

CARACTERIZACIÓN DE FRAGMENTOS DE BOSQUE MONTANO EN UN ESCENARIO DE TRANSICIÓN URBANA

*Characterization of montane forest fragments in an urban transition
scenario*

*Caracterização de fragmentos de floresta montana em um cenário
de transição urbana*

Karla Uvidia¹ , Laura Salazar², Santiago Bonilla-Bedoya³

¹ Área de Ambiente y Sustentabilidad. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito-Ecuador. Correo: karlau317@gmail.com

² Universidad Regional Amazónica Ikiam. Tena-Ecuador.

³ Centro de Investigación para el Territorio y Hábitat Sostenible (CITEHS). Universidad Indoamérica. Quito-Ecuador. Correo: santiagobonillab@hotmail.es

Fecha de recepción: 15 de septiembre de 2022.

Fecha de aceptación: 05 de diciembre de 2022.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El avance de la frontera agrícola junto con la expansión urbana contribuyen al cambio de Uso de la Tierra y se constituyen como una amenaza para los bosques montanos catalogados como ecosistemas frágiles a nivel tropical. **OBJETIVO.** La presente investigación caracteriza un fragmento de bosque montano alto, ubicado en los espacios periurbanos de la ciudad de Quito. **MÉTODO.** Para ello se desarrolló un inventario vegetal georreferenciado que consideró algunos parámetros estructurales, así como la determinación de la diversidad de especies de la parcela. **RESULTADOS.** Se encontró 18 especies arbóreas y arbustivas, entre endémicas y propias de los Andes, siendo la más abundante *Brachyotum ledifolium* con 45 individuos y las más escasas *Pentacalia sp.1*, *Miconia papillosa* y *Myrcianthes rhopaloides* con un individuo. *Gynoxys campii*, también abundante en la parcela, se encontró catalogada por la UICN como en “Peligro de Extinción” a causa de la destrucción de su hábitat. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** El fragmento de bosque se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo, se muestra amenazado por la expansión urbana, se recomienda la evaluación de los planes de manejo del área protegida al que pertenece este fragmento de bosque.

Palabras claves: ecosistemas periurbanos, servicios ecosistémicos, expansión urbana, expansión agrícola



ABSTRACT

INTRODUCTION. The advance of the agricultural frontier together with urban expansion contribute to the change in Land Use and constitute a threat to montane forests classified as fragile ecosystems at the tropical level. **OBJECTIVE.** The present investigation characterizes a fragment of high montane forest, located in the peri-urban spaces of the city of Quito. **METHOD.** For this, a georeferenced plant inventory was developed that considered some structural parameters, as well as the determination of the diversity of species of the plot. **RESULTS.** 18 tree and shrub species were found, between endemic and typical of the Andes, being the most abundant *Brachyotum ledifolium* with 45 individuals and the scarcest *Pentacalia* sp.1, *Miconia papillosa* and *Myrcianthes rhopaloides* with 1 individual. *Gynoxys campii*, also abundant in the plot, was listed by the UICN as "Endangered with Extinction" due to the destruction of its habitat. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** The forest fragment is in a good state of conservation, however, it is threatened by urban expansion, the evaluation of the management plans of the protected area to which this forest fragment belongs is recommended.

Keywords: peri-urban ecosystems, ecosystem services, urban expansion, agricultural expansion

RESUMO

INTRODUÇÃO. O avanço da fronteira agrícola juntamente com a expansão urbana contribuem para a mudança no Uso do Solo e constituem uma ameaça às florestas montanas classificadas como ecossistemas frágeis em nível tropical. **OBJETIVO.** A presente investigação caracteriza um fragmento de floresta de alta montanha, localizado nos espaços periurbanos da cidade de Quito. **MÉTODO.** Para isso, foi desenvolvido um inventário vegetal georreferenciado que considerou alguns parâmetros estruturais, bem como a determinação da diversidade de espécies da parcela. **RESULTADOS.** Foram encontradas 18 espécies arbóreas e arbustivas, entre endêmicas e típicas dos Andes, sendo a mais abundante *Brachyotum ledifolium* com 45 indivíduos e as mais escassas *Pentacalia* sp.1, *Miconia papillosa* e *Myrcianthes rhopaloides* com um indivíduo. *Gynoxys campii*, também abundante na parcela, foi listado pela IUCN como "Em Perigo de Extinção" devido à destruição de seu habitat. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** O fragmento florestal encontra-se em bom estado de conservação, porém, ameaçado pela expansão urbana, recomenda-se a avaliação dos planos de manejo da unidade de conservação a que pertence este fragmento florestal.

Palavras-chave: ecossistemas periurbanos, serviços ecossistêmicos, expansão urbana, expansão agrícola

INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) representa uno de los retos más relevantes que atraviesa la humanidad en la actualidad, debido al incremento acelerado en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) a causa de las actividades antrópicas [1]. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [2] el cambio de uso del suelo (CUS) resulta ser uno de los principales sectores que aportan a esta problemática tanto a nivel global como regional; siendo el avance de la frontera agropecuaria y la expansión urbana dos contribuyentes importantes a este sector [3], [4].

Desde la década de 1990, se ha observado a nivel global un crecimiento poblacional acelerado, concentrado principalmente en espacios urbanos con fuertes tendencias anuales [5]. Este crecimiento urbano asimismo ha implicado una expansión de su superficie, con tendencias de crecimiento aún mayores. Es así que se proyecta para el 2030 una duplicación de la población urbana de los países en desarrollo y una triplicación de su superficie [5]. Todo ello, enmarcado en un sistema altamente dinámico y no planificado, con patrones de expansión hacia las periferias de las ciudades que alteran los sistemas ecológicos allí existentes [6], [7].

Por otro lado, este crecimiento poblacional supone un mayor abastecimiento de alimento, siendo una de las fuentes de expansión agropecuaria [8]. De acuerdo con la FAO [9], las tierras productivas a nivel global pasarán de 1.580 millones de ha en 2014 a 1.660 millones de ha en 2050, con una mayor expansión en los países del Sur Global [8]. Este inusual proceso de expansión representa una amenaza para la conservación de los ecosistemas, entre ellos los bosques montanos neotropicales [10].

Los bosques montanos, caracterizados por su alto nivel de biodiversidad, se encuentran dentro de los ecosistemas más frágiles a nivel tropical [11], registrando una tasa de pérdida de superficie de 1.1% al año para el período entre 1981–1990 [12] y tendencias claras de pérdida de área en los bosques de montaña de los Andes Tropicales para el 2050 [13]. Esto a pesar de su gran importancia dentro de los procesos de circulación atmosférica global, captura de carbono, conservación de especies, entre otros servicios ecosistémicos que brindan estos bosques [13].

Las cifras muestran la misma tendencia para Ecuador. De acuerdo con el MAE [14] el CUS resulta ser el segundo sector generador de GEI en el país, con grandes contribuciones a causa de la expansión de la frontera agropecuaria y urbana. Con respecto al suelo agropecuario, se sabe que entre 1950 y 2001 se extendió en 105% y que actualmente posee una tasa de incremento anual del 5% a nivel nacional [15], [16]. Mientras que la población urbana representó un 39.5% del total poblacional para 1970, ascendiendo a 63.4% para 2015 con una tasa de crecimiento del 1.5% [16]. Todo ello bajo un fuerte nivel de deforestación que ha llevado al Ecuador a liderar la lista de pérdida de bosque montano a nivel regional con una tasa de 1.89% [17]. Además de una planificación territorial deficiente con tendencia de expansión a las periferias y zonas de amortiguamiento ecológico que influyen en la calidad de vida de la población y ecosistemas [18].

Según la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos [18] el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) mostró un crecimiento urbano del 13% para el periodo 2001-2010, con altas probabilidades de alteración de los bosques de montaña que rodean la ciudad [19]. Estos bosques, denominados ecosistemas periurbanos por encontrarse alrededor de la ciudad, son de gran importancia debido a su capacidad de amortiguamiento con la mancha urbana [19], [20], útil en la adaptación al CC [21]. Estos permiten la regulación de los ciclos biogeoquímicos [22]; mejoran la calidad del aire, el agua y la salud humana [23]; reducen la radiación ultravioleta y la escorrentía permitiendo la regulación del microclima urbano, entre otros beneficios [22], [24], [25].

Uno de estos ecosistemas es el Bosque Siempreverde Montano Alto de la Cordillera Occidental, ubicado en las estribaciones del volcán Atacazo. Este es un ecosistema pluvial fragmentado, ubicado sobre los 3100 msnm y caracterizado por una alta humedad y temperatura templada con condiciones favorables para el mantenimiento de la vida natural [26]. Históricamente, sus laderas han sido escenario de la expansión progresiva de la ciudad y de actividades agropecuarias, por lo que en 2013 fueron declaradas como Área de Intervención Especial y de Recuperación (AIER) por el Municipio del DMQ [27]. Sin embargo, dada la constante intervención humana en estos espacios [28], se desconoce el estado actual de estos bosques.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo la caracterización de un fragmento de bosque montano del sur occidente del DMQ, ubicado en las estribaciones del volcán Atacazo en la parroquia La Ecuatoriana. Para ello se desarrolló un inventario vegetal georreferenciado y el análisis de su estructura diamétrica. A continuación, se analizó algunos parámetros estructurales (riqueza, composición vegetal, densidad de especies) y posteriormente se determinó la diversidad de especies que contiene la parcela.

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en los extremos urbano del gradiente urbano-rural de la ciudad de Quito, parroquia La Ecuatoriana ubicada en las estribaciones del volcán Atacazo, al suroccidente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en la provincia de Pichincha, Ecuador [29]. Posee una temperatura media de 11 °C, con extremos máximos de 18°C a 23°C, y una precipitación media anual que oscila entre 1500 y 2000 mm [26]. Este sitio se encuentra dentro del Área de Intervención Especial y Recuperación (AIER) Pichincha-Atacazo, espacio protegido por el DMQ [30]. Esta AIER contiene una parte de los últimos fragmentos de bosque nativo (BN) que rodea la ciudad de Quito con probabilidades de urbanización [19] denominado Bosque siempreverde montano alto de la cordillera occidental, la cual se encuentra ubicada a una altitud de 3516 msnm y coordenadas Latitud Sur 9963000 y Longitud 768700 (UTM Zona 17S, DATUM WGS 84).

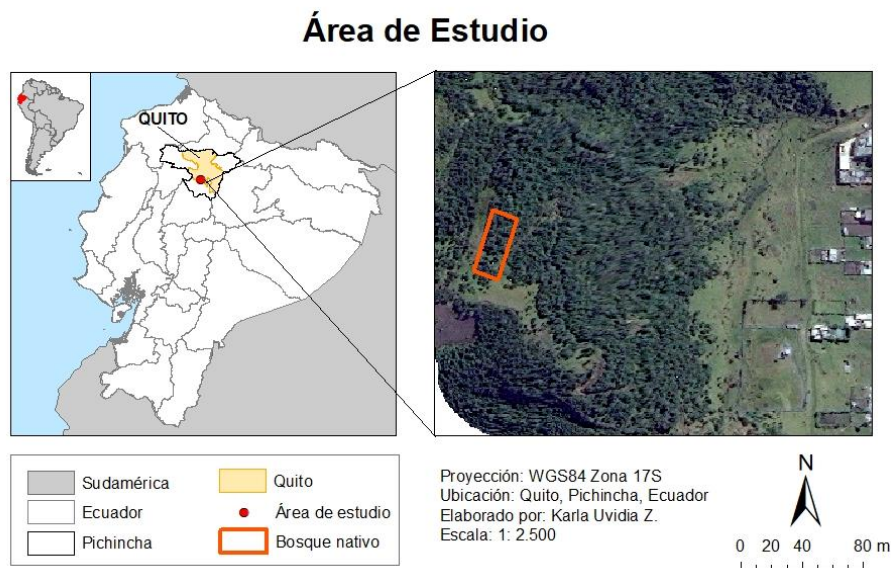


Figura 1. Área de estudio. Fuente: Bonilla-Bedoya (2022). Elaboración propia

Antecedentes metodológicos

Como parte de las actividades del proyecto “Planificación y Manejo de Bosques Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito”, en el año 2017 el equipo técnico del Centro de Investigación para el Territorio y Hábitat Sostenible (CITEHS) de la Universidad Indoamérica desarrolló la toma de muestras de plántulas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) >10 cm en una parcela de BN de 20x50 m. A partir de estos datos se desarrollará el presente trabajo investigativo.

Procedimiento

El inventario se desarrolló a partir de las muestras de plántulas tomadas previamente y se representó espacialmente gracias al apoyo de programas de Sistemas de Información Geográfica como ArcGIS versión 10.8. Para determinar la estructura diamétrica de BN se usó un histograma de frecuencias de los individuos encontrados, permitiendo observar la distribución del número de árboles con respecto a su DAP.

$$\text{Intervalo de clases} = \frac{\text{DAP máximo} - \text{DAP mínimo}}{\text{Número de clases deseadas para trabajar}}$$

Clase Diamétrica 1 = DAP mínimo + Intervalo de clase

Clase Diamétrica 2 = clase diamétrica 1 + Intervalo de clase.

Clase Diamétrica n = clase diamétrica n-1 + Intervalo de clase.

Para obtener la riqueza taxonómica se determinó el número de familias, géneros y especies encontradas en la parcela. La composición vegetal estuvo dada por la heterogeneidad de plantas identificadas en la estratificación vertical de la parcela,

expresado mediante la suma de todas las especies diferentes registradas, separando las especies de acuerdo a la forma de vida: árbol y arbustos [31].

La densidad relativa (DR) es expresada como la proporción del número total de individuos de todas las especies [32], permitiendo determinar la abundancia de una especie vegetal establecida, considerando el número de individuos de dicha especie y el total de individuos de la población [33].

$$\text{Densidad Relativa (DR)\%} = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{No. total de individuos}} * 100$$

La dominancia relativa (DmR) determina el grado de cobertura de las especies, es decir, el porcentaje de biomasa que aporta una especie (géneros, familias o formas de vida) al área, considerando el área basal del total de individuos de una especie y el área de estudio, expresado en porcentaje [33].

$$\text{Dominancia Relativa (DmR)\%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} * 100$$

La diversidad relativa de familia y género (Drf y Drg) se define como la riqueza porcentual de especies que contiene cada familia o género en estudio [31], es decir, la heterogeneidad de especies en un espacio determinado [33].

$$\text{Diversidad Relativa de Familia (Drf)} = \frac{\text{No. de especies de una familia}}{\text{No. total de especies}} * 100$$

$$\text{Diversidad Relativa de Género (Drg)} = \frac{\text{No. de especies de un género}}{\text{No. total de especies}} * 100$$

El índice de Shannon-Wiener refleja la heterogeneidad de una comunidad, considerando el número de especies (riqueza) y su representatividad (número de individuos por especie) [33]. Este se calcula a partir del índice de diversidad de Shannon (H') y el Índice de equitatividad de Shannon (E) [32]. Los valores de H' oscilan entre 0 y 5 (siendo los más comunes entre 1.5 y 3.5), pudiendo tender a cero en comunidades poco diversas y mayor a 3.5 en comunidades con alta diversidad. Mientras que E, con valores que pueden oscilar entre 0 y 1, en donde 1 representa condiciones de homogeneidad en la distribución de los elementos y 0 de heterogeneidad.

$$H' = -\sum p * \ln(pi)$$

$$pi = ni / N$$

$$ni = \text{número de individuos de la especie } i$$



N = abundancia total de las especies

$$E = H' / H_{\text{máx.}}$$

E = Equitabilidad

H' = Índice de Shannon

$H_{\text{máx}}$ = Ln del total de especies

El índice de Simpson se obtiene a través de dos valores: el índice de dominancia de Simpson (δ) y el índice de diversidad de Simpson (λ). El δ se basa en la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar en una comunidad pertenezcan a la misma especie [30]. Mientras que λ se fundamenta en la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar correspondan a especies diferentes. Valores de λ menores a 0.35 se los cataloga como diversidad baja y mayores a 0.70 diversidad alta.

$$\delta = \sum (p_i)^2$$

$$p_i = n_i / N$$

n_i = número de individuos de la especie i

N = abundancia total de las especies

$$\lambda = 1 - \delta$$

λ = Índice de diversidad

δ = Índice de dominancia

RESULTADOS

Inventario vegetal georreferenciado y estructura diamétrica

A partir del muestreo de vegetación desarrollado en la parcela de bosque nativo (1000 m²) ubicada a 3516 msnm en el noroccidente de la cordillera, se identificaron 253 individuos distribuidos en 18 especies correspondientes a 10 familias y 14 géneros (Tabla 1). Adicionalmente, se encontró que el 71.1% de la parcela se encuentra cubierta por arbustos y 28.9% por árboles (herbáceas y epífitas no fueron consideradas en el muestreo).

Tabla 1. Inventario de especies localizadas en la parcela de bosque nativo

Familia	Género	Especie	Nombre común	Individuos
Araliaceae	Oreopanax	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Puma maqui	23
Asteraceae	Pentacalia	<i>Pentacalia sp.1</i>		1
	Baccharis	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	25
	Gynoxys	<i>Gynoxys campii</i>		38
		<i>Gynoxys sp.1</i>		8
Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	2
Campanulaceae	Centropogon	<i>Centropogon sp.1</i>		13
	Siphocampylus	<i>Siphocampylus giganteus</i>	Lechero	22
Coriariaceae	Coriaria	<i>Coriaria ruscifolia</i>	Shanshi	7
Elaeocarpaceae	Vallea	<i>Vallea stipularis</i>	Raque	18
Fabaceae	Dalea	<i>Dalea coerulea</i>	Iso	8
Melastomataceae	Brachyotum	<i>Brachyotum ledifolium</i>	Arete del Inca	45
	Miconia	<i>Miconia crocea</i>	Colca azafrañada	20
		<i>Miconia papillosa</i>	Colca de Quito	1
		<i>Miconia sp.1</i>		4
Myrtaceae	Myrcianthes	<i>Myrcianthes aff. discolor</i>		10
		<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Arrayan	1
Primulaceae	Myrsine	<i>Myrsine andina</i>	Charmuelán	7

Fuente: CITEHS (2017). Elaboración propia

Al analizar la estructura diamétrica del bosque (Figura 2), observamos que el 60% de los individuos posee un diámetro menor a 12 cm. Además, se aprecia que la línea de tendencia forma una “J” invertida observando que a medida que incrementa el diámetro, menor es el número de individuos que se pueden encontrar.

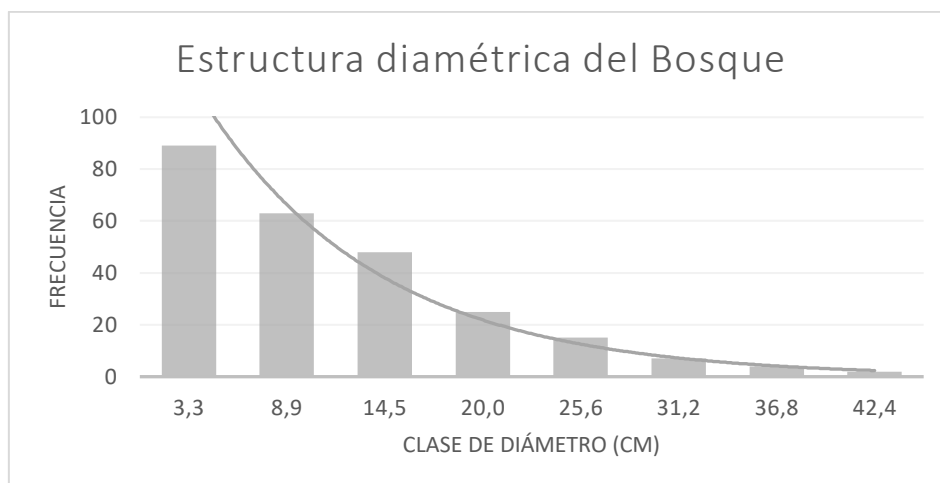


Figura 2. Estructura diamétrica de BN. Fuente: CITEHS (2017). Elaboración propia

Análisis de parámetros estructurales

Las familias mejor representadas, tomando en consideración la riqueza de especies (Drf), corresponden a: Asteraceae y Melastomataceae con 4 especies (22.2%) y Campanulaceae y Myrtaceae con 2 especies (11.1%). Mientras que el género (Drg) con el mayor número de especies diferentes localizadas en la parcela son: Miconia con 3 especies (16.7%) y Gynoxys y Myrcianthes con 2 especies (11.1%). Por otro lado, las familias menos representadas corresponden a Araliaceae, Betulaceae, Coriariaceae, Elaeocarpaceae, Fabaceae y Primulaceae con una especie cada una.

Del total de especies encontradas en el estudio, las más abundantes fueron *Brachyotum ledifolium* con 45 individuos (17.8% del total de individuos), *Gynoxys campii* con 38 (15%) y *Baccharis latifolia* con 25 (9.9%). Por otro lado, la dominancia relativa (DmR) muestra que la especie *Alnus acuminata* presenta la mayor proporción de área basal con respecto a las otras especies (27.3%), mostrando así su mayor aporte de biomasa a la parcela. Esta es seguida de *Oreopanax ecuadorensis* con 8.8% y *Myrcianthes aff. discolor* con 8.4%.

Determinación de la diversidad de especies

Para conocer la diversidad de la parcela se utilizó el índice de Shannon (H') e índice de Simpson (λ). En el primero, se obtuvo un valor de $H' = 2.51$ lo cual indica una similitud en las proporciones de las distintas especies y una diversidad media de la parcela; y $E = 0.87$ lo cual refleja que los individuos se reparten homogéneamente en la parcela. Mientras que con el índice de diversidad de Simpson se obtuvo un valor de $\lambda = 0.9$ mostrando que existe una riqueza de organismos, es decir, una diversidad alta de especies.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Inventario vegetal georreferenciado y estructura diamétrica



La parcela de bosque montano en estudio, registró en su totalidad 18 especies, valor similar a lo reportado por varios autores [34], [35] para los bosques montanos del sur de Ecuador. Este valor estaría relacionado con su elevación (3516 msnm), ya que a medida que se asciende en altitud, es común la reducción del número de especies [36]. A lo largo de la cordillera andina se han registrado en promedio 160 especies de plantas entre los 800-1500 msnm, reduciéndose a menos de 40 especies en los 3000 msnm [11]. Esta reducción en el número de especies asimismo estaría relacionada con cambios en las condiciones climáticas y edáficas específicas [34].

Al analizar la estructura diamétrica del bosque, se observó una línea de tendencia con apariencia de “J” invertida. Este comportamiento sugiere una regeneración continua del bosque con procesos de sucesión natural que incrementan la diversidad del mismo [37], [38]. Por otro lado, el mayor porcentaje de diámetros pequeños indicaría que es un ecosistema mayormente con vegetación baja. Lo que corresponde a lo expuesto por Gentry y Dodson [36] los cuales mencionan que a mayor altitud es común la reducción del tamaño de los árboles de los bosques montanos, así como la proliferación de otras formas biológicas como arbustos, epífitas, briófitas y líquenes que se desarrollan con mayor facilidad, recayendo en ellos la mayor riqueza de especies.

Análisis de parámetros estructurales (riqueza, composición vegetal, densidad de especies)

Al analizar las familias con mayor número de especies observamos que, de acuerdo con el Libro Rojo de las Especies de Ecuador [39], Asteraceae, Melastomataceae y Campanulaceae se encuentran dentro de las familias más diversas y con mayor número de especies endémicas de la región andina del país. Esto explicaría los valores más altos de diversidad relativa registradas en estas familias, para este y otros estudios de bosque montano de la zona [40]–[42].

Estas familias, además, poseen un amplio rango de expansión, es así que resultan reportadas a lo largo de la cordillera de los Andes tales como en Colombia [38], Bolivia [43] y Perú [44]. Algunas de estas familias (Asteraceae por ejemplo) resultan de gran importancia para la flora de países como Perú y Venezuela al ocupar los primeros lugares dentro de las familias más diversas a nivel nacional [45], [46].

Estas familias, junto con Araliaceae, Elaeocarpaceae, Fabaceae, Myrtaceae, y Primulaceae también fueron reportadas por [42], [47]–[50] para los bosques montanos de Ecuador y los bosques ubicados a lo largo de la cordillera de los Andes, variando su proporción de acuerdo a sus condiciones geográfica [38], [43], [44]. Muchas de ellas han sido registradas en bosques montanos de menor altitud. Esto puede deberse al amplio rango de crecimiento que poseen algunos taxones, registrándose dentro de la composición del bosque, aunque en menor proporción [51].

Este comportamiento también es observado al comparar las especies descritas por el Ministerio de Ambiente del Ecuador para el bosque montano [26] con las especies



encontradas en la parcela de estudio. Se aprecia que sólo *Oreopanax ecuadorensis* y *Vallea stipularis* coinciden con la descripción de un bosque montano alto de la cordillera occidental de los Andes (ecosistema al que pertenece el área de estudio). Sin embargo, especies como *Myrcianthes rhopaloides*, *Alnus acuminata*, *Myrsine andina*, *Brachyotum ledifolium*, *Miconia crocea*, *Syphocampylus giganteus* y *Baccharis latifolia* fueron encontradas en otras categorías de bosque montano con altitudes más bajas (2000-3000 msnm) y en ambos flancos de la cordillera de los Andes.

Al realizar un análisis por especie, observamos que *Oreopanax ecuadorensis*, *Brachyotum ledifolium*, *Gynoxys campii* y *Baccharis latifolia* poseen el mayor número de individuos. De acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN [52], especies como *Brachyotum ledifolium* y *Baccharis latifolia* son especies propias de bosques montanos presentes a lo largo de toda la cordillera de los Andes. Mientras que *Oreopanax ecuadorensis* y *Gynoxys campii* son especies endémicas del Ecuador. Todas ellas, catalogadas de “Preocupación Menor”, con excepción de *Gynoxys campii* la cual se encuentra descrita como en “Peligro de Extinción” a causa de la destrucción de su hábitat. Esto es preocupante ya que, como hemos mencionado, la fragmentación de los bosques montanos de Quito sigue en aumento, por lo que es fundamental una evaluación de los planes de manejo del AIER Pichincha-Atacazo para la conservación de esta especie.

Asimismo, resulta importante la implementación de procesos de restauración de paisaje y programas de silvicultura urbana que permitan la conservación de estos espacios. Para ello, es sustancial el uso de plantas nativas debido a su fácil crecimiento y adaptación al medio. Estas especies cumplen un papel fundamental como amortiguadores ecológicos y permiten una armonía con el entorno natural, así como una mejor identificación con la cultura regional [53].

Especies encontradas en nuestro estudio como *Alnus acuminata* son ampliamente usadas en procesos de restauración, caracterizadas por ser de rápido crecimiento y tener una buena germinación en terrenos descubiertos [54]. *Oreopanax ecuadorensis* y *Myrcianthes rhopaloides* son especies de gran importancia cultural y fácil crecimiento en áreas alteradas y remanentes boscosos [42]; siendo usadas en proyectos de restauración, así como en cercas vivas y vegetación arbustiva a lo largo de ríos [48], [55]. Otras especies como *Baccharis latifolia* son de gran importancia ecológica ya que sus ramas forman barreras impenetrables, además de que contribuyen a la polinización [56].

Otras especies que, si bien no se encontraron en el área de estudio, también contribuyen en los procesos de restauración son *Saurauia tomentosa* y *Tournefortia fuliginosa*. Estas se desarrollan en áreas alteradas o claros de bosque y atraen a dispersores de semillas [48]. Especies pioneras como *Myrsine coriácea* son importantes en la restauración de bosques montanos dado su asociación con aves y los procesos de dispersión de semillas relacionados con ella; además de su capacidad para crecer en espacios abiertos, importante para la silvicultura urbana [57].

Especies como *Buddleja incana* también resultan importantes debido a su adaptación a zonas abiertas y son utilizadas tanto en cercas vivas como en la ampliación y recuperación de masa forestal en lugares donde se ha perdido totalmente, brindando humedad y protegiendo a otras plantas de la radiación y temperatura [55], [58]. Mientras que *Salvia quitensis* y *Geissanthus pichinchae* también son relevantes por su alto valor de conservación y riqueza cultural [42], [48].

Esto demuestra que cada especie posee requerimientos diferentes y aporta de distinta forma al paisaje. Su consideración resulta importante en la elaboración de estrategias de recuperación para estos bosques, incluyendo diferentes fases de siembra. Una inicial con especies nodrizas (arbusto o árboles de crecimiento rápido) que generen sombra a otras especies; y una segunda fase en donde se introduzcan especies importantes del ecosistema, replicando así la dinámica sucesional de los ecosistemas [58].

Mediante el índice de Shannon (H') e índice de Simpson (λ) se obtuvo una diversidad media-alta de la parcela (H' : 2.5 y λ : 0.9), indicando la existencia de riqueza de organismos y similares proporciones de las distintas especies, es decir, que la diversidad florística tiende a ser homogénea, sin sobresalir una especie por sobre otra. Estos altos valores son similares a los registrados por otros autores [35], [38] para bosques montanos y puede deberse a los procesos de sucesión natural mencionados anteriormente. En este sentido, los derrumbes resultan ser un factor importante en el mantenimiento de la biodiversidad ya que deja expuesta la base rocosa, favoreciendo a la sucesión vegetal y permitiendo la estabilidad de los bosques montanos [59].

En base a los parámetros estructurales analizados previamente, junto con el valor de diversidad de especies determinado, se puede concluir que, si bien el fragmento de bosque en estudio podría atravesar un proceso de sucesión natural, este se encuentra en buen estado de conservación.

Así también resulta importante el análisis futuro de su vegetación, considerando especies de menor tamaño como herbáceas y epífitas, que permitan describir con mayor precisión la composición y estructura del bosque. Además, es fundamental la promoción de procesos de restauración y conservación ecológica para la protección de los remanentes de bosque montano y los servicios ecosistémicos que proporcionan a la ciudad.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Investigación no financiada.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran la no existencia de conflicto de interés.



APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo expone la caracterización de un fragmento de bosque montano periurbano y su importancia ecológica y de conservación para el Distrito Metropolitano de Quito. Por lo cual constituye un posible punto partida para futuros proyectos enmarcados dentro de esta línea de investigación en la región andina ecuatoriana y regional.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

La investigadora Karla Uvidia realizó la revisión de literatura y generó los resultados del estudio con su respectiva discusión.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo del Centro de Investigación para el Territorio y Hábitat Sostenible (CITEHS) de la Universidad Indoamérica, el cual me acogió en sus instalaciones y un especial agradecimiento a Kevin Valencia y Enmily Sánchez por su colaboración en el proceso.

REFERENCIAS

- [1] M. Molina, J. Sarukhán, y J. Carabias, *FCE - Detalle*. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, 2017. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9786071650771/F>
- [2] IPCC, “Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas”, ONU, 2013.
- [3] M. H. Saier, “Are Megacities Sustainable?”, *Water Air Soil Pollut*, vol. 178, n° 1, pp. 1–3, ene. 2007, doi: 10.1007/s11270-006-9206-y.
- [4] G. Magrin, *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. CEPAL, 2015. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe>
- [5] UN-Habitat, *World Cities Report 2016: Urbanization and Development - Emerging Futures*. 2016. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2016>
- [6] CEPAL, “El CELADE-División de Población de la CEPAL pone a disposición de los usuarios la edición 2019 del Observatorio Demográfico de América Latina y el Caribe: Proyecciones de población”, 18 de febrero de 2020. <https://www.cepal.org/es/notas/celade-division-poblacion-la-cepal-pone-disposicion-usuarios-la-edicion-2019-observatorio> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [7] C. Dobbs, Á. Hernández-Moreno, S. Reyes-Paecke, y M. D. Miranda, “Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile)”, *Ecological Indicators*, vol. 85, pp. 1068–1080, 2018, doi: 10.1016/j.ecolind.2017.11.062.
- [8] W. F. Laurance, J. Sayer, y K. G. Cassman, “Agricultural expansion and its impacts on tropical nature”, *Trends Ecol Evol*, vol. 29, n° 2, pp. 107–116, feb. 2014, doi: 10.1016/j.tree.2013.12.001.
- [9] FAO, “Guidelines on urban and peri-urban forestry”, 2016. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2017001603> (accedido 9 de noviembre de 2022).

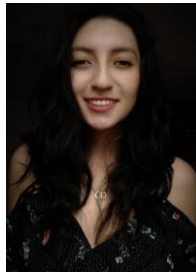
- [10] M. Kappelle y A. Brown, “Bosques Nublados del Neotropico”, Costa Rica: IMBIO, 2001, pp. 397–442.
- [11] A. H. Gentry, “Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests.”, *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests.*, pp. 103–126, 1995.
- [12] C. Doumenge, D. Gilmour, M. Ruíz, y J. Blockhus, “Tropical Montane Cloud Forests: Conservation Status and Management Issues | SpringerLink”, *Springer*, 1995, Accedido: 15 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-2500-3_2
- [13] F. Cuesta, Peralvo, y N. Valarezo, “Los Bosques Montanos de los Andes Tropicales”, 2009. <https://ecuadorforestal.org/biblioteca/k-o/los-bosques-montanos-de-los-andes-tropicales/> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [14] MAE, “Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025”, Ministerio de Ambiente, 2012.
- [15] MAE, “Sistema Nacional de Control Forestal – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica”, 2016. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/1.CONTROL-FORESTAL.pdf> (accedido 10 de noviembre de 2022).
- [16] INEC, “Ecuador - VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010. Galápagos - Información general”, 2010. <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/659> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [17] N. Tejedor *et al.*, “Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales”, *Ecosistemas*, vol. 21, n° 1–2, pp. 148–166, ene. 2012.
- [18] Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, “Informe Nacional del Ecuador para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III”. 2015.
- [19] S. Bonilla-Bedoya, A. Mora, A. Vaca, A. Estrella, y M. Á. Herrera, “Modelling the relationship between urban expansion processes and urban forest characteristics: An application to the Metropolitan District of Quito”, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 79, p. 101420, ene. 2020, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2019.101420.
- [20] J. Y. Concha, J. C. Alegre, y V. Pocomucha, “Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de theobroma cacao l. En el Departamento de San Martín, Perú”, *Ecología Aplicada*, vol. 6, n° 1–2, pp. 75–82, dic. 2007.
- [21] S. Bonilla-Bedoya *et al.*, “Urban soil management in the strategies for adaptation to climate change of cities in the Tropical Andes”, *Geoderma*, vol. 417, p. 115840, jul. 2022, doi: 10.1016/j.geoderma.2022.115840.
- [22] D. E. Pataki *et al.*, “Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions”, *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, n° 1, pp. 27–36, 2011, doi: 10.1890/090220.
- [23] S. Duan, S. S. Kaushal, P. M. Groffman, L. E. Band, y K. T. Belt, “Phosphorus export across an urban to rural gradient in the Chesapeake Bay watershed”, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, vol. 117, n° G1, 2012, doi: 10.1029/2011JG001782.
- [24] H. Wang, Q. He, X. Liu, Y. Zhuang, y S. Hong, “Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 104, n° 3, pp. 299–309, mar. 2012, doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.11.006.
- [25] E. W. Bodnaruk, C. N. Kroll, Y. Yang, S. Hirabayashi, D. J. Nowak, y T. A. Endreny, “Where to plant urban trees? A spatially explicit methodology to explore ecosystem service tradeoffs”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 157, pp. 457–467, ene. 2017, doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.08.016.

- [26] MAE, *Sistema de Clasificación de Ecosistemas de Ecuador Continental*. Quito-Ecuador, 2013. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/263151462/Sistema-de-clasificacion-de-ecosistemas-de-Ecuador-continental-pdf>
- [27] PSA-Secretaría de Ambiente, “Plan Estratégico del Área de Intervención Especial y Recuperación del Pichincha-Atacazo y Bosque Protector Flanco Oriental del Volcán Pichincha”. 2012.
- [28] P. Mena V., G. Medina, R. Hofstede, y Proyecto Páramo, Eds., *Los Páramos del Ecuador: particularidades, problemas y perspectivas*. Quito, Ecuador: Editorial Abya Yala/Proyecto Páramo, 2001.
- [29] S. Bonilla-Bedoya, A. Estrella, A. Vaca, y M. Á. Herrera, “Urban socio-ecological dynamics: applying the urban-rural gradient approach in a high Andean city”, *Landscape Research*, vol. 45, n° 3, pp. 327–345, abr. 2020, doi: 10.1080/01426397.2019.1641589.
- [30] M. I. Carrera y M. Bustamante, “Las áreas protegidas del Distrito Metropolitano de Quito: Conocer nuestro patrimonio natural – CONDESAN”, 2016. <https://condesan.org/recursos/las-areas-protegidas-del-distrito-metropolitano-de-quito-conocer-nuestro-patrimonio-natural-2/> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [31] Z. Aguirre, “Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador”, *Arnaldoa*, vol. 24, n° 2, pp. 543–556, dic. 2017, doi: 10.22497/arnaldoa.242.24207.
- [32] C. Valle, “Técnicas de Investigación en Ecología. Material de enseñanza”, *Universidad San Francisco de Quito*. Quito, 2001.
- [33] Z. Aguirre y N. Aguirre, “Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales”, *Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja*, p. 30, 1999.
- [34] J. Homeier, S.-W. Breckle, S. Günter, R. T. Rollenbeck, y C. Leuschner, “Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest”, *Biotropica*, vol. 42, n° 2, pp. 140–148, 2010, doi: 10.1111/j.1744-7429.2009.00547.x.
- [35] M. Cuvi y J. Caranqui, “ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA A DIFERENTE GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL BOSQUE MONTANO ALTO LLUCUD, CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, mar. 2011, Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/514>
- [36] A. Gentry y C. Dodson, “Diversity and Biogeography of Neotropical Vascular Epiphytes”, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, vol. 74, n° 2, pp. 205–233, 1987, doi: 10.2307/2399395.
- [37] M. F. Arturi, H. R. Grau, P. G. Aceñolaza, y A. D. Brown, “Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina”, *Revista de Biología Tropical*, vol. 46, n° 3, pp. 525–532, sep. 1998.
- [38] A. M. Burga-Cieza et al., “Estructura, diversidad y endemismo de la flora del relicto Los Lanches del bosque montano Las Palmas, Cajamarca, Perú”, *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, vol. 9, n° 1, Art. n° 1, sep. 2021, doi: 10.22386/ca.v9i1.319.
- [39] S. León-Yáñez, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa, y H. Navarrete, “Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador – Centro de Publicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador”, 2011. <https://edipuce.edu.ec/libro-rojo-de-las-plantas-endemicas-del-ecuador/> (accedido 10 de noviembre de 2022).
- [40] A. L. López, “Composición florística y estructura de un bosque montano alto en Patichubamba, provincia de Pichincha, Ecuador”, bachelorThesis, Quito: USFQ, 2014, 2014. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4127>

- [41] M. S. Haro, "Estudio de regeneración natural en tres sitios de bosque montano en la reserva geobotánica Pululahua, Pichincha, Ecuador", bachelorThesis, Quito: UCE, 2018. Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15196>
- [42] S. Curipoma, D. Cevallos, y Á. J. Pérez, "Composición y estructura florística de dos remanentes de Bosque Andino Montano Alto en el volcán Ilaló, Ecuador", *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, vol. 39, nº 2, Art. nº 2, nov. 2018, doi: 10.26807/remcb.v39i2.648.
- [43] F. Bascope y P. M. Jorgensen, "Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz", *Ecología en Bolivia*, 2005.
- [44] W. Farfan-Rios, K. Garcia-Cabrera, N. Salinas, M. N. Raurau-Quisiyupanqui, y M. R. Silman, "Lista anotada de árboles y afines en los bosques montanos del sureste peruano: la importancia de seguir recolectando", *Revista Peruana de Biología*, vol. 22, nº 2, pp. 145–174, ago. 2015.
- [45] B. León, "El libro rojo de las plantas endémicas del Perú", *Revista Peruana de Biología*, 2006. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BvRevistas/biologia/v13n2/Contenido.htm> (accedido 10 de noviembre de 2022).
- [46] S. Llamozas *et al.*, "Libro rojo de la flora Venezolana", Litografía Imagen Color, 2003. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Libro+rojo+de+la+flora+Venezolana&author=Llamozas%2C+S.&publication_year=2003
- [47] C. Cerón, "RESERVA GEOBOTÁNICA DEL PULULAHUA, FORMACIONES VEGETALES, DIVERSIDAD, ENDEMISMO Y VEGETACIÓN", *CINCHONIA*, vol. 5, nº 1, Art. nº 1, sep. 2004.
- [48] E. Pinto, C. Ulloa, y F. Cuesta, *Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, Ecuador*. Ecuador: EcoAndes, 2018. Accedido: 10 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://condesan.org/recursos/arboles-representativos-los-bosques-montanos-del-noroccidente-pichincha-%e2%80%a2-ecuador/>
- [49] D. Vistín-Guamantaqui y D. Espinoza-Castillo, "Estructura y Diversidad de Especies Arbóreas del Bosque Siempreverde Montano Alto del Parque Nacional Sangay-Ecuador | Vistín-Guamantaqui | Dominio de las Ciencias", *Dominio de las ciencias*, vol. 7, nº 6, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2401>.
- [50] C. Cerón y C. Montalvo, en *Estudios sobre diversidad de plantas. Memorias de II congreso Ecuatoriana de Botanica*, Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 1997, pp. 153–172.
- [51] S. Maldonado, "Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador", *Arnaldoa*, vol. 25, nº 2, ago. 2018, doi: 10.22497/arnaldoa.252.25216.
- [52] UICN, "Los suelos del mundo almacenan más carbono que la biomasa del planeta y la atmósfera combinados", *Mercados de Medio Ambiente*, 2018. <http://www.mercadosdemedioambiente.com/actualidad/los-suelos-del-mundo-almacenan-mas-carbono-que-la-biomasa-del-planeta-y-la-atmosfera-combinadas/>
- [53] A. Flores, "El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey", *Ciencia UANL*, vol. VII, 2005.
- [54] J. Restrepo, "Caracterización vegetal del bosque altoandino en diferentes estados sucesionales de la reserva biológica Encenillo, Guasca - Cundinamarca", 2016, Accedido: 16 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/19536>

- [55] I. Lojan, “El verdor de Los Andes. Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino”, *Proyecto Desarrollo Forestal Participativo en los Andes (DFPA)*, 1992.
- [56] J. M. Caranqui-Aldaz, N. S. Erazo-Sandoval, E. D. Guilcapi-Pacheco, y V. F. Noboa-Silva, “Estudio de vegetación asociada de *Vaccinium floribundum* Kunth en una localidad de páramo y de bosque montano alto perturbado en la provincia de Chimborazo”, *Polo del Conocimiento*, vol. 7, nº 5, p. 648, may 2022, doi: 10.23857/pc.v%vi%i.3986.
- [57] D. Moreno y S. Cuartas, “SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TRES ESPECIES ARBÓREAS EN ÁREAS DE BOSQUE MONTANO ANDINO DEGRADADAS POR GANADERÍA EN COLOMBIA”, *Acta Biológica Colombiana*, vol. 20, nº 2, pp. 85–100, may 2015, doi: 10.15446/abc.v20n2.46057.
- [58] D. Suárez, “Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de páramo en el norte del Ecuador”, *Ecología Aplicada*, vol. 7, nº 1–2, pp. 9–15, dic. 2008.
- [59] R. W. Bussmann, “Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso”, *Revista Peruana de Biología*, vol. 12, nº 2, pp. 203–216, ago. 2005.

NOTA BIOGRÁFICA



Karla Uvidia. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-6718-4786>

Es estudiante de la maestría de investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar. Obtuvo su ingeniería en la Escuela Politécnica Nacional. Su línea de investigación es en conservación de ecosistemas andinos.



Laura Salazar. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0001-7179-5822>

Es investigadora asociada de la Universidad Indoamérica, del BioCamb. Obtuvo su licenciatura en Biología en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, tiene un PhD

en Biodiversidad y Ecología de la Universidad de Göttingen, Alemania. Su línea de investigación es la ecología de plantas en gradientes altitudinales. Actualmente es docente/investigadora en la Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador.



Santiago Bonilla-Bedoya. ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0002-2464-4500>
Dr. En Recursos Naturales y Sostenibilidad, Profesor de la Universidad Indoamérica. Sus líneas de investigación incluyen el análisis espacio temporal aplicado a entender la estructura, funcionamiento y dinámica de los sistemas adaptativos complejos; el manejo y uso de la tierra, la ordenación de montes, la geografía de los recursos naturales, geoestadística y geo-informática. Las líneas de investigación que actualmente desarrolla enfatizan en el análisis espacio-temporal urbano; el manejo de áreas protegidas; la planificación y manejo de infraestructura verde urbana; y la aplicación de la ciencia de datos en el manejo de los recursos naturales con énfasis en el recurso suelo y bosque.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.