



8-11-2024

Relación del suelo con la riqueza de especies y nutrientes foliares de helechos en un gradiente altitudinal.



Elías Garybarlot Intriago García
UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Resumen

Este estudio investigó cómo el gradiente altitudinal afecta la biodiversidad de especies y la composición de nutrientes foliares en helechos terrestres en la provincia de Napo, Ecuador. La investigación se centró en cómo las variaciones en la altitud influyen en la riqueza de especies, los nutrientes foliares (incluyendo elementos como C, N, P, K, Ca, Mg) y las características fisicoquímicas del suelo. Se utilizó un enfoque observacional y correlacional a lo largo de un gradiente altitudinal, con datos recolectados en diferentes puntos de la provincia de Napo, en sitios como Jatun Sacha, Guango, y Oyacachi.

Los resultados mostraron que la riqueza de especies de helechos y la composición de nutrientes foliares, particularmente el fósforo, están significativamente correlacionadas con la altitud. Mientras que el carbono total presentó una correlación moderada con la elevación, otros nutrientes como el nitrógeno, calcio, potasio y magnesio no mostraron una relación significativa. El análisis multivariado y de regresión ayudó a identificar patrones complejos en la distribución de nutrientes foliares y la variabilidad en las especies a lo largo del gradiente altitudinal.

Este estudio resalta la importancia de los gradientes altitudinales en la ecología de los helechos y cómo la variabilidad en nutrientes foliares puede influir en la distribución de estas especies en ambientes montañosos de la Amazonía.

Abstrac

This study investigated how altitudinal gradients affect the species diversity and foliar nutrient composition in terrestrial ferns in the Napo Province of Ecuador. The research focused on how altitude variations influence species richness, foliar nutrients (including elements like C, N, P, K, Ca, Mg), and soil physicochemical properties. An observational and correlational approach was used across an altitudinal gradient, with data collected from various sites within the province, such as Jatun Sacha, Guango, and Oyacachi.

The results showed that fern species richness and foliar nutrient composition, particularly phosphorus, were significantly correlated with altitude. While total carbon exhibited a moderate correlation with elevation, other nutrients like nitrogen, calcium, potassium, and magnesium showed no significant relationship. Multivariate analysis and regression models

helped identify complex patterns in the distribution of foliar nutrients and species variability along the altitudinal gradient.

This study highlights the importance of altitudinal gradients in fern ecology and how foliar nutrient variability can influence species distribution in the mountainous environments of the Amazon.

Antecedentes

Los contenidos químicos foliares permiten conocer la disponibilidad de nutrientes en los suelos y los rangos funcionales de las plantas (Estrada-Medina et al. 2023). Y como esta disponibilidad de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Fe, Cu y Zn) son importantes en el crecimiento, la actividad osmótica, potenciales electroquímicos, activación enzimática, permeabilidad de la membrana, regulación de los ciclos fisiológicos, bioquímicos y metabolitos fundamentales (Bai et al. 2019).

Los estudios sobre composición química foliar en plantas tropicales han resaltado la influencia de factores ambientales que cambian a través de gradientes altitudinales en la distribución y diversidad de especies (Arias Gutiérrez et al., 2012). En particular, los helechos representan un componente importante de los ecosistemas montañosos debido a su adaptabilidad en varios rangos altitudinales, su diversidad taxonómica y su rol ecológico en la absorción de nutrientes y en el ciclo del carbono (Clark, 2002).

Los gradientes altitudinales influyen fuertemente en la composición y riqueza de especies, particularmente en la Amazonía y los Andes ecuatorianos, donde los ecosistemas se caracterizan por altos niveles de biodiversidad (Cisneros & Heredia, 2003). Un aumento en la altitud genera cambios en factores como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que impacta directamente en la distribución de especies de helechos (Salazar et al., 2015). Estudios han demostrado que las variaciones en estos factores afectan la diversidad de helechos arborescentes y terrestres, así como su estructura de nicho (Kessler et al., 2014).

La composición química de los nutrientes foliares y el área foliar específica, también se ve alterada en gradientes altitudinales (Riaño y Moulatlet, 2022). Los nutrientes foliares de los helechos muestran variaciones significativas, ya que tienden a absorber nutrientes en función de las adaptaciones foliares específicas, influenciada por la altitud (Kessler et al., 2014). Los

estudios de Pinto et al., (2018) sobre el contenido de nutrientes en plantas montanas revelan cómo las adaptaciones de los helechos les permiten mantener un balance nutricional aún en condiciones de menor disponibilidad de nutrientes.

Documentado que los suelos de altitudes bajas tienden a tener una mayor concentración de nutrientes debido a una mayor acumulación de materia orgánica, mientras que, en altitudes altas, los suelos suelen ser más ácidos y pobres en nutrientes. Esto afecta directamente la composición de nutrientes foliares en los helechos, los cuales deben ajustar sus estrategias de absorción y retención de nutrientes para adaptarse a las limitaciones edáficas y climáticas(Riaño y Moulatlet, 2022).

La provincia de Napo abarca ecosistemas desde el páramo hasta la Amazonía, presentando una topografía diversa y gradientes altitudinales marcados que la convierten en un entorno ideal para investigar cómo influye la variación de los factores ambientales de estos gradientes en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, en la diversidad de especies y en los nutrientes foliares de los helechos en cada nivel altitudinal.

Planteamiento del problema a investigar

La riqueza de especies y la composición de nutrientes foliares en helechos varían significativamente a lo largo de los gradientes altitudinales, un fenómeno bien documentado en diversos estudios(Tito, Vasconcelos, y Feeley 2020).

Los trabajos de Salazar, (2013) señalan que la productividad y la biomasa de los helechos están influenciadas por la altitud y las condiciones edáficas, mostrando cómo la diversidad de helechos se correlaciona con características como la biomasa y los nutrientes foliares en ecosistemas andinos y los rasgos funcionales de las hojas en los Andes ecuatorianos.

Además, trabajos de Guala et al., (2022) señala como en los gradientes altitudinales de los Andes y la Amazonía, se ha evidenciado una notable riqueza y diversidad de especies vegetales, destacando las pteridofitas como indicadores clave de la salud del ecosistema debido a su sensibilidad a las variaciones de factores ambientales como temperatura, humedad y nutrientes del suelo.

Sin embargo, Kessler et al. (2014) señala que otros factores como la micorrización desempeña un papel en la abundancia, crecimiento y estado de nutrientes foliares de los helechos en

gradientes tropicales de altitud, lo que sugiere que las relaciones simbióticas podrían influir en la adaptación y productividad de estos helechos en condiciones ambientales diversas

Demostrando que los helechos responden de manera distintiva a gradientes de nutrientes y humedad en bosques montanos, lo cual es crucial para comprender su distribución en zonas con alta variabilidad ambiental(Viana, Turner, y Dalling, 2021).

Sin embargo, aún se desconoce en qué medida las condiciones altitudinales en la provincia de Napo afectan a los helechos en términos de diversidad de especies y composición química foliar, así como la composición química foliar de los helechos terrestres especialmente a nivel de especie. Lo que permitirá conocer los rangos funcionales de las especies de helechos y sus concentraciones de nutrientes a lo largo de un gradiente altitudinal.

Justificación de la investigación

La Amazonía ecuatoriana alberga una amplia biodiversidad vegetal del planeta(Crapivinsky, 2002), desempeñando un papel crucial en la regulación climática(Silveira & Hardt 2024). En la conservación de especies endémicas(Díaz et al., 2021). En este contexto, la investigación de la riqueza de especies y composición de nutrientes foliares de helechos a lo largo de gradientes altitudinales en la provincia de Napo, Ecuador, adquiere gran relevancia.

Los helechos son indicadores de la salud de los ecosistemas montanos(Krömer, 2014). Además, contribuyen de manera significativa a la estructura del suelo, favoreciendo el establecimiento posterior de otras especies en el procesos de sucesión ecológica(Muñiz et al., 2007). Y siendo fundamentales en el ciclo del carbono(Olivares et al., 2016).

A nivel científico, comprender cómo las variaciones altitudinales afectan la riqueza de especies y la composición de nutrientes en los helechos, aporta información crítica sobre los procesos adaptativos de estas especies en condiciones ambientales diversas(Ávila-Sánchez et al. 2018).

Estudios previos han demostrado que los gradientes de altitud influyen en la disponibilidad de recursos como la luz, el agua y los nutrientes del suelo(Mogollón et al. 2015). Factores que a su vez impactan la diversidad y composición de especies vegetales(Verdugo-Morales et al. 2022).

Sin embargo, existe una falta de estudios específicos en el contexto de los helechos amazónicos, una región particularmente vulnerable a cambios ambientales y actividades humanas, como la deforestación y el cambio de uso del suelo (Delgado Fernández et al. 2023).

La importancia de esta investigación radica en su capacidad para llenar vacíos en el conocimiento sobre la relación entre los gradientes ambientales y la ecología de helechos en zonas montañosas de la Amazonía. Al identificar cómo se distribuyen las especies y cómo se adaptan químicamente en función de la altitud, esta investigación contribuirá a establecer bases científicas para la conservación y manejo de los ecosistemas tropicales en los bosques de transición andino-amazónicos.

Además, los datos generados serán de valor no solo para la comunidad científica, sino también para los gestores ambientales y las comunidades locales, quienes pueden beneficiarse de la información sobre prácticas de conservación adecuadas para mantener la integridad ecológica de sus territorios.

En un escenario de cambio climático y acelerada pérdida de biodiversidad, estudios como este son urgentes para anticipar el impacto de las variaciones ambientales en la riqueza de especies y en la funcionalidad de los ecosistemas.

Preguntas de investigación

¿Cómo influye el gradiente altitudinal en la riqueza de especies y la composición de nutrientes foliares de helechos y suelo en la provincia de Napo, Ecuador?

¿Cómo influye el gradiente altitudinal en la distribución de especies de helechos terrestres en la provincia de Napo, Ecuador?

¿Cómo influye el gradiente altitudinal en la Composición de nutrientes en las especies de helechos terrestres en la provincia de Napo, Ecuador?

¿Existen variaciones significativas en los nutrientes foliares de los helechos a lo largo del gradiente altitudinal?

¿Cuál es la relación entre la riqueza de especies de helechos y la disponibilidad de nutrientes foliares en los diferentes niveles altitudinales?

Hipótesis

La riqueza de especies y la composición de nutrientes foliares de los helechos varían significativamente a lo largo del gradiente altitudinal en la provincia de Napo, Ecuador.

Objetivo general

La riqueza de especies, la composición de nutrientes foliares y las características fisicoquímicas del suelo varían significativamente a lo largo del gradiente altitudinal en la provincia de Napo, Ecuador.

Objetivos específicos

- Evaluar las características químicas foliares de las especies de helechos en función de la elevación.
- Analizar la relación entre la riqueza de especies de helechos terrestres y las características químicas foliares a lo largo del gradiente altitudinal.
- Determinar la relación entre la riqueza de especies de helechos y las características fisicoquímicas del suelo a lo largo del gradiente altitudinal.

Métodos

Diseño del estudio

El presente estudio tiene un enfoque observacional y correlacional, orientado a analizar la relación entre el gradiente altitudinal y la riqueza de especies de helechos terrestres, la composición de nutrientes foliares y las características fisicoquímicas del suelo en la provincia de Napo, Ecuador.

VARIABLES DEL ESTUDIO

VARIABLES DEPENDIENTES

- Riqueza de especies de helechos terrestres.
- Composición de nutrientes foliares, incluyendo macronutrientes como Carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).
- Características fisicoquímicas del suelo, tales como pH, Carbono (C), nitrógeno (N).

Variable independiente:

- Altitud (m s.n.m.).

Recolección de datos

Los datos fueron recolectados a lo largo de un gradiente altitudinal en los sitios de Jatun Sacha, Galeras, Guacamayos, Yanayacu, Guango, Oyacachi la provincia de Napo, Ecuador. En cada sitio se realizaron las siguientes acciones:

1. Registro de la altitud mediante GPS.
2. Recolección de muestras de helechos terrestres para análisis de riqueza de especies y nutrientes foliares.
3. Toma de muestras de suelo en puntos altitudinales específicos (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000) m s.n.m.

Área de estudio

Mapa en Qgis

Análisis estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo en varias etapas, utilizando herramientas estadísticas para responder a las preguntas de investigación y contrastar la hipótesis:

1. Análisis descriptivo

Se calcularon estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, rango) para cada variable en los diferentes niveles altitudinales. Además, se generaron gráficos de cajas (boxplots) y tendencias lineales para visualizar las variaciones en la riqueza de especies, composición de nutrientes foliares y características del suelo a lo largo del gradiente altitudinal.

2. Comparación entre niveles altitudinales

Para evaluar diferencias significativas entre niveles altitudinales, se realizaron las siguientes pruebas:

- ANOVA (Análisis de Varianza) para datos con distribución normal.
- Prueba de Kruskal-Wallis como alternativa no paramétrica.
- Al existir diferencias significativas, se aplicarán pruebas post hoc (Tukey o Dunn) para identificar niveles altitudinales específicos con variaciones relevantes.

3. Relación entre riqueza de especies y nutrientes

Se exploró la relación entre riqueza de especies de helechos, nutrientes foliares y características del suelo mediante:

- Análisis de correlación (Pearson o Spearman, según los supuestos estadísticos).
- Regresiones múltiples para determinar cómo las características químicas de hojas y suelo predicen la riqueza de especies en los diferentes niveles altitudinales.

4. Análisis multivariado

Para analizar patrones en la composición de nutrientes foliares y características del suelo, se aplicaron las siguientes técnicas:

- Análisis de Componentes Principales (PCA) para identificar gradientes de variación en los datos químicos.
- PERMANOVA (Análisis de Varianza Multivariante basado en Permutaciones) para evaluar diferencias en las composiciones químicas entre niveles altitudinales.

5. Modelado de tendencias altitudinales

Se ajustaron modelos de regresión no lineal o Modelos Aditivos Generalizados (GAM) para explorar relaciones complejas entre las variables dependientes y la altitud.

Software utilizado

Para realizar los análisis estadísticos, se emplearon los siguientes programas:

- R (paquetes vegan, ggplot2, y stats) para análisis multivariados, gráficos y regresiones.

- QGIS para el mapeo de la ubicación y el gradiente altitudinal de las muestras.

Resultados

Prueba de correlación de Pearson

Con base en los resultados de las pruebas de correlación de Pearson entre la elevación y los nutrientes foliares en los helechos, los resultados esperados son los siguientes:

1. **Carbono total (%):** Se observa una correlación positiva moderada ($r = 0.238$, $p = 0.0014$) entre la elevación y el contenido de carbono total en los helechos. Esto sugiere que, a medida que la elevación aumenta, también lo hace el porcentaje de carbono en las hojas de los helechos, con un intervalo de confianza del 95% entre 0.094 y 0.371.
2. **Nitrógeno total (%):** La correlación entre la elevación y el nitrógeno total no es significativa ($r = 0.093$, $p = 0.2138$), indicando que no existe una relación clara entre estos dos factores en los datos disponibles.
3. **Calcio (mg/g):** La correlación entre la elevación y el calcio no es significativa ($r = 0.119$, $p = 0.1127$), lo que sugiere que no hay una relación estadísticamente significativa entre la altitud y los niveles de calcio en los helechos.
4. **Potasio (mg/g):** Similar a los resultados del calcio, la correlación entre la elevación y el potasio es baja y no significativa ($r = 0.101$, $p = 0.1802$), lo que indica que no hay una relación clara entre estos factores.
5. **Magnesio (mg/g):** No se encontró una correlación significativa entre la elevación y el magnesio ($r = 0.051$, $p = 0.4958$), lo que sugiere que los niveles de magnesio en los helechos no están relacionados con la altitud en los datos analizados.
6. **Fósforo (mg/g):** Se observa una correlación moderada y significativa entre la elevación y el fósforo ($r = 0.476$, $p < 0.0001$), lo que indica que, en general, a medida que aumenta la elevación, también lo hace el contenido de fósforo en los helechos, con un intervalo de confianza del 95% entre 0.354 y 0.582.

Regresión lineal simple

1. Carbono total (%):

- **Modelo:** La relación entre la altitud y el porcentaje de carbono total es significativa ($p = 0.00137$).
- **Coefficiente de elevación:** 0.000788, lo que sugiere que, por cada aumento de 1 unidad en la elevación, el porcentaje de carbono total en los helechos aumenta en aproximadamente 0.0788%.
- **R² ajustado:** 0.05109, indicando que solo el 5.1% de la variabilidad en el carbono total puede explicarse por la altitud, lo que sugiere que otros factores también influyen.

2. Nitrógeno total (%):

- **Modelo:** La relación no es significativa ($p = 0.214$), lo que indica que la altitud no tiene un efecto estadísticamente relevante sobre el porcentaje de nitrógeno en los helechos.
- **Coefficiente de elevación:** 0.00006945, aunque positivo, su valor no es significativo.

3. Calcio (mg/g):

- **Modelo:** No se encuentra una relación significativa entre la altitud y el calcio ($p = 0.113$), aunque el coeficiente es positivo.
- **Coefficiente de elevación:** 0.0004055, lo que sugiere una pequeña tendencia positiva entre la altitud y el calcio, pero no suficientemente fuerte para ser significativo.

4. Potasio (mg/g):

- **Modelo:** Similar al calcio, no se observa una relación significativa ($p = 0.18$) entre la altitud y el potasio.
- **Coefficiente de elevación:** 0.0007539, indicando una ligera tendencia positiva, pero la falta de significancia estadística sugiere que la altitud no es un factor importante para este nutriente.

5. Magnesio (mg/g):

- **Modelo:** No hay una correlación significativa entre la altitud y el magnesio ($p = 0.496$), lo que implica que la altitud no influye en los niveles de magnesio en los helechos.
- **Coefficiente de elevación:** 0.00007228, lo que muestra una muy ligera tendencia positiva, pero sin relevancia estadística.

6. Fósforo (mg/g):

- **Modelo:** La relación entre la altitud y el fósforo es altamente significativa ($p < 0.0001$).
- **Coefficiente de elevación:** 0.000286, lo que indica que por cada aumento de 1 unidad en la altitud, el contenido de fósforo en los helechos aumenta en 0.0286 mg/g.
- **R² ajustado:** 0.2221, indicando que el 22.2% de la variabilidad en el fósforo puede explicarse por la altitud, lo que sugiere una relación moderadamente fuerte.

Cronograma de actividades (basado en el marco lógico)

Presupuesto referencial

Referencias bibliográficas

Anón. s. f. «Dialnet-UsosDeLosHelechosYPlantasAfines-5294471.pdf».

Arias Gutiérrez, Ruth Irene, Alejandra Tapia, Andrés Tapia, Lina Santacruz, Rovin Yasaca, y Nelson Miranda. 2012. «Evaluación de la biodiversidad en cinco comunidades Kichwa de la zona de colonización de la alta Amazonía ecuatoriana». *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología* 1(3):157-72. doi: 10.59410/RACYT-v01n03ep01-0016.

Ávila-Sánchez, P., A. Sánchez-González, C. Catalán-Heverástico, R. C. Almazán-Núñez, y J. Jiménez-Hernández. 2018. «Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México». *Polibotánica* (45):101-13.

Bai, Kundong, Shihong Lv, Shijiang Ning, Danjuan Zeng, Yili Guo, y Bin Wang. 2019. «Leaf nutrient concentrations associated with phylogeny, leaf habit and soil chemistry in tropical karst seasonal rainforest tree species». *Plant and Soil* 434. doi: 10.1007/s11104-018-3858-4.

Cisneros-Heredia, Diego. 2003. *Herpetofauna de la Estación de Biodiversidad Tiputini, Amazonía Ecuatoriana: Ecología de una comunidad taxonómicamente diversa, con comentarios sobre metodologías de inventario.*

Clark, David. 2002. «Los factores edáficos y la distribución de las plantas». Pp. 193-221 en.

- Crapivinsky, Jorge Caro. 2002. *Amazonía: el corredor biocomercial del futuro*. IICA.
- Delgado Fernández, Ernesto, Maribel León Peralta, Carlos Cantos Guamán, Martha Guzmán Juárez, Ernesto Delgado Fernández, Maribel León Peralta, Carlos Cantos Guamán, y Martha Guzmán Juárez. 2023. «Efecto de la actividad minera sobre la biodiversidad en un sector del cantón Paquisha, provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador». *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 38(2):106-23. doi: 10.17163/lgr.n38.2023.08.
- Díaz, Silvia, Pamela Sánchez-Vendizú, Laura Graham-Angeles, Víctor Pacheco, Silvia Díaz, Pamela Sánchez-Vendizú, Laura Graham-Angeles, y Víctor Pacheco. 2021. «Diversidad y conservación de los mamíferos mayores de Loreto, Perú». *Revista Peruana de Biología* 28(SPE). doi: 10.15381/rpb.v28iespecial.21910.
- Estrada-Medina, Héctor, Miriam M. Ferrer, Patricia Montañez-Escalante, Grely Pech Puch, Oscar O. Álvarez-Rivera, Héctor Estrada-Medina, Miriam M. Ferrer, Patricia Montañez-Escalante, Grely Pech Puch, y Oscar O. Álvarez-Rivera. 2023. «Foliar Nutrient Contents of Tropical Tree Species under Different Management and Climate Conditions». *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 10(2). doi: 10.19136/era.a10n2.3209.
- Kessler, Michael, Ramona Güdel, Laura Salazar, Jürgen Homeier, y Jürgen Kluge. 2014. «Impact of Mycorrhization on the Abundance, Growth and Leaf Nutrient Status of Ferns along a Tropical Elevational Gradient». *Oecologia* 175(3):887-900. doi: 10.1007/s00442-014-2941-7.
- Krömer, Thorsten. s. f. «Epífitas vasculares como bioindicadoras de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición».
- Mogollón, José Pastor, Wilder Rivas, Alicia Martínez, Yris Campos, y Edjuly Márquez. 2015. «Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela». *Multiciencias* 15(3):271-80.
- Olivares, Elizabeth, Francisco Herrera, Guillermina Aguiar, Eder Peña, Maribel Ramos, y Carlos Méndez. s. f. «COMPARACIÓN DE LA NUTRICIÓN MINERAL DE LOS HELECHOS *Cyathea aurea*, *C. delgadii*, *Dicranopteris flexuosa* Y *Pteridium arachnoideum* EN LA GRAN SABANA, VENEZUELA».
- Pinto, Esteban, Álvaro Pérez, Carmen Ulloa, y Francisco Cuesta. 2018. *Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, Ecuador*.
- Riaño, Karolina, y Gabriel Massaine Moulatlet. 2022. «Floristic and Functional Diversity of Ferns and Lycophytes at Three Elevational Zones in the Eastern Slopes of the Northern Andes, Ecuador». *Acta Amazonica* 52:149-57. doi: 10.1590/1809-4392202102232.
- Salazar, Laura. 2013. «Unraveling the Causal Links between Ecosystem Productivity Measures and Species Richness Using Terrestrial Ferns in Ecuador». Georg-August-University Göttingen.

Salazar, Laura, Jürgen Homeier, Michael Kessler, Stefan Abrahamczyk, Marcus Lehnert, Thorsten Krömer, y Jürgen Kluge. 2015. «Diversity Patterns of Ferns along Elevational Gradients in Andean Tropical Forests». *Plant Ecology & Diversity* 8(1):13-24. doi: 10.1080/17550874.2013.843036.

Silveira, Giulia De Paula, y Elisa Hardt. 2024. «Impact of REDD+ Certification on the Deforestation Rates of RESEX Rio Preto-Jacundá in the Amazon». *Ambiente & Sociedade* 26:e0210. doi: 10.1590/1809-4422asoc2021210r2vu2023L4OA.

Tito, Richard, Heraldo L. Vasconcelos, y Kenneth J. Feeley. 2020. «Mountain Ecosystems as Natural Laboratories for Climate Change Experiments». *Frontiers in Forests and Global Change* 3:38. doi: 10.3389/ffgc.2020.00038.

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Biología, Nueva Loja, Ecuador., Paola Guala, Richard Monar, Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Biología, Nueva Loja, Ecuador., Carlos Mestanza-Ramón, y Research Group YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 20001, Ecuador. 2022. «Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador». *Green World Journal* 5(1):014. doi: 10.53313/gwj51014.

Verdugo-Morales, Edwin Geyner, Eduardo Alanís-Rodríguez, Gerardo Cuéllar-Rodríguez, José Israel Yerena-Yamallel, Alejandro Collantes-Chávez-Costa, y Jesús Eduardo Silva-García. 2022. «Composición, Estructura Y Diversidad Arbórea En Un Gradiente Altitudinal De Un Bosque Mesófilo De Montaña En La Sierra Madre De Chiapas, México». *Interciencia* 47(6):218-24.

Viana, Jéssica Lira, Benjamin Luke Turner, y James William Dalling. 2021. «Compositional Variation in Understorey Fern and Palm Communities along a Soil Fertility and Rainfall Gradient in a Lower Montane Tropical Forest» editado por D. Zeleny. *Journal of Vegetation Science* 32(1):e12947. doi: 10.1111/jvs.12947.