

**Restauración ecológica con plantas nativas en la RNSC Umbral Cultural Horizontes
de la Fundación Cerros de Bogotá**

Anyi Daniela Macías González

Pasantía general

Tutor

Juan Manuel Roberto Posada Hostettler
Samuel Serna Wills

Universidad del Rosario
Facultad de Ciencias Naturales
Programa de Biología
Bogotá D.C
2023



La fundación cerros de Bogotá es una entidad sin ánimo de lucro liderada por la comunidad ciudadana que se encarga de promover y cuidar los Cerros Orientales. La extensión de este predio, mejor conocido como Reserva Cultural Umbral Horizontes es de aproximadamente tres hectáreas y se encuentra ubicada en la localidad de Chapinero, limitando con la zona oriente de la entrada al páramo de las Moyas, el cual se mantiene a una mayor altitud y con la zona sur de las quebradas Rosales y la Vieja a una elevación de aproximadamente 2,850 m.s.n.m. (Tafur, 2021). Se fundó en 2009 con el propósito de restaurar y conservar la flora y fauna perteneciente a los Cerros Orientales y para que los ciudadanos puedan aprovecharlo desde una visión de concientización y protección de la naturaleza (Fundación Cerros de Bogotá, 2013). De igual manera, durante estos años se ha creado un corredor para el uso público, en donde se incentiva a la ciudadanía a participar en procesos sociales y ecológicos enfocados en la recuperación y restauración de los cerros de Bogotá (Fundación Cerros de Bogotá, 2013). Los ecosistemas que pertenecen a esta reserva se identifican como Bosque Bajo Denso (BBD) Alto Andino en donde predomina la vegetación de carácter arbustivo en la zona baja de la reserva y la vegetación herbácea y arbórea predomina en la zona de mayor altitud (Rojas, 2017).

Dado que se están realizando constantemente trabajos en pro de recuperar los Cerros Orientales, aún no se cuenta con el suficiente apoyo y recursos para efectuarlos. Esto se debe a que, en su mayoría los proyectos son apoyados a través de donaciones o por voluntarios,

quienes pueden ser la misma comunidad del sector de la localidad de Chapinero, que tienen mayor cercanía al cerro, o empresas que deciden contribuir en la labor y protección del medio ambiente. Por lo tanto, dentro de las funciones asignadas en la pasantía se pretendió apoyar aquellos proyectos dirigidos al área de conservación y restauración ecológica, al igual que, colaborar en la monitorización de las especies de flora y fauna presentes dentro de la reserva. Adicionalmente, se presentó ante la fundación un proyecto destinado al área y estudio de microbiología en donde se identificó la presencia de la bacteria *Clostridioides difficile* en el compostaje elaborado por la empresa Newergy que se encarga de la gestión de residuos y materiales orgánicos para contribuir en el cuidado del medio ambiente (Newergy, 2020).

Objetivos

Objetivo general:

- Restaurar con plantas nativas de los Cerros Orientales las zonas con deterioro de la Reserva Cultural Umbral Horizonte.

Objetivos específicos:

- Recolectar plantas nativas de los Cerros Orientales para cultivar dentro del vivero.
- Erradicar las especies exóticas (*Eucalyptus globulus*) y exóticas-invasoras (*Acacia melanoxylon*, *Acacia decurrens* y *Ulex europaeus*) presentes en la reserva.
- Realizar siembras periódicas dentro de la Reserva Cultural Umbral Horizontes.

Planteamiento problema

Dado que los Cerros Orientales se han visto expuestos a disturbios antropogénicos y específicamente en la reserva donde se realizó minería para la extracción de materiales de cantera y arcilla, la fauna y flora ha presentado disminución y deterioro en sus especies (Ramírez, 2020). Aquellas que subsistieron tuvieron que migrar a sitios seguros o adaptarse a las nuevas condiciones (Cueto & Marin, 2017). Por otra parte, el desplazamiento forzado y el incremento de la urbanización ha conllevado a una invasión en el cerro lo cual impactó la composición del bosque alto andino, creando hoy en día zonas donde predomina el sotobosque, un ecosistema con una densidad menor y característico por presencia de matorrales (Meza, 2008). De igual modo, la reforestación con especies de flora no nativas, en donde especies como los cedros (*Cedrela montana*), Arrayán negro (*Myrcianthes rhopaloides*), encenillos (*Weinmannia tomentosa*), tunos (*Axinaea macrophylla*), fueron reemplazados por eucaliptos y acacias (Rojas, 2017), y la falta de conocimiento de la ecología y ecosistema del cerro han generado una afectación ambiental en la reserva.

Por lo anterior, la sociedad civil junto con la fundación cerros de Bogotá han trabajado conjuntamente para crear un plan de restauración en un área aproximada de 1,0 ha en donde prevalecen plantaciones de Eucalipto y Acacias las cuales se han venido removiendo del ecosistema para ser reemplazados por especies características del cerro. Es por esto, que dentro de las actividades que se asignaron dentro de la pasantía se pretende continuar con la

restauración de las zonas que están afectadas por las especies exóticas mencionadas anteriormente, tal como es el caso del Eucalipto, puesto que en las áreas donde predomina esta especie, la flora y fauna es limitada (CAR, 2011). Además, con la ayuda de siembras colectivas y recolección de plántulas nativas se puede reestablecer el ecosistema del cerro, con el fin de recuperar su funcionalidad, aumentar la diversidad de especies y finalmente, recrear en la medida de lo posible, la estructura previa del cerro por medio de un proceso sucesional que emule el estado natural.

Resultados

Ahora bien, de acuerdo con el propósito de la pasantía se apoyó con la gestión del vivero perteneciente a la Reserva Cultural Umbral Horizontes en donde se cultivaron plántulas y esquejes nativos de los Cerros Orientales con el fin de restaurar las zonas afectadas. En el inventario realizado se censaron, durante cinco meses (enero 2023 – junio 2023), 80 especies diferentes dentro del vivero, en el cual predominaron con la mayor cantidad de individuos las plantas tales como, Mano de Oso (*Oreopanax incisus.*), Arboloco (*Smallanthus pyramidalis*), Raque (*Vallea stipularis*), Arrayán Blanco (*Myrcianthes leucoxylla*), familia de Piperaceae (*Peperomia microphylla*, *Peperomia tequendama*) y Ojo de perdiz (*Frangula goudotiana*). La identificación de las especies se realizó a partir de caracteres tales como la morfología de la planta y tipo de hábito, para posteriormente clasificarlas por grupos dentro del vivero, incluyendo aquellas plántulas que recién se

recolectaban para su próxima siembra. Seguido de esto, se procedió a sacar el índice de diversidad de Shannon- Wiener con el fin de estimar la diversidad de especies dentro del vivero. En este caso, se obtuvo un índice de 3.63, lo cual indica que existe una alta diversidad de especies. Por otro lado, se priorizaron las especies nativas, en caso de que en la misma bolsa de siembra se encontrara más de una especie, con el propósito de que la recuperación de la flora en la reserva se generara a través de especies propias de la zona y no de plantas que no se pudieran adaptar al ecosistema de los Cerros Orientales o que pudieran desplazar a la biodiversidad local. A continuación, se muestran las especies que fueron priorizadas, las cuales son de interés para aumentar la abundancia y riqueza de especies en el proceso de restauración.

Tabla 1. Priorización de especies dentro del vivero

Familia	Especie	Hábito
Asteraceae	<i>Baccharis bogotensis</i>	Arbusto
	<i>Baccharis latifolia</i>	Arbusto
	<i>Chromolaena bullata</i>	Hierba
	<i>Linochilus rosmarinifolius</i>	Arbusto / Árbol
	<i>Mutisia clematis</i>	Bejuco
	<i>Montanoa ovalifolia</i>	Arbusto
	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Árbol
	<i>Verbesina arborea</i>	Árbol
	<i>Verbesina baccharidea</i>	Hierba / Arbusto
Asphodelaceae	<i>Excremis coarctata</i>	Hierba
Ericaceae	<i>Cavendishia sp.</i>	Arbusto
	<i>Gaultheria erecta</i>	Hierba / Arbusto
	<i>Gaultheria sp.</i>	Hierba / Arbusto
	<i>Gaylussacia buxifolia</i>	Hierba / Arbusto
	<i>Pernetia prostrata</i>	Hierba / Arbusto
Piperaceae	<i>Piper arthante</i>	Arbusto / Árbol
	<i>Piper barbatum</i>	Arbusto / Árbol
	<i>Peperomia microphylla</i>	Hierba
	<i>Peperomia tequendama</i>	Hierba
Rhamnaceae	<i>Frangula goudotiana</i>	Arbusto / Árbol
Salicaceae	<i>Abatia parviflora</i>	Árbol

En la recolección periódica de las plántulas predominaron las especies pertenecientes a la familia Asteraceae (figura 1) en donde se encuentran especies tales como: Romero de Páramo (*Linochilus rosmarinifolius*), *Verbesina baccharidea*, Ciro (*Baccharis bogotensis*), Chilco (*Baccharis latifolia*), Carrasposo (*Chromolaena bullata*), Árboloco (*Smallanthus pyramidalis*), Bejuco Clavelino (*Mutisia clematis*), todas endémicas de los Cerros Orientales de Colombia. Es de vital importancia encontrar plántulas y esquejes nativos dentro de la reserva ya que, es un indicativo de que en los cerros se está restaurando la biodiversidad. Además, al no conseguirse muchas de estas especies nativas dentro de viveros comerciales, la Fundación Cerros de Bogotá trabaja en pro para crear alianzas y/o apoyar proyectos en los cuales se creen viveros comunitarios de especies nativas de los Cerros Orientales con ayuda de las plántulas que se extraen dentro de la reserva.

Ahora bien, como se mencionó anteriormente el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es una especie que inhibe el proceso de germinación y desarrollo de otros individuos (Rojas, 2017). Sin embargo, algunas plantas han logrado adaptarse como lo son *Bidens rubifolia*, *Ageratina gracilis*, *Echeveria bicolor*, *Palicourea lineariflora*, entre otras, de las cuales se toman plántulas y esquejes para cultivar en el vivero, y poder llevar un registro del crecimiento y desarrollo de la planta antes de sembrarla.

Con respecto a la familia Piperaceae, es la segunda con mayor predominancia dentro del vivero (figura 1) debido a que, la Fundación Cerros de Bogotá tiene como objetivo

recuperar la diversidad de murciélagos que se encontraban en los cerros antes de la intervención humana. Según estudios de Montoya et al., (2016) existen interacciones entre murciélagos frugívoros con plantas del género Piper (*Piper barbatum* y *Piper arthante*) por lo cual su cultivo y siembra es de gran importancia.

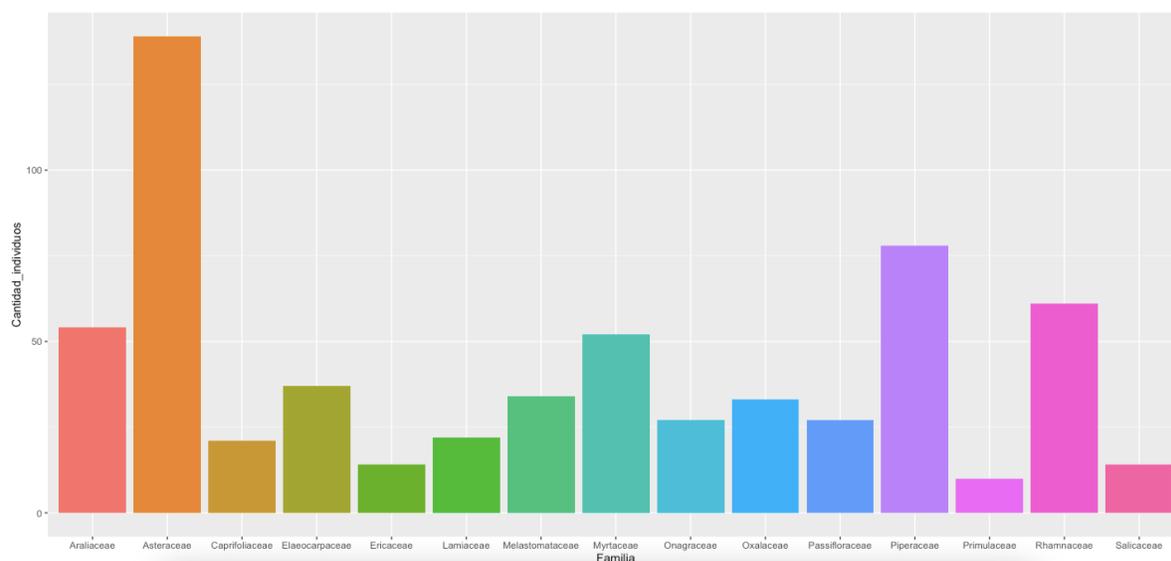


Figura 1. Cantidad de individuos priorizados por familia de plantas

Por otra parte, se efectuó constantemente remoción de plantas invasoras y exóticas en diferentes zonas de la reserva. Inicialmente, se identificó las especies y el área donde se encontraban para continuar con el proceso. El retamo espinoso (*Ulex europaeus*), en su mayoría se encuentra en la zona superior de la reserva, cerca de la antena, siendo el punto de referencia para delimitar la reserva. El control se realizó a través de remoción manual con un machete para asegurar que las semillas no se dispersaran y la propagación de la especie continúe. Cabe resaltar que, al realizar este tipo de remoción, se pretendía disminuir la

competencia entre diferentes especies de flora que habitan la zona de invasión. Adicionalmente, no se implementó el método de quema del retamo espinoso puesto que es una planta que genera compuestos químicos de carácter inflamable en sus hojas los cual ocasiona resistencia al fuego y por ende es difícil de erradicar (Ocampo & Solorza, 2017). Además, la generación de fuego contribuye a que sus semillas se dispersen con mayor facilidad y pueda establecerse en más lugares (Rojas, 2020). Se observó que en aquellas zonas que quedaban al descubierto después de la remoción, aumentó la propagación del Helecho Marranero (*Pteridium arachnoideum*). En cuanto al Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y la Acacia (*Acacia melanoxylon* y *Acacia decurrens*) se propuso realizar una intervención de los individuos que contaran con riesgo de caída y presencia de fitopatógenos. Para esto, se efectuó nuevamente remoción manual solamente de aquellas especies que tuvieran un diámetro del tronco no mayor a 10 cm con el fin de limitar y disminuir su propagación. Para los árboles de Eucalipto y Acacia que se caracterizaran por tener como factor de riesgo la caída del individuo y una altura mayor a 20 metros, se talaban teniendo en cuenta que previamente debía ser autorizado por la CAR. Este factor aumentaba conforme llegaba la temporada de lluvia pues, el suelo se volvía más inestable. Las áreas donde predominan estas dos especies limitan la presencia y reproducción de flora nativa puesto que, afectan la estabilidad del suelo, además que, los árboles con un alto diámetro en su copa, disminuye la incidencia de luz solar (Tafur, 2021).

En línea con las actividades propuestas durante la pasantía, se efectuó un monitoreo de flora y fauna a lo largo de toda la reserva, en donde se delimitaron 7 parcelas de 100m². Lo anterior con el propósito de establecer si la perturbación hacia la fauna silvestre por causa de las constantes obras y maquinaria pesada que se utiliza para la construcción dentro del límite de la reserva con la zona urbana de la localidad de Chapinero ha afectado la abundancia y riqueza de especies.

Cada semana se hacía un seguimiento, búsqueda y registro del tipo de fauna presente en la reserva. En cuanto a los censos los cuales tuvieron una duración aproximada de cinco meses se evidenciaron reptiles, aves y mamíferos de los cuales se lograron identificar hasta el orden taxonómico de especies los siguientes individuos: Pava Andina (*Penelope montagnii*), Lechucita Neotropical (*Megascops choliba*), Colibri Verdemar (*Colibri thalassinus*). En cuanto a los reptiles se identificaron tres especies, Abaniquillo Colombiano (*Anolis Auratus*), Lisa Rayada (*Riama striata*) y Camaleón Andino (*Anolis heterodermus*). La ardilla colorada (*Sciurus granatensis*) es una especie que predomina en la reserva. Se ha adaptado exitosamente, pues utiliza como fuente de alimento las semillas de Eucalipto. Cabe mencionar que existen otros mamíferos que habitan los Cerros Orientales ya que, gracias a un proyecto externo realizado por la secretaria de medio ambiente se identificaron a través de cámaras trampas el Zorro Perro (*Cerdocyon thous*) y Cusumbo Andino (*Nasuella olivacea*). De igual manera, se colaboró en la implementación de una huerta que permitiera

a los diferentes actores, en especial las abejas o abejorros efectuar el proceso de polinización, el cual es indispensable para la reproducción de las plantas, además de proporcionar alimentos a los seres vivos (Prado et al., 2018). De igual manera, en el invernadero se dispusieron semillas de plantas aromáticas con el fin de sembrarlas en la huerta para la comunidad aledaña.

Por otro lado, en la reserva se ha optado por implementar una iniciativa creada por Guillermo Silva, conocida como las pacas biodigestoras (Valencia, 2022), en la cual se pretende crear en primera instancia consciencia acerca de la buena disposición de residuos para que no se creen lixiviados y contaminación de fuentes hídricas. Es un proceso anaerobio en donde se dispone aproximadamente un 50% de compuestos orgánicos y el 50% restante de biomasa con el fin de aprovechar los residuos orgánicos (Ossa et al., 2020). Por lo tanto, dentro de la reserva se implementaba esta técnica y se recolectaba todo tipo de material orgánico, incluyendo constantemente la hojarasca de Eucalipto, con el fin de evitar riesgo de caída en los visitantes que llegan a la reserva, acidez en el suelo, cambio en la composición e inhibición en el crecimiento de otras especies (Alcaraz, 2016).

Finalmente, se efectuó un proyecto de educación ambiental el cual se transmitió a través de las redes sociales en forma de contenido audiovisual donde se plasmó por medio de dos personajes animados, la importancia de cuidar los cerros orientales y a su vez de generar un impacto y concientización en la comunidad acerca de la flora y fauna perteneciente a la

reserva y sus alrededores. Se mostraron los principales factores de riesgo a los cuales se enfrenta la reserva, como lo son la dispersión de plantas invasoras y exóticas, la erosión y deterioro del suelo, y cuáles son las iniciativas que se realizan dentro de la fundación para mejorar y conservar el predio.

En paralelo a las actividades que se realizaron durante la pasantía, se trabajó y lideró un proyecto en el cual se pretendía identificar la presencia de la bacteria *Clostridioides difficile* en el compost a base de café que se encuentra dentro de la reserva y que sirve como abono para las plantas que son sembradas dentro del predio. El motivo por el cual se escogió esta bacteria en particular se debe a que, es considerada como la mayor causante de infecciones intrahospitalaria a nivel mundial (Muñoz et al., 2018). De igual manera, según estudios de Nirajmohan et al., (2020) se ha evidenciado que se encuentra en materia orgánica como el compostaje en forma de esporas las cuales pueden adquirirse a través de la ingesta de alimentos intoxicados o por medio del contacto con las esporas vía oral o fecal al ingerirlas, o en su defecto se diseminan en el medio ambiente (Nirajmohan et al., 2020). Estas esporas tienen la capacidad de sobrevivir a temperaturas extremas, desinfectantes químicos y en presencia de oxígeno y luz ultravioleta (Lawley et al., 2009) por lo que, pueden permanecer en el compostaje una vez se realizan los tratamientos para eliminar bacterias.

Para fines de este estudio se tomaron muestras de compostaje de café dispuestos para la siembra de plantas en la reserva. Se recolectaron cinco muestras de la zona superficial de

la compostera y tres de la zona media, teniendo precaución de tomar solo el material orgánico que es el indicado para realizar la extracción de ADN.

Se utilizó el kit NucleoSpin Soil de Macherey-Nagel con el fin de realizar la extracción de ADN. Este kit está diseñado para aislar el ADN de gran peso molecular de bacterias del tipo gram positivas como es el caso de *C. difficile*, gram negativas, hongos, entre otro tipo de microorganismos que se encuentren en muestras de suelo (Chardon et al., 2020). De acuerdo con las indicaciones del fabricante se prepararon ocho muestras cada una con un peso de 330 mg junto con el buffer de lisis. Durante el proceso se precipitaron los contaminantes, se utilizaron buffers de lavado para mantener la membrana y finalmente se eluyó el ADN. Para verificar la pureza y la cantidad de ADN se realizó una electroforesis en gel de agarosa en donde se alojó cada muestra de material extraído.

Inicialmente, se seleccionaron los primers de *C. difficile* a partir del estudio realizado por (Muñoz et al., 2010) en donde se evaluó las características operativas de los primers de detección. Una vez identificados los primers, se buscó a través de Genbank las secuencias que tuvieran el gen de interés (16S) y además comprobar que las secuencias tuvieran la región de interés. Esto se logró con ayuda del software Ugene después de alineadas las secuencias y recortadas. Ahora bien, para la amplificación del ADN se empleó una PCR convencional en la cual se utilizaron controles positivos de *C. difficile* y como control negativo agua. Para la detección del gen se empleó una electroforesis al 3% con un agente intercalante de ADN

que permitió observar los productos amplificados y las muestras se purificaron. Una vez finalizado este procedimiento, se mandaron a secuenciar a Corea las muestras obtenidas y se encuentran actualmente en espera la llegada de los resultados.

Conclusiones

El poder realizar la pasantía en una reserva natural protegida por la sociedad civil ha sido un espacio enriquecedor en el cual pude contribuir y aportar en la restauración y recuperación de los Cerros Orientales los cuales no solo proporcionan fuentes hídricas a la ciudad y lugares aledaños, sino que también son un ecosistema que alberga una gran diversidad de flora y fauna. De igual manera, apoyar en la gestión y manejo del plan de conservación y restauración en los ecosistemas del bosque alto andino y subpáramo que han sido afectados por la intervención humana me ha permitido tomar mayor consciencia y crear espacios de educación ambiental en donde se divulgue acerca del cuidado y respeto que se debe tener hacia los ecosistemas. Además, es fundamental poder afianzar los conocimientos adquiridos durante la pasantía para implementar las herramientas necesarias en planes de restauración y con ello seguir trabajando en esta área de la biología. Aún quedan muchos retos y proyectos por implementar dentro de la reserva, pero junto con la comunidad y voluntarios, se sigue creando un mejor espacio tanto para la ciudadanía como para la conservación y restauración de los procesos ecológicos. Por otro lado, se logró tomar muestras de suelo, en específico del compost a base de café para extraer su ADN y realizar

la prueba de PCR. Con respecto a la implementación del compostaje a base de materia orgánica y las pacas biodigestoras se corroboró que son técnicas que dispone de una manera efectiva los residuos y a su vez funciona como abono para las siembras que se realizan dentro de la reserva.

Ahora bien, durante la pasantía se presentaron cierto tipo de limitaciones en cuanto al tiempo que se destinaba para realizar las actividades propuestas en el plan de restauración ya que, por temas de seguridad, el ingreso y la estadía dentro de la reserva podía realizarse únicamente en horas de la mañana hasta el mediodía. Esto afectaba la culminación en tiempos específicos de las actividades propuestas. De igual manera, este factor también jugó un papel importante dentro del proyecto de compostaje ya que, al tener que enviar las muestras para secuenciar hacia Corea, no se pudieron obtener los resultados dentro del rango de tiempo estipulado. En este caso, queda para trabajos futuros determinar si en las muestras extraídas del compostaje se encontraba *C. difficile* y diversos tipos de microorganismos que pueden llegar a ser beneficiosos para el suelo, el humano y por ende tratar de cultivarlos para optimizar el compostaje. De igual modo, con este análisis se podrá diseñar un plan de manejo y prevención en la manipulación del compostaje destinado para el abono en la siembra de las plantas en dado caso que se encuentren organismos capaces de afectar la salud del ser humano, es decir, todo aquel que manipule directa o indirectamente el compostaje. Dado que los recursos que posee la fundación provienen en su mayoría de donaciones bien sea de

voluntarios o empresas, no se cuenta con la disponibilidad de equipos de biología molecular y celular que permitan desarrollar una investigación enfocada al campo de la microbiología específicamente en el área de suelos. Por tal motivo, la formulación de proyectos dirigidos a este enfoque se ve un poco limitada y por ende el estudio de hongos y bacterias que sean beneficiosos para enriquecer los nutrientes del suelo o el abono utilizado para la siembra en la reserva se puede lograr y culminar con éxito por medio de recursos externos a la entidad los cuales tienen un costo alto.

Referencias

- Alcaraz, M. L. (2016). Liberación/mineralización de nitrógeno y fósforo en hojarasca de *Eucalyptus grandis* y leguminosas herbáceas en distintos suelos: relación con la calidad física y química del residuo, y efecto sobre el crecimiento de plantas jóvenes de eucalipto.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/51559>
- Chardon, C., Jacas, L., & Domaizon, I. (2020). Extracellular DNA extraction from sediment using phosphate buffer and NucleoSpin® Soil kit (MACHEREY NAGEL).
- Cueto, E & Marín, K. (2017). Impacto de la degradación en los cerros orientales, por medio del análisis de los conflictos en torno a la regulación hídrica.
- Fundación Cerros de Bogotá. (2016). Plan de Manejo Ambiental para la Reserva Natural de la Sociedad Civil Umbral Cultural Horizontes.

- Fundación Cerros de Bogotá. (2021). Plan de restauración ecológica en reserva natural de la sociedad civil “umbral cultural horizontes”.
- Meza, C. (2008). Urbanización, conservación y ruralidad en los Cerros Orientales de Bogotá. *Revista colombiana de antropología*, 44(2), 439-480.
- Montoya, S., Rojas, V., Torres, A. (2016). Interacciones entre murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) y *Piper tuberculatum* (Piperaceae) en un bosque seco tropical en Valle del Cauca, Colombia. 64(2), 701-701. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.20689>.
- Muñoz, M., Ríos-Chaparro, D., Herrera, G., Soto-De Leon, S., Birchenall, C., Pinilla, D., Ramírez, J. (2018). New Insights into *Clostridium difficile* (CD) Infection in Latin America: Novel Description of Toxigenic Profiles of Diarrhea-Associated to CD in Bogotá, Colombia. *Frontiers in Microbiology*, 9. doi:10.3389/fmicb.2018.00074.
- Newergy. (2020). Manejo de residuos sólidos en Colombia - Economía circular. <https://newergy.com.co/>
- Ocampo, K., Solorza, J. (2017). Banco de semillas de retamo espinoso *Ulex europaeus* L. en bordes del matorral invasor en un ecosistema zonal de bosque altoandino, Colombia. *Biota Colombiana*, 18, 89–98. <https://www.redalyc.org/journal/491/49151841002/html/>.

- Ossa-Carrasquilla, L. C., Correa-Ochoa, M. A., & Múnera-Porras, L. M. (2020). La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. *Producción+ Limpia*, 15(2), 71-91.
- Prado, M., García, D., Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90.
- Ramirez, F. (2020). Uso de bioingeniería en suelos que han sido afectados por procesos erosivos en canteras en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá en el sector de Usaqué.
- Rojas, S. (2017). Estructura y composición florística de la vegetación en proceso de restauración en los Cerros Orientales de Bogotá (Colombia). 39(1), 124–124. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.60084>.
- Rojas, D. (2020). Estudio de las características del Retamo espinoso (ULEX EUROPAEUS) localizado en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá para su aprovechamiento como medida de minimización del impacto ambiental causado por su presencia.
- Tafur, J. (2021). Evaluación y mapeo de los servicios ecosistémicos derivados del componente forestal en la reserva natural de la sociedad civil “Umbral Cultural Horizontes”.

- Valencia, S. (2022, November 17). Pacas biodigestoras: Una solución para aprovechar los residuos orgánicos. Facultad de Minas | Universidad Nacional de Colombia.
<https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/5036-pacas-biodigestoras-una-solucion-para-aprovechar-los-residuos-organicos>