



**Coordinadora Regional  
del Programa Recurso  
Hídrico Área de  
Conservación Central,  
MINAE (fulvia.wohl@  
sinac.go.cr)**

## Restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote

**Fulvia Wohl Jiménez  
Bernardo Rodríguez Quirós**



**Consultor, Raíces  
(bernardo@raices.cr)**

La Zona Protectora El Chayote (ZPEC), ubicada en los cantones de Naranjo y Zarceró, bajo la jurisdicción del Área de Conservación Central (ACC), es crucial para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos. Este artículo menciona los resultados de la implementación de un proyecto de restauración ecológica en un sitio priorizado dentro de la ZPEC, destacando la importancia de restaurar la cobertura forestal para proteger los ecosistemas especialmente los asociados a los sistemas hídricos.

Con una extensión de 8.58 km<sup>2</sup>, la ZPEC forma parte de un bloque de áreas silvestres protegidas como parques nacionales, reservas forestales y zonas protectoras. Esta área es especialmente relevante por su capacidad de recarga acuífera y protección de las nacientes de los ríos San Carlos, Barranca, Toro Amarillo y Grande de Tárcoles. Además, su topografía y la influencia de tres zonas de vida resultan en una rica diversidad biológica y de microclimas.

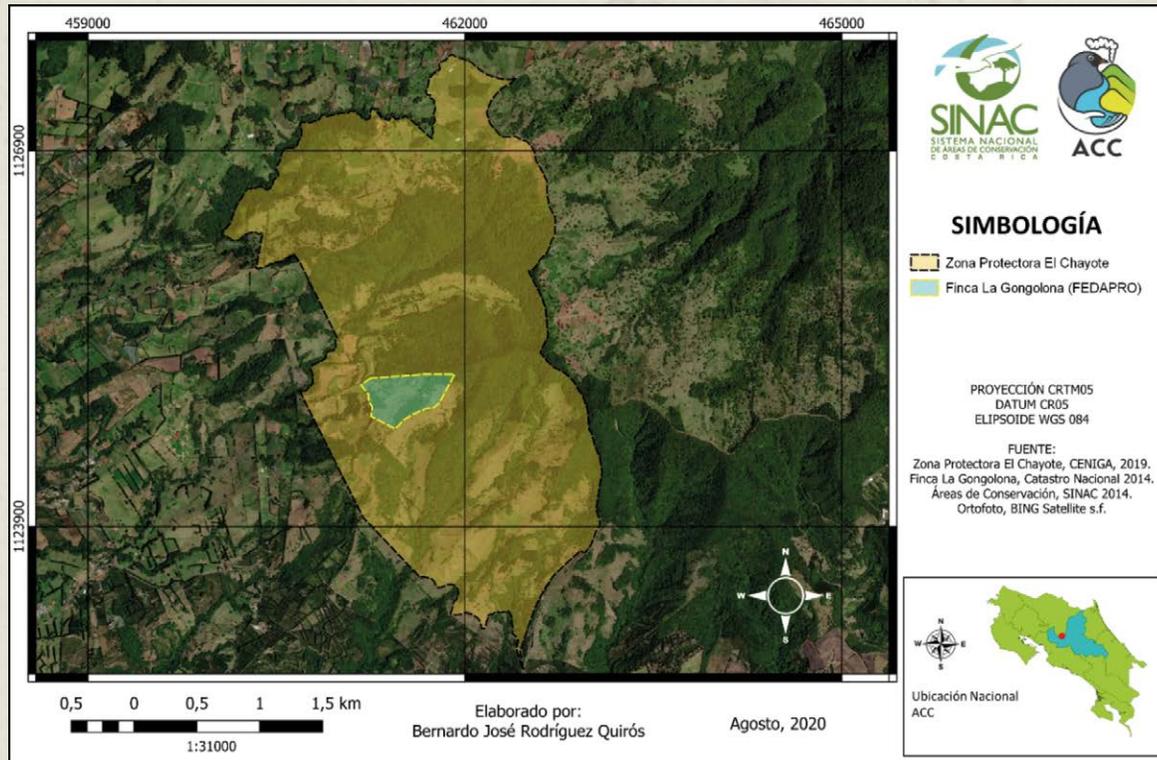


Figura 1. Delimitación La Zona Protectora El Chayote.

Desde un punto de vista legal, la ZPEC corresponde a una categoría de manejo establecida en el artículo 32 de la Ley Orgánica del Ambiente. De igual forma en el Reglamento a la Ley de Biodiversidad en su artículo 70, la define como un área destinada “a la regulación del régimen hidrológico, la protección del suelo y de las cuencas hidrográficas”.

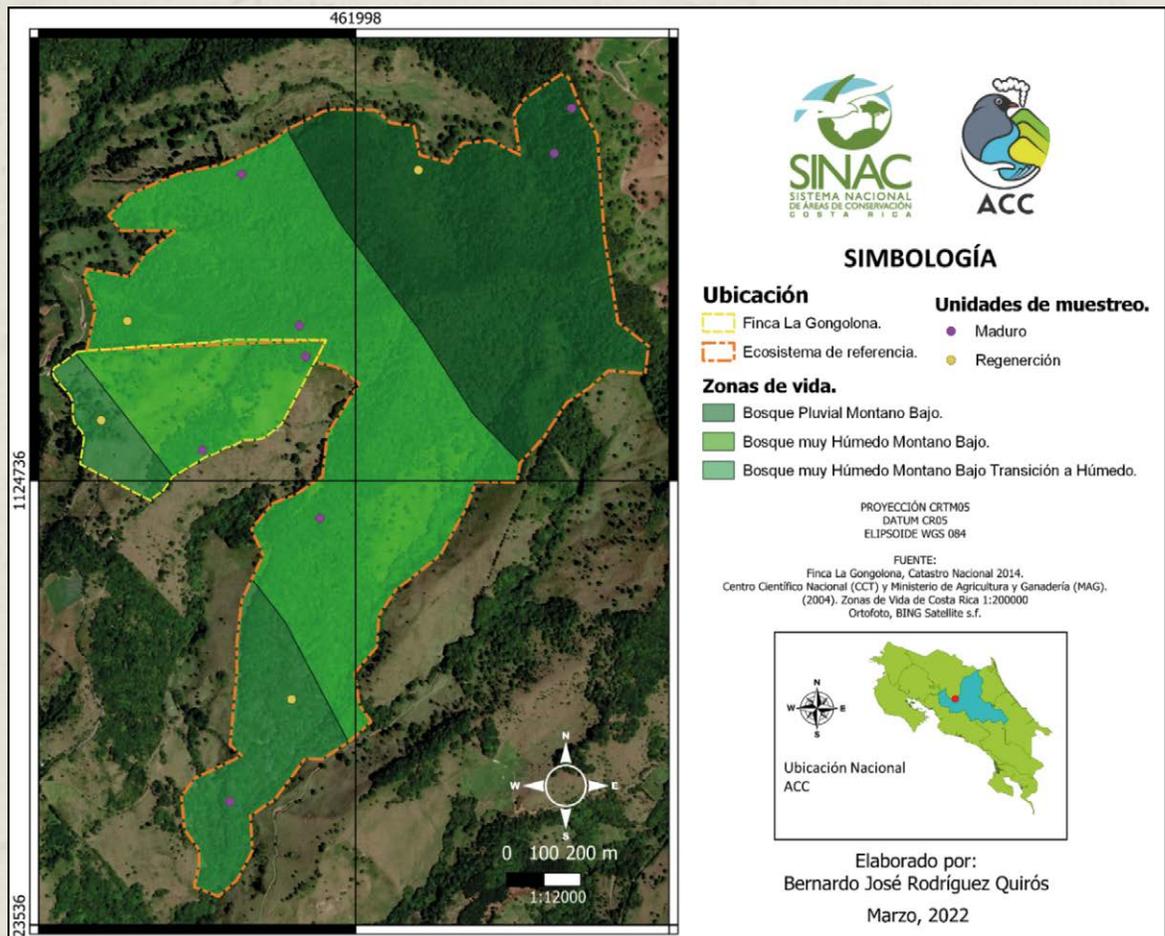
La principal actividad productiva en la zona es la agricultura y la ganadería. El área se caracteriza por una pequeña proporción de terrenos privados y una mayor dominancia de predios sin información registral. Según el Plan General de Manejo de la Zona Protectora El Chayote y Zona Protectora Río Toro (SINAC,

2019) indica que el 61 % del área no tiene datos registrales, mientras que los terrenos privados representan el 39 %.

La ZPEC, aunque declarada por el Estado como área silvestre protegida, incluye terrenos que pertenecen a particulares. Estos terrenos no están sujetos a las limitaciones del régimen forestal simplemente por estar dentro de un Área Silvestre Protegida. La Ley Orgánica del Ambiente prevé el sometimiento voluntario de las tierras, ya que no se pueden imponer restricciones a la propiedad privada sin una indemnización o un acuerdo con los propietarios (Piedra y Rojas, 2011).

Ante el panorama de uso de la tierra en la Zona Protectora El Chayote, el ACC planteó desarrollar el proyecto denominado “Restauración ecológica y protección de las áreas de recarga acuifera de la finca de la Federación de Acueductos de la Zona Protectora El Chayote (FEDAPRO), dentro de la Zona Protectora El Chayote”. Este proyecto se desarrolló en conjunto con la empresa Raíses, bajo la dirección del Ing. Bernardo Rodríguez Quirós.

Es importante mencionar que la ZPEC es la única zona de carga que abastece de agua potable a las poblaciones de Naranjo, Zarceró y Sarchí. Además, es una zona de descarga con numerosas nacientes aprovechadas para consumo humano, industria, riego y actividades agropecuarias. La restauración ecológica en esta área es vital para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos naturales en Costa Rica.



**Figura 2.** Inventario de estructura y composición en el área de estudio (finca La FEDAPRO y ecosistema de referencia), dividido por estratos y tipo de parcelas.

El objetivo del proyecto fue implementar acciones para fortalecer la cobertura forestal, mejorar la calidad del suelo, la biodiversidad, y proteger los cuerpos de agua. Además, busca aumentar la conciencia y participación de la comunidad en actividades de conservación por medio de una estrategia de participación comunitaria.

**L**a primera etapa de la estrategia de restauración ecológica correspondió al diagnóstico del ecosistema. Para esto, se analizaron dos áreas: la finca FEDAPRO y el ecosistema de referencia (parche de bosque maduro dentro de la ZPEC).

En la finca FEDAPRO se utilizó la superficie total para realizar el diagnóstico. La finca fue estratificada en dos grandes áreas: las zonas con cobertura boscosa y las zonas de pastos arbolados. Para cada zona se determinó un tipo de muestreo; para la cobertura boscosa, se seleccionó un muestreo estratificado, aleatorio instalando un total de tres parcelas temporales circulares de 500 m<sup>2</sup> y para los pastos arbolados, se realizó un censo de los árboles asociados a regeneración natural.

En el ecosistema de referencia se utilizó el parche de bosque más cercano a la finca. El área del parche boscoso corresponde a 135.31 ha, la cual fue estratificada utilizando como criterio la zona de vida. Se seleccionó un muestreo estratificado, aleatorio, sin reemplazo. Se instalaron un total de nueve parcelas temporales, circulares de 500 m<sup>2</sup>.

Las variables medidas en ambas áreas incluyeron la ubicación con GPS de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP a 1.30 m) superior a 10 cm, identificación del género y especie de cada individuo, radio de la copa y el radio de la regeneración asociada a la unidad de muestreo (el árbol).

En una parcela por estrato se identificaron las especies de los individuos con un DAP superior a 5 cm e inferior a 10 cm, con el objetivo de conocer la composición de la regeneración según la zona de vida en el ecosistema de referencia.

Se identificaron todas las especies posibles en las unidades de muestreo y el censo de diagnóstico. Adicional se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) sumando la abundancia relativa, frecuencia y dominancia relativa. Además, se identificó el gremio ecológico y se consultaron los apéndices de CITES para determinar las especies amenazadas.

Para el análisis fisicoquímico del suelo se realizó un muestreo al azar estratificado. Se definieron cuatro unidades de muestreo en la finca de acuerdo con características topográficas y representatividad. En cada una de las parcelas se tomaron diez submuestras para conformar una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Las submuestras se tomaron a lo largo de un camino zigzag dentro de cada parcela.

El diagnóstico determina que las especies más importantes a nivel de ecosistema es *Quercus copeyensis*, reportando los mayores valores de abundancia

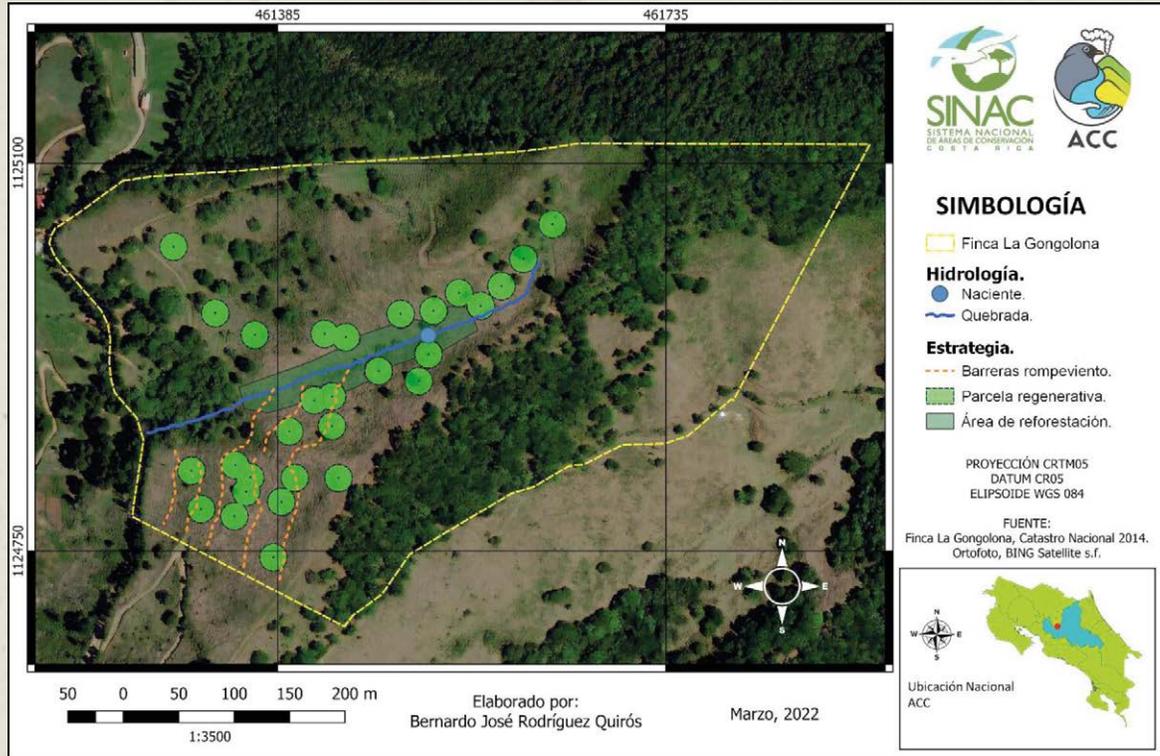


Figura 3. Diseño integrado de estrategia de intervención.

relativa (12.80 %) y dominancia relativa (25.16 %). Aunque es menos frecuente (3.85 %), su dominancia influye significativamente en la estructura del bosque. Otras especies importantes según IVI incluyen *Viburnum costaricanum*, *Myrsine coriacea*, *Drymis granadensis*, y *Roupa-la montana*. La única especie amenazada identificada en el ecosistema de referencia es *Cyathea sp.* (helecho arborecente), clasificada en el apéndice II.

Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Andisoles, originados a partir de cenizas y materiales volcánicos. Estos suelos, comunes en las faldas de los volcanes del Valle Central, presentan alta productividad natural, alto contenido de

materia orgánica, y texturas medias. Sin embargo, las lluvias ácidas provocan pérdidas de nutrientes, aunque las cenizas volcánicas rejuvenecen y enriquecen los suelos constantemente.

Los suelos son bien estructurados, con buen drenaje y retención de humedad. Presentan baja densidad aparente y baja resistencia al corte tangencial, lo que facilita el arado con uso animal, aunque tienden a compactarse con maquinaria. En campo se corroboró la facilidad de manejo durante el muestreo y otras labores de ahoyado. Sin embargo, debido a su origen, topografía y uso intensivo, estos suelos sufren problemas de erosión por efecto del agua superficial, reduciendo su potencial.

La segunda etapa del proyecto se realiza a partir del análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico. En esta fase, se desarrolla la estrategia de intervención, donde se seleccionan los sitios prioritarios de intervención basados en la zonificación realizada durante el diagnóstico. En estos sitios, se integran técnicas de reforestación mediante la nucleación.

La técnica de nucleación, basada en Yarranton y Morrison (1974) y aplicada en Costa Rica por Holl *et al.* (2020), es una estrategia de bajo costo que optimiza recursos y facilita el mantenimiento y monitoreo post-intervención. Consiste en la reforestación en islas o parcelas para acelerar la regeneración natural mediante la creación de microhábitats que promueven la colonización de especies animales y vegetales. Esto densifica la cobertura vegetal y conecta núcleos cercanos y parches de bosque, reduciendo el tiempo de recuperación del bosque (Sanchún *et al.*, 2016).

Se diseñaron “parcelas regenerativas” circulares de 500 m<sup>2</sup>, distribuidas aleatoriamente en la zona de intervención, con un total de 29 parcelas (1.45 ha). Cada parcela contiene 25 árboles dispuestos concéntricamente: uno en el centro, cuatro a 3.5 m, ocho a 7 m y doce a 10.5 m del centro.

Las parcelas se delimitaron con estacas de *Phyllostachys aurea* (caña brava) de 5 m de altura, colocadas en el centro y en cada punto cardinal. Estas estacas sirven como perchas para aves

y murciélagos, promoviendo la dispersión de semillas y acelerando la regeneración natural (Shiels y Walker, 2003; Sanchún *et al.*, 2016; Villate-Suárez y Cortés-Pérez, 2018).

Antes de la plantación, se llevó a cabo un control mecánico de *P. clandestinum* y *Cyathea sp.* utilizando motoguadanas, protegiendo plántulas e individuos de interés en regeneración dentro de las parcelas. Se estableció una zona de reforestación dentro del área de protección de la naciente, con un radio de 60 metros, y una franja paralela a la quebrada de 25 metros a ambos lados, abarcando un total de 0.6 hectáreas. Se empleó un sistema de siembra aleatorio (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020). Las especies seleccionadas para la reforestación se basaron en el inventario forestal y el conocimiento local, priorizando aquellas pioneras y adaptables a condiciones adversas.

Para la regeneración y conformación del suelo se incorporaron alrededor de 14.5 metros cúbicos de sustrato natural a base de turba en una proporción de 0.5 m<sup>3</sup> por parcela regenerativa para el mejoramiento de la fertilidad. Además, se incorporó cal dolomita en una proporción aproximada de 2 toneladas por hectárea para mejorar los niveles de acidez. Asimismo, se prepararon alrededor de 30 kg de microorganismos de montaña sólidos (MM) con el objetivo de ser aplicado de forma líquida durante el proceso de reforestación en la zona de intervención aplicado directamente a los hoyos y al árbol durante su siembra.

Se estableció un vivero temporal de 6 x 12 metros con riego por aspersión, donde se colectaron plántulas de 15 cm de altura para trasplante en bolsas de vivero. En total, se viverizaron 1.500 individuos. Además, se adquirieron 276 individuos de viveros privados y 175 del vivero de la Liga Cuenca, incluyendo especies como *Myrsine coriaceae*, *Citharexylum donnell-smithii*, *Cedrela tonduzii* y *Croton draco*. También se identificaron individuos en regeneración dentro de la finca para trasplante, priorizando especies como *Myrsine coriaceae*, *Viburnum costaricanum*, *Zanthoxylum melanostictum*, *Roupala montaña*, *Sapium glandulosum* y *Schefflera rodriguesiana*.

Para minimizar la afectación de los vientos alisios en las parcelas, se diseñó una siembra en contorno de *Tithonia diversifolia* (Botón de Oro). Se establecieron cinco líneas de siembra, a 30 metros de distancia entre ellas, desde el lindero sur hasta el sector de la naciente, abarcando un total de 720 metros. La densidad de siembra fue de tres plantas por metro lineal, con un total de 2 160 estacas de *T. diversifolia*. Estas barreras ayudan a controlar el agua de escorrentía, reducir la pérdida de suelo y mejorar su conservación. Además, *T. diversifolia* aporta nutrientes, especialmente fósforo, y atrae insectos benéficos, contribuyendo a la estabilización del ecosistema y el control biológico de plagas.

Para asegurar el éxito de la regeneración del sitio, se elaboró un protocolo de siembra para asegurar la supervivencia de

los individuos plantados, incluyendo pasos detallados para el ahoyado, aplicación de cal dolomita, hidrogel, materia orgánica, sustrato natural y manejo del suelo.

**E**l proyecto de restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote ha demostrado ser una iniciativa exitosa y esencial para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos. A través de la implementación de técnicas de nucleación, la creación de barreras rompeviento multifuncionales y la aplicación de enmiendas al suelo y microorganismos de montaña, se ha logrado mejorar la calidad del suelo, aumentar la cobertura vegetal y promover la regeneración natural.

La participación comunitaria ha sido fundamental, con la colaboración de asociaciones administradoras de los sistemas de acueductos y alcantarillados comunales (ASADAS), organizaciones locales y voluntarios, lo que ha permitido fortalecer la conciencia ambiental y fomentar la conservación activa. Los resultados obtenidos, como la plantación de 1 300 árboles y la intervención de 2 000 metros cuadrados, son un testimonio del impacto positivo de este proyecto.

Es esencial continuar con el monitoreo y la investigación científica para asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de rehabilitación y adaptarse a las necesidades cambiantes del ecosistema. La colaboración con entidades no gubernamentales y universidades será clave para desarrollar nuevas estrategias y mejorar la efectividad de las intervenciones.

Proyectos como este no solo contribuyen a la conservación ambiental, sino que también fortalece la resiliencia de las comunidades locales y promueve un ambiente sostenible para todos.

## Referencias

- Quirós, R. (2021). Restauración ecológica y protección de las áreas de recarga acuífera de la finca de la Federación de Acueductos de la Zona Protectora El Chayote (FEDAPRO), dentro de la Zona Protectora El Chayote. San Jose. Costa Rica.
- Holl, K. D., Reid, J. L., Cole, R. J., Oviedo-Brenes, F., Rosales, J. A., & Zahawi, R. A. (2020). Applied nucleation facilitates tropical forest recovery: Lessons learned from a 15-year study. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2316-2328. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13684>
- Ley 7554 de 1995. Ley Orgánica del Ambiente. 04 de octubre de 1995. Diario Oficial La Gaceta. No. 215 del 13 de noviembre de 1995.
- Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE], 2020. *Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040*. San José, Costa Rica. [https://da.go.cr/wp-content/uploads/2020/09/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion\\_2020-40.pdf](https://da.go.cr/wp-content/uploads/2020/09/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion_2020-40.pdf)
- Piedra, R. y Rojas, A. (2011). *Situación jurídica actual de la Zona Protectora El Chayote, a la luz del Decreto Ejecutivo No. 35151- MINAET del 04 de febrero del 2009*. Trabajo final de graduación. UCR Sede San Ramón, Alajuela.
- Sánchez Sibaja, G., Valle Hidalgo, D., Scorza Reggio, F., Feoli, S. y Artavia Castro, R. (2015). *Protocolo de Reforestación para la Rehabilitación y Mantenimiento en Áreas de Protección de la GAM*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Municipalidad de San José y Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C. y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. UICN. <https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/Restauracion-funcional-paisaje-rural.pdf>
- SINAC. (2019). Plan General de Manejo de la Zona Protectora El Chayote y Zona Protectora Río Toro. Área de Conservación Central (ACC), Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). <https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACC/Zona%20Protectora%20El%20Chayote%20y%20Zona%20Protectora%20R%C3%ADo%20Toro.pdf>
- Shiels, A. B., & Walker, L. R. (2003). Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. *Restoration Ecology*, 11(4), 457-465. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.rec0269.x>
- Villate-Suárez, C. A., & Cortés-Pérez, F. (2018). Las perchas para aves como estrategia de restauración en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 202-211.
- Yarranton, G. A., y Morrison, R. G. (1974). Spatial Dynamics of a Primary Succession: Nucleation. *Journal of Ecology*, 62(2), 417-428. <https://doi.org/10.2307/2258988>