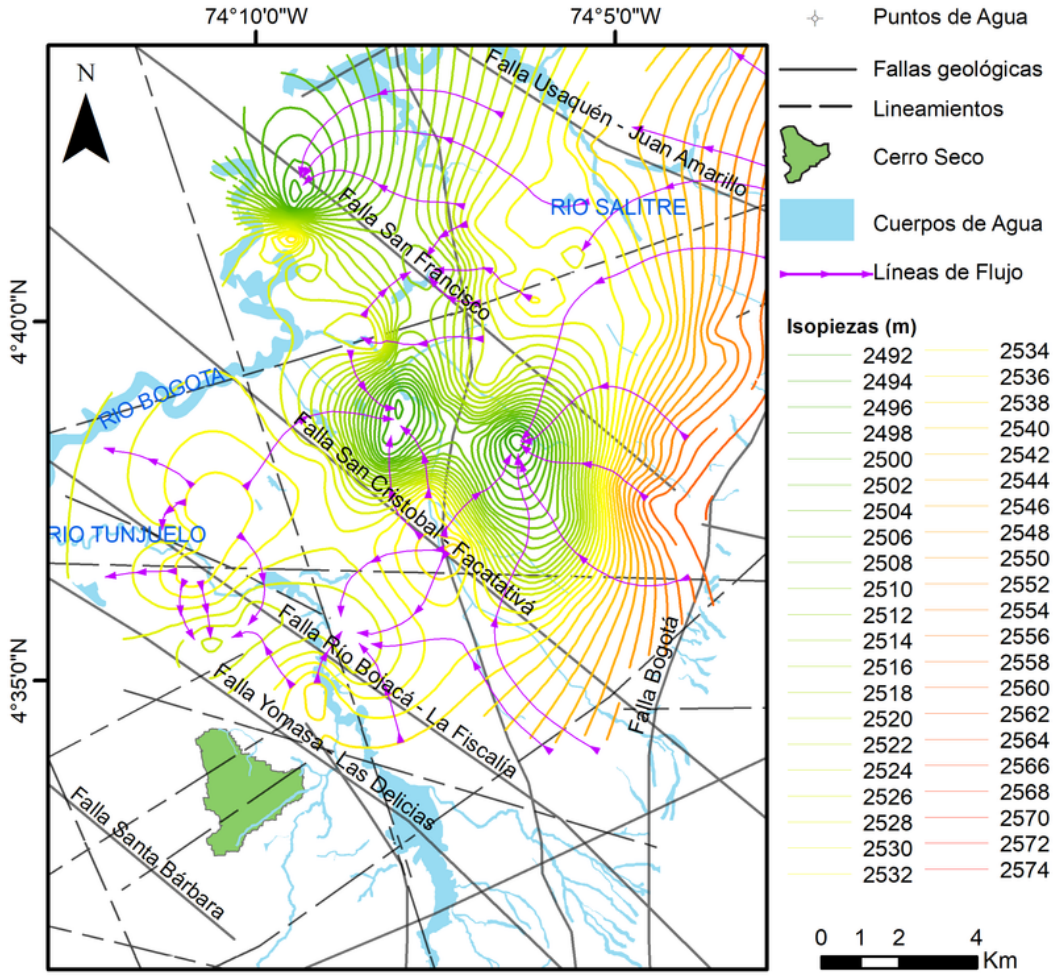

Fig. 5. Mapa que relaciona contornos promedio de agua subterránea (isopiezas) y discontinuidades estructurales. Elaboración: Carlos Sierra (Corporación Geoambiental Terrae) con datos de la SDA (15) y Ordoñez (16).

disrupción del ciclo hidrogeológico, **con lo cual se refuerza la necesidad de su conservación en el marco de los principios de precaución y prevención, y del carácter de protección nacional que la normativa vigente (Ley 99 de 1993, artículo 1) le da a las zonas de recarga de acuíferos.**

Los suelos en Cerro Seco tampoco han sido estudiados aún; su información cartográfica se presenta en estudios regionales (17), donde se identificaton asociación de inceptisoles y entisoles -suelos de poco desarrollo-, sin distribución explicita ni localizaciones de estudio dentro del área. Adicionalmente -en las diferentes referencias a sus suelos- se suele inferir a partir de estudios generales de otras zonas semi-áridas de la Sabana, en donde ocurren molisoles, alfisoles y entisoles (18–20), en ocasiones mal llamados -indiferenciadamente- "tierras malas" por la presencia de surcos de erosión. Sin embargo, en coherencia con la información disponible, se deben hacer algunas reivindicaciones sobre su rol geoecológico.

Es un hecho que los suelos son un factor de control primario en la partición de rutas de flujo hídrico (21), por ejemplo: permiten infiltración gradual, que evita inundaciones en zonas aledañas y, debido a las múltiples orientaciones de sus estructuras y formas, redistribuyen el agua: verticalmente hacia acuíferos y lateralmente hacia cuerpos de agua superficial, dando origen -y manteniendo- ecosistemas acuáticos. Dada su capacidad de retención de agua, la hace disponible para la vegetación, de forma mesurada, a través de las temporadas climáticas. **Estas funciones de los suelos no son excepción para Cerro Seco.**

En un ejercicio de campo realizado por la Corporación Geoambiental Terrae en 2019 se observaron evidencias de algunos de los servicios ecosistémicos ya mencionados: la ocurrencia de horizontes de suelo visiblemente diferenciados (Fig. 6) formados en condiciones semiáridas sobre cenizas volcánicas, indica que allí ocurren desde hace miles de años procesos de partición de flujos de agua que redistribuyen elementos químicos, vertical y horizontalmente, de forma distintiva en el ecosistema. Uno de esos elementos es el carbono, el cual aparece en recubrimientos sobre terrones subsuperficiales, como se ha visto en zonas similares de extensión reducida (22). La migración, concentración y fuerte estabilización de carbono hacia la profundidad ocurre allí en condiciones climáticas adversas a su acumulación, pero favorables para la migración conjunta con minerales muy particulares que solo se forman a partir de ceniza volcánica en clima semiárido (22). Estos suelos contribuyen así de forma especial a la captura de dióxido de carbono atmosférico y son un modelo particular de éste proceso. Puesto que el estudio e implicaciones ecológicas de este fenómeno son aún escasos (23), y **en vista del lento desarrollo de estos suelos (de miles de años) en una situación geoambiental -de sustrato volcánico, montañoso, bajo vegetación subxerofítica- particular en Colombia, es nuestra responsabilidad preservarlos.**

los suelos son un factor de control primario en la partición de rutas de flujo hídrico: permiten infiltración gradual, que evita inundaciones en zonas aledañas y, debido a las múltiples orientaciones de sus estructuras y formas, redistribuyen el agua: verticalmente hacia acuíferos y lateralmente hacia cuerpos de agua superficial, dando origen y manteniendo ecosistemas acuáticos.

La relación de los suelos y geoformas con el mantenimiento ecosistémico se refleja también en la distribución de especies en condiciones específicas. Por ejemplo, sobre las cimas de las geoformas , entre 2750 y 2960 m.s.n.m, a pesar de su exposición al estrés mecánico, generado por constantes vientos

secos y la presencia de suelos poco desarrollados -formados sobre material arenoso- se encuentran varias especies herbáceas natívas, como Euphorbia orbiculatum, Evolvulus bogotensis, Bidens triplinervia, Stenandrium dulce y Echeandia flavescens, entre otras (7). Estos herbazales conforman el hábitat específico - irreemplazable por pastos introducidos- de la alondra cornuda Eremophila alpestris peregrina P.L. Sclater, 1855, categorizada en peligro de extinción, sin embargo, con una población bien conocida en Cerro Seco (7).

La subxerofitia andina es uno de los ecosistemas terrestres con mayor taza de erosión severa de Colombia, por lo que se hace indispensable el estudio de diferentes estrategias de mitigación ante el preocupante panorama. Empero, como se mencionó brevemente, los hábitats específicos en Cerro Seco existen gracias a cierta estabilidad de condiciones ambientales, en este caso, por la autorregulación de procesos erosivos mediante el desarrollo de costras biológicas del suelo CBS), que estabilizan la superficie (24,25), contribuyen a los ciclos de agua, carbono y nitrógeno (26) y mejoran la infiltración al reducir la evaporación en zonas con radiaciones altas (27).

En experimentos de laboratorio (28) y campo (29) en otros países se ha demostrado que las plantas vasculares pueden usar nitrógeno atmosférico fijado por las CBS y que las hojas de plantas que crecen en zonas con CBS bien desarrolladas presentan mayor contenido de nutrientes, aportando energía al ciclo ecológico del ecosistema en distintas escalas. Para Cerro Seco se han observado CBS con predominio de líquenes, que representan un estado maduro de la sucesión de encostramiento (Fig. 7) y suelen ser particularmente eficientes en la estabilización del suelo (30), la creación de nuevo suelo y el aporte de carbono y nitrógeno en este tipo de ecosistema (31). Cerro Seco se proyecta de esta manera como un laboratorio natural para estudiar y proteger zonas con CBS, con potencial de restauración de la vegetación subxerofítica y sus implicaciones socio-ecológicas.

hábitats específicos en Cerro Seco existen gracias a cierta estabilidad de condiciones ambientales, en este caso, por la autorregulación de procesos erosivos mediante el desarrollo de costras biológicas del suelo que estabilizan la superficie, contribuyen a los ciclos de agua, carbono y nitrógeno y mejoran la infiltración al reducir la evaporación en zonas con radiaciones altas.

Fig. 6 Dos perfiles de suelos con desarrollo de horizontes y afectación por erosión muy distinta. En los horizontes oscuros de la foto inferior se ha acumulado materia orgánica. Fotografía: Jeremy León.

Los ejemplos anteriores ilustran como diferentes aspectos superficiales y sub-superficiales de los suelos en Cerro Seco tienen implicaciones ecológicas locales y en zonas aledañas sobre el agua, la atmósfera y la biota. Estos aspectos se deben en parte a las cenizas volcánicos sobre los que se originaron, al largo tiempo que han necesitado para estabilizarse, al relieve que controla los flujos hídricos y/o a la posición geográfica que determina su clima. De estos factores, sólo el último permanecería -aunque parcialmente- después de que las intervenciones por la minería y/o la construcción, proyectadas para el área (32), modifiquen la localización, estructura, morfología, biología y composición de los suelos. ¿Qué significa esto?: que las propuestas de restauración de suelos intervenidos no son viables y la pérdida de los servicios asociados sería inminente.

En lo anterior se presentaron argumentos relacionados a suelos, geología, agua y biota, que apoyan las demandas de la población local por preservar la calidad ambiental de Cerro Seco, cuya protección y uso para el beneficio socio-ecológico no tiene sentido en los retazos dejados por minería y construcción, sino en toda el área, con extensión propuesta de ca. 360 ha (7).

Cerro Seco se proyecta como un laboratorio natural para estudiar y proteger zonas con costra biológica del suelo, con potencial de restauración de la vegetación subxerofítica y sus implicaciones socio-ecológicas.

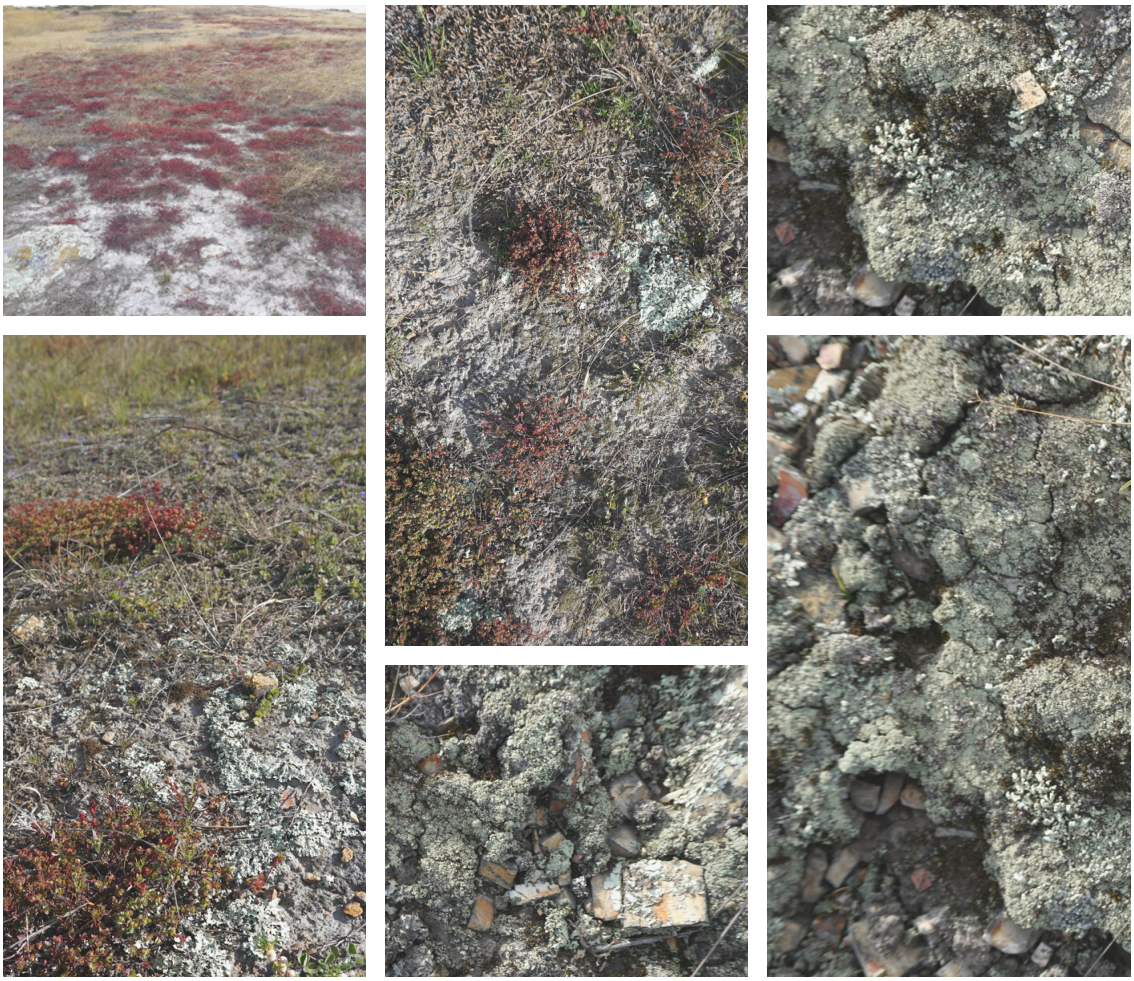

Fig. 7 Costra biológica rugosa con predominio de líquenes, de formas crustosas y foliosas. La disposición en parches maximiza la captura y distribución de recursos en el ecosistema.

Referencias

1. Andrade, G. I., Remolina, F. & Wiesner, D. Assembling the pieces: A framework for the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. Urban Ecosyst. 16, 723–739 (2013).

2. van der Hammen, T. & Andrade, G. I. Estructura Ecológica Principal de Colombia. Primera aproximación. (IDEAM, Ministero de Ambiende, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

3. Calvachi Zambrano, B. Los ecosistemas semisecos del altiplano cundiboyacense, bioma azonal singular de Colombia, en gran riesgo de desaparición. Rev. Mutis 2, 112–145 (2012).

4. Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M. & Romero, M. Ecosistemas de los Andes colombianos. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt (2006).

5. Beltrán, E. L. Evaluación de la viabilidad para la declaratoria de un área protegida en el sector de arborizadora alta - ciudad bolivar: Documento técnico de soporte. (2013).

6. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. http://sirh.ideam.gov.co/Sirh/faces/oferta/detalle_estacion.jspx. Sistema de Información del Recurso Hídrico – Datos estaciones pluviograficas Quiba (2120205), Casablanca (2120197) 1990-2010 (2020).

7. Pinto Zárate, J. H., León, J. A., Cortés Pardo, M. D. & Ojeda Rodríguez, A. E. Consideraciones ambientales y de conservación del enclave subxerofítico de Cerro Seco (Distrito Capital, Colombia). Documento de trabajo. 18 (2020).

8. Montoya Arenas, D. M. & Reyes Torres, G. A. Geología de la Sabana de Bogotá. (INGEOMINAS, 2005). doi:10.1043/0003-9985(2001)125<1579:CGAWLG>2.0.CO;2.

9. van der Hammen, T. Plioceno y cuaternario del altiplano de Bogotá y alrededores. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995).

10. Velandia Patiño, F. A. & De Bermoudes, O. Fallas longitudinales y transversales en la Sabana de Bogotá, Colombia. Boletín Geol. 24, 37–48 (2002).

11. IDEAM & MAVDT. Estudio criterios técnicos para la evaluación ambiental, social y territorial de la Sabana de Bogotá y proponer la redefinición de zonas ambientalmente compatibles con la actividad minera. Caracterización Escala 1:100.000. (2010).

12. Angel Amaya, J., Fierro Morales, J., Ordoñez Potes, M. & Blanco, M. NW transverse fault system in Southern Bogota, Colombia: New seismologic and structural evidences derived from focal mechanisms and stress field determination. in AGU Fall Meeting Abstracts vol. 2012 T13D-2653 (2012).

13. Fierro Morales, J. & Angel Amaya, J. Tectónica activa y sismicidad en la Sabana de Bogotá (Colombia-Suramérica). Memorias XIII Congr. Latinoam. Geol. 6 (2008).

14. Servicio Geológico Colombiano. Modelo Hidrogeológico Conceptual de la Sabana de Bogotá. http://srvags.sgc.gov.co/Jsviewer/Modelo_Hidrogeologico_Conceptual_Sabana_Bogota/ (2002).

15. Veloza Franco, J. A. Sistema de modelamiento hidrogeológico del distrito capital. 234 (2012).

16. Ordoñez, M. C. Influencia de las fallas transversales en el comportamiento de ondas sísmicas en el sur de la Sabana de Bogotá. (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

17. Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC. Mapas de Suelos del Territorio Colombiano a escala 1:100.000. Departamento: Cundinamarca. Datos Abiertos https://www.datos.gov.co/dataset/Mapas-de-Suelos-del-Territorio Colombiano-a-escala/67h2-ec8g (2019).

18. van der Hammen, T. Plan Ambiental de la Cuenca Alta del Río Bogotá: Análisis y Orientaciones para el Ordenamiento Territorial. http://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/33796/28263.pdf?sequence=1&isAllowed=y (1998).

19. van der Hammen, T. et al. Aspectos geoambientales de la Sabana de Bogotá. (Ingeominas, 2003).

20. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Estudio general y detallado de suelos de los municipios de Cota, Funza, Mosquera y parte de Madrid (Departamento de Cundinamarca). (1977).ynamics. 150, 263–279 (2001).

21. van Tol, J. Understanding groundwater/surface-water interactions through hydropedological interpretation of soil distribution patterns. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 1–18 (2016) doi:10.5194/hess-2016-640.

22. Faivre, P. L ' horizon sombrique : une ebauche d ' horizon organo-argilique. Exemple des sols de la région intrandine de Colombie (Amérique du sud). Pedologie 40, 273–297 (1990).

23. de Almeida, J. A., Neto, A. L. & Vidal-Torrado, P. Sombric horizon: Five decades without evolution. Sci. Agric. 72, 87–95 (2015).

24. Eldridge, D. J. & Greene, R. S. B. Assessment of sediment yield by splash erosion on a semi-arid soil with varying cryptogam cover. Journal of Arid Environments vol. 26 221–232 (1994).

25. Eldridge, D. J. Trampling of microphytic crusts on calcareous soils, and its impact on erosion under rain-impacted flow. Catena 33, 221–239 (1998).

26. Maestre, F. T. et al. Ecology and functional roles of biological soil crusts in semi-arid ecosystems of Spain. J. Arid Environ. 75, 1282–1291 (2011).

27. Belnap, J. The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. Hydrol. Process. 20, 3159–3178 (2006).

28. Mayland, H. F. & McIntosh, T. H. Availability of biologically fixed atmospheric Nitrogen-15 to higher plants. Nature 209, 421–422 (1966).

29. Evans, R. D. & Johansen, J. R. Microbiotic Crusts and Ecosystem Processes. Critical Reviews in Plant Sciences vol. 18 (1999).

30. Pietrasiak, N. et al. Biological soil crust community types differ in key ecological functions. Soil Biol. Biochem. 65, 168–171 (2013).

31. Evans, R. D. & Lange, O. L. Biological Soil Crusts and Ecosystem Nitrogen and Carbon Dynamics. 150, 263–279 (2001).

32. Secretaría Distrital de Planeación. Planes parciales de desarrollo: Ciudad Bolivar 75 Azoteas (en proceso de determinantes). http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/planes-parciales-de-desarrollo/planes/ciudad-bolivar-75-azoteas (2018).