

BOSQUES

Volumen 12. No 1 2022

Latitud Cero

ISSN 2528-7818

Revista Indexada

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1>

Cambio climático, vulnerabilidad y adaptación

*Estructura y estado de regeneración
de especies forestales.*



UNL | Universidad
Nacional
de Loja

ingeniería Forestal



latindex
catálogo 2.0

REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

AUTORIDADES

Nikolay Aguirre Ph.D

Rector

Universidad Nacional de Loja

Mónica Pozo Ph.D

Vicerrectora

Universidad Nacional de Loja

COMITÉ EDITORIAL

Zhofre Aguirre Ph.D.

Director General

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Vinicio Alvarado Jaramillo Mg.Sc.

Editor Responsable

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Johanna Muñoz Mg.Sc.

Editor de Sección

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

**Editorial: Universidad
Nacional de Loja**

PAGINA ELECTRONICA

<http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/index>

CONSEJO EDITORIAL

PhD Jan Barkmann Georg-August

Universitat Gottingen, Germany

PhD Byron Maza Rojas

Universidad Regional Amazónica- IKIAM, Ecuador

PhD Ali Saleh

Instituto de Texas-TIAER, Tarleton State University

PhD. Tania Delgado Cueva

Universidad Nacional de Loja

PhD. Alberto Julca Otiniano

Universidad Nacional Agraria La Molina - Perú

PhD. Patricio Castro Quezada

Universidad de Cuenca

PhD. Mario Añazco Romero

Universidad Técnica del Norte

MSc. José Alberto Oaillacar Silva

Universidad de Los Lagos, Chile

MSc. Rodrigo Contento

CRIFOR

MSc. Oswaldo Jadán Maza

Universidad de Cuenca

Dr. José Sánchez Fonseca

Universidad Guantánamo, Cuba

MSc. Jaime Santín Calva

Universidad Nacional de Loja

MSc. Byron Palacios Herrera

Universidad Nacional de Loja

MSc. Juan Maita Chamba

Universidad Nacional de Loja

MSc. Víctor Eras Guamán

Universidad Nacional de Loja

Ing. Vladimir Placencia

Ministerio del Ambiente Ecuador

EDITORIAL

Ecuador conforma Mesa Técnica de Fomento de Negocios Forestales Sostenibles y Libres de Deforestación

Desde mayo de 2022, Ecuador cuenta oficialmente con la Mesa Técnica de Fomento de Negocios Forestales Sostenibles y Libres de Deforestación, iniciativa liderada por la Subsecretaría de Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Para realizar el lanzamiento oficial de esta mesa, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, ProAmazonia, FAO, PNUD, el día 19 de mayo de 2022, organizaron un evento en la ciudad de Quito, a la cual la Universidad Nacional de Loja estuvo invitada; ésta contó con la presencia de Bianca Dager, viceministra del MAATE; Glenda Ortega, subsecretaria de Patrimonio Natural; Agustín Zimmermann, representante de FAO en Ecuador; Mario Rodas, Oficial del Programa de la Unidad de Ambiente y Energía del PNUD; Juan Carlos Palacios, director ejecutivo COMAFORS; Zhofre Aguirre, docente-investigador de la UNL; y, representantes de la sociedad civil, sector privado y academia.

El objetivo de este encuentro fue presentar los objetivos y operatividad de la Mesa, y así, dar inicio al trabajo intersectorial en beneficio de un manejo forestal sostenible y conservación de los bosques; además, de conmemorar el día del árbol.

Ya en la perspectiva del desarrollo de la mesa técnica, el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, desde la Dirección de Bosques de la Subsecretaría de Patrimonio Natural propone la Mesa Técnica de fomento de negocios forestales sostenibles y libres de deforestación, que tiene como fin el construir e implementar un espacio estratégico de encuentro y diálogo sectorial y multinivel entre los actores de la cadena de producción forestal; además, de generar aportes que contribuyan a la definición de políticas públicas, mecanismos e iniciativas para la gestión sostenible de los recursos forestales del país.

La mesa técnica se basa en la integración de diferentes actores, bajo un enfoque de cadena de valor; y, se desarrolla en torno a siete ejes estratégicos:

- Negocios sostenibles y libres de deforestación
- Institucionalidad y gobernanza
- Incentivos productivos
- Competitividad a través de la tecnología e innovación
- Investigación y gestión de conocimiento
- Cultura forestal
- Promoción y difusión

El propósito fundamental es contar con representantes de los diferentes sectores de la ciudadanía participando activamente en los diferentes grupos de trabajo en cada eje estratégico, para de esta manera, trabajar y formular en conjunto las iniciativas que contribuyan a la gestión sostenible de los bosques de Ecuador.

Fuente: <https://cutt.ly/OKSQbks>
Comité Editorial de la RBLC

ÍNDICE

Estructura poblacional y estado de la regeneración de tres especies forestales en los bosques andinos del sur de Ecuador: caso de estudio Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” . Luis Muñoz-Chamba, Aldo Rojas, Johana Muñoz y Zhofre Aguirre	1
Dinámica del crecimiento de <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Podocarpus sprucei</i> establecidas en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Loja, Ecuador Leonardo González, Marcelo Gutiérrez, Zhofre Aguirre y Ángel Benítez	15
Agricultura familiar campesina y propuesta de riego para predios del sector El Salado del barrio La Vega, cantón Catamayo, provincia de Loja. Vásquez Edison Ramiro, Guamán-Zhingre Maribel y Vásquez-Rodríguez Génesis	31
Vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas de alta montaña abastecedoras de agua en la Región Sur del Ecuador Paúl Eguiguren, Tatiana Ojeda Luna, Juan Maita, Natalia Samaniego, Nikolay Aguirre	43
Adaptación de sistemas naturales y sociales al cambio climático en el Ecuador: una revisión Alexandra Jiménez-Torres, Estefanía Castillo-Acaro, Lorena Jiménez-Jiménez y Darwin Pucha-Cofrep	54
Loja, referente en la conservación ecológica y cuidado ambiental nacional en Ecuador Zhofre Aguirre Mendoza,, Cristian Contento Yunga y Luis Aguirre Mendoza	72

INDEX

Population structure and regeneration status of three forest species in the Andean Forest of the south of Ecuador: a case study of Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”	1
Luis Muñoz-Chamba, Aldo Rojas, Johana Muñoz y Zhofre Aguirre	
Growth dynamics of <i>Podocarpus oleifolius</i> and <i>Podocarpus sprucei</i> established in the “Reinaldo Espinosa” Botanic Garden, Loja, Ecuador	15
Leonardo González, Marcelo Gutiérrez, Zhofre Aguirre y Ángel Benítez	
Family farming and irrigation proposal for farms in the El Salado sector of the La Vega neighborhood, Catamayo cantón, Loja province.	31
Vásquez Edison Ramiro, Guamán-Zhingre Maribel y Vásquez-Rodríguez Génesis	
Climate change vulnerability in high mountain water supply watersheds in the southern region of Ecuador	43
Paúl Eguiguren, Tatiana Ojeda Luna, Juan Maita, Natalia Samaniego, Nikolay Aguirre	
Adaptation of natural and social systems to climate change in Ecuador: A review	54
Alexandra Jiménez-Torres, Estefanía Castillo-Acaro, Lorena Jiménez-Jiménez y Darwin Pucha-Cofrep	
Loja, a benchmark in ecological conservation and national environmental care in Ecuador	72
Zhofre Aguirre Mendoza,, Cristian Contento Yunga y Luis Aguirre Mendoza	

Estructura poblacional y estado de la regeneración de tres especies forestales en los bosques andinos del sur de Ecuador: caso de estudio Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Population structure and regeneration status of three forest species in the Andean Forest of the south of Ecuador: a case study of Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Luis Muñoz-Chamba^{1*}

Aldo Rojas²

Johana Muñoz¹

Zhofre Aguirre³

¹Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

²Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

³Herbario Reinaldo Espinosa. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: : luis.munoz@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1309>

Recibido: 29/03/2022

Aceptado: 02/06/2022

RESUMEN

El estudio de poblaciones forestales y su regeneración constituyen las bases para entender su dinámica dentro de los bosques. La investigación tuvo como objetivo caracterizar los parámetros poblacionales de tres especies arbóreas dentro del área de bosque andino en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. Se establecieron en el bosque 24 parcelas temporales de 400 m² para medición de árboles de las especies *Hedyosmum scabrum*, *Siparuna muricata* y *Clusia* aff. *alata*; y, parcelas anidadas de 25 m² y 4 m² para evaluar categorías de regeneración. Se midieron las variables densidad poblacional, distribución espacial y estructura en función de clases diamétricas. Para la regeneración natural se determinó la abundancia y variables estructurales. La densidad poblacional para *H. scabrum* es de 19 ind/ha, *S. muricata* 28 ind/ha y *Clusia* aff. *alata* 48 ind/ha. La estructura en clases de diámetro mostró comportamientos casi similares en *H. scabrum* y *C. aff. alata*, con más del 85 % de individuos concentrados en la primera clase diamétrica. Para *S. muricata* la población está repartida de manera proporcional en tres clases diamétricas. La distribución espacial en *H. scabrum* y *S. muricata* es agregada y aleatoria en *Clusia* aff. *alata*. La abundancia en regeneración se considera buena para *S. muricata* con mayor representatividad en brinzales; y, adecuada para *C. aff. alata* y *H. scabrum* con mayor abundancia en latizales. El estudio de la estructura poblacional de las tres especies permitió conocer que los atributos de las poblaciones pueden mostrar variabilidad dentro de una misma área geográfica.

Palabras clave: bosque, diversidad, distribución, endemismo, regeneración.

ABSTRACT

The study of forest populations and their regeneration constitute the basis for understanding their dynamics within forests. The objective of the research was to characterize the population parameters of three tree species within the Andean forest area in the “Parque Universitario Francisco Vivar Castro”. In the forest, twenty-four temporary plots of 400 m² were established to measure trees of the species *Hedyosmum scabrum*, *Siparuna muricata*, and *Clusia* aff. *alata*; and, nested plots of 25 m² and 4 m² to evaluate regeneration categories. We measured the variables population density, spatial distribution, and structure based on diameter classes. For natural regeneration, abundance and structural variables were determined. The population density for *H. scabrum* is 19 ind/ha, *S. muricata* 28 ind/ha, and *Clusia* aff. *alata* 48 ind/ha. The structure in diameter classes showed almost similar behaviors in *H. scabrum* and *C. aff. alata*, with more than 85 % of individuals concentrated in the first diameter class. For *S. muricata*, the population is more proportionally divided into three diameter classes. The spatial distribution in *H. scabrum* and *S. muricata* is aggregated and random in *C. aff. alata*. The abundance in regeneration is considered good for *S. muricata* with greater representation in brinzales; and, suitable for *C. aff. alata* and *H. scabrum* with greater abundance in latizales. The study of the population structure of the three species allowed knowing that the attributes of the populations can show variability within the same geographic area.

Keywords: forest, diversity, distribution, endemic, regeneration.

INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos tropicales son ecosistemas que poseen una gran importancia por su diversidad y alto endemismo; así como, por la producción y regulación de servicios ecosistémicos que ofrecen a la sociedad humana (Bokkestijn, 2017; Cuesta et al., 2009). Las investigaciones sobre estos ecosistemas son muy diversas y se han enfocado en la determinación de la composición florística, regeneración natural, respuesta ante diferentes escenarios de cambio climático, bienes y servicios ecosistémicos, causas de la pérdida de bosques, entre otros; sin embargo, aún quedan preguntas por responder, en especial aquellas dirigidas al entendimiento de los procesos ecológicos que en ellos ocurren (Granados et al., 2001).

Los bosques andinos están compuestos por diferentes poblaciones vegetales que determinan su fisionomía y funcionamiento (Barthlott et al., 2005); además, de la asociación con factores abióticos y las interacciones ocurridas entre sus componentes. Las poblaciones que conforman los bosques andinos, en especial especies arbóreas, juegan un papel importante en la composición, estructura y funcionamiento de los bosques (Muñoz-Chamba et al., 2021), por lo que su estudio es una tarea importante y primordial que requiere de atención.

En el estudio de poblaciones forestales se analizan una serie de características o atributos, muchas de ellas definidas por las interacciones y asociaciones de las especies. Para entender una población se requiere del conocimiento de sus propiedades estructurales y dinámicas, en concordancia con las particularidades del medio donde reside y factores asociados que en gran medida son responsables de las características de la población (Morlans, 2004; Heredia y Gil, 2006).

La densidad poblacional revela el tamaño de las poblaciones en un área determinada y se ve influenciada por las condiciones ambientales donde se desarrolla, así mismo de las relaciones entre los factores naturales y antrópicos que se encuentran en constante interacción, las cuales tienen incidencia directa en el tamaño de la población (Haeckel y Odum, 2006; Smith y Smith, 2007). La estructura por edades de una población describe como su composición y posibilidades de multiplicación, representada en clases diamétricas donde podemos inferir la etapa del desarrollo en la que se encuentra la población (Smith y Smith, 2007). La distribución espacial dentro de la población dictamina los procesos de la dinámica de la especie como estrategia para la supervivencia (Aguirre y Encarnación, 2021; Smith y Smith, 2007). La regeneración natural depende de los factores del ambiente en el que se encuentra la población, además de las adaptaciones evolutivas de las especies en los procesos de producción, dispersión, germinación y establecimiento (Quesada y Quiros, 2003; Muñoz, 2017).

Los bosques andinos en Ecuador albergan alrededor de 9 865 especies vasculares, aproximadamente la mitad de las especies de flora del Ecuador (MAE y FAO, 2015); además, existe una alta presencia de especies endémicas, abundancia en epifitas como heliconias, orquídeas, bromelias y musgos (León Yáñez et al., 2011). El presente estudio forma parte del proyecto de investigación institucional: Procesos ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Universidad Nacional de Loja. Fase II”, financiado por la Universidad Nacional de Loja y tuvo como objetivo específico caracterizar poblaciones forestales del bosque andino que permitan conocer y entender la dinámica poblacional de especies forestales y los bancos de semillas presentes en el suelo del bosque nativo andino.

De acuerdo con Aguirre et al. (2017) el bosque montano del PUFVC contiene una cantidad importante de especies típicas de los bosques andinos, y entre las de mayor importancia constan *Hedyosmum scabrum* (Ruiz & Pav.) Solms, *Siparuna muricata* (Ruiz & Pav.) A. DC., *Clusia alata* Planch. & Triana; las mismas que son parte importante de la estructura y dinámica del bosque; por lo que, es pertinente desarrollar estudios poblacionales que ayuden a entender su dinámica y los procesos ecológicos que ocurren en estos bosques.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el PUFVC, específicamente en el área ocupada por bosque nativo, que tiene una extensión aproximada de 16,24 hectáreas (Figura 1). El PUFVC está ubicado a 5 km de la vía Loja-Vilcabamba, con una superficie de 99,2 ha, en un rango altitudinal entre 2130 a 2520 m s.n.m, presenta un clima cálido templado, temperatura media anual de 15 °C y precipitación anual de 1 453 mm (Climate-Data, 2022).

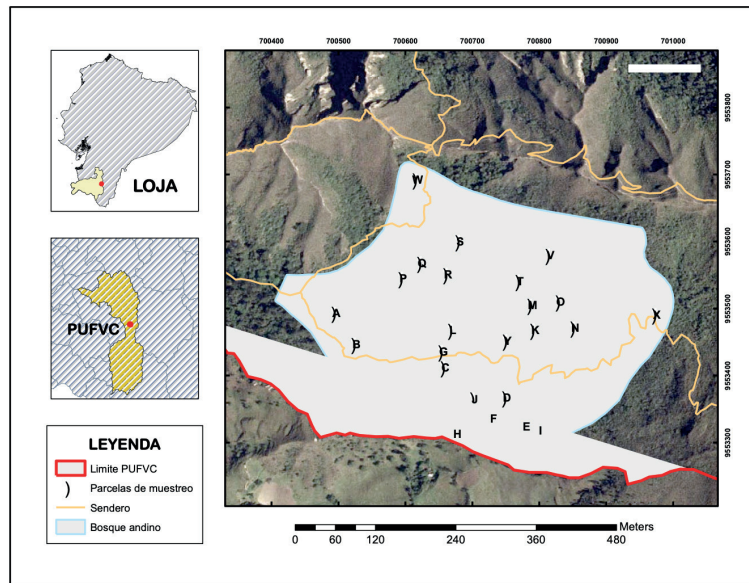


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y distribución de las parcelas de muestreo en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Selección y descripción de las especies arbóreas

Las especies seleccionadas para el estudio poblacional fueron *Hedyosmum scabrum* (Ruiz & Pav.) Solms, *Siparuna muricata* (Ruiz & Pav.) A. DC., *Clusia alata* Planch. & Triana, considerando tres criterios: importancia ecológica, densidad y uso. De acuerdo con Aguirre et al. (2017), dentro del PUFVC, estas especies están entre las de mayor importancia ecológica y densidad en el bosque. Sobre el uso de las especies, De la Torre et al. (2008) reportan que *S. muricata* es utilizada en la medicina y para *H. scabrum* y *C. alata* registran usos como combustible, materiales, medicina, usos ambientales, alimento y apícola.

H. scabrum, pertenece a la familia Chloranthaceae, se trata de árboles o arbolitos que se encuentran en regiones influenciadas por nieblas o en zonas más secas, junto a cursos de agua. Se encuentran en ecosistemas como bosque siempreverde montano bajo y montano de la Cordillera Oriental y Occidental de los Andes (MAE, 2013; Aguirre et al., 2015). Su distribución en Ecuador es en las provincias de Cañar, Carchi, Loja, Pichincha, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbíos (Jorgensen y León-Yáñez, 1995).

S. muricata, pertenece a la familia Siparunaceae, es un árbol o arbusto, dioico muy raramente monoico. Se encuentra en el bosque siempreverde montano bajo, montano y montano alto norte de la Cordillera Oriental y Occidental de los Andes (MAE, 2013; Aguirre et al., 2015). En el Ecuador se encuentran en las provincias de Napo, Zamora Chinchipe, Azuay, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Imbabura, Loja, Tungurahua, entre 1000 a 3500 m s.n.m (Castillo, 2013; Jorgensen y León-Yáñez, 1995).

C. alata, pertenece a la familia Clusiaceae, principalmente son arbustos, con tallos gruesos y torcidos. Se encuentra en Bosque siempreverde montano bajo, montano y montano alto del norte y sur de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013, Aguirre et al., 2015). En Ecuador su distribución geográfica va desde 500 hasta 3000 m s.n.m. y se lo encuentra en las provincias de El Oro, Zamora Chinchipe, Loja y Pichincha (MAE, 2013; Jorgensen y León-Yáñez, 1995).

Tamaño, forma y número de unidades de muestreo

Se utilizó un diseño de muestreo sistemático, con unidades de muestreo temporales de forma cuadrada de 20 x 20 m, dentro de las mismas se anidaron tres parcelas de 5 x 5 m y cinco parcelas de 2 x 2 m para el estudio de la regeneración natural (Aguirre, 2019).

En total se establecieron 24 parcelas en campo, que cubren un área de muestreo de 0,96 ha. La fórmula para calcular el número de unidades de muestreo fue $n = N \times i$, donde (n) es el número de unidades de muestreo, (N) es el tamaño de la población estadística e (i) es la intensidad de muestreo. Se trabajó con una intensidad de muestreo de 10 % y el valor de N se obtuvo de superponer una cuadrícula en toda el área del bosque en estudio con celdas de 20 x 20 m. En la Figura 2 se presenta la forma y distribución de las parcelas utilizadas en el estudio.

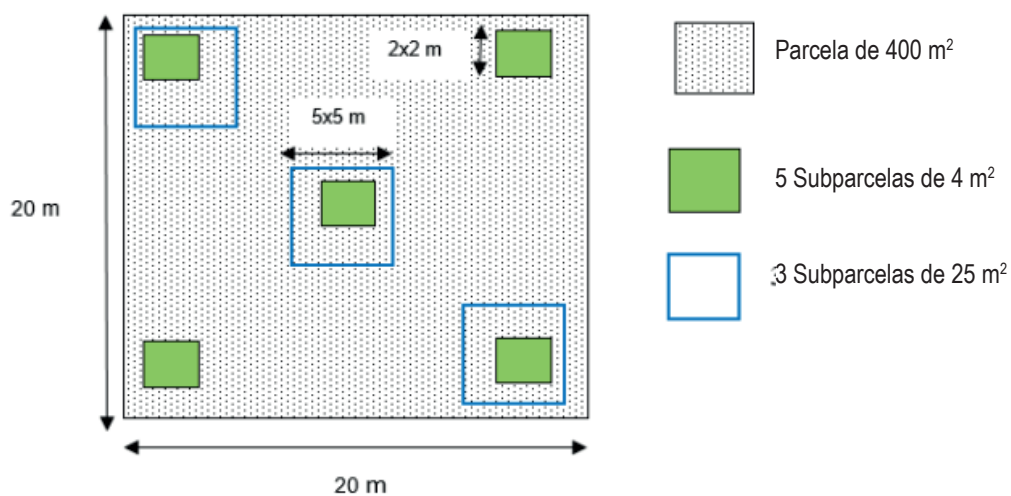


Figura 2. Forma, tamaño y distribución de unidades de muestreo.

Variables de medición

Dentro de las parcelas de 20 x 20 m se registraron todos los individuos mayores a 5 cm DAP, las variables medidas fueron: especies, abundancias y DAP.

La regeneración natural se evaluó en parcelas temporales de 5 x 5 m y 2 x 2 m, ubicadas dentro de las parcelas de 20 x 20 m. Las variables medidas fueron: abundancias, especies y categorías de regeneración como brinzal (plantas de 0,30 a 1,5 m de altura) y latizal bajo (plantas mayores a 1,50 m de altura y hasta 4,99 cm de diámetro a la altura del pecho). Las variables calculadas fueron densidad, densidad relativa, frecuencia relativa, índice de valor de importancia simplificado (Aguirre, 2019).

Parámetros poblacionales

Los parámetros poblacionales evaluados fueron: densidad poblacional, estructura poblacional en función de clases diamétricas, distribución espacial y estado de la regeneración natural.

La densidad poblacional se obtuvo de la relación del número total de individuos de la población con el área de muestreo (Aguirre, 2019; Smith y Smith, 2007).

La estructura poblacional se realizó considerando la edad de los individuos en función de clases diamétricas, a partir de los cinco centímetros. Esto se representó mediante un histograma de frecuencias por clases diamétricas, con intervalos de clase cada cinco centímetros (Aguirre, 2019).

La distribución espacial se calculó por medio del índice de Morisita estandarizado (Montañez Valencia et al., 2010), que utiliza los índices de Morisita, Uniformidad y Agregación. Para su cálculo se utilizó el software estadístico Rstudio versión 1.4.1106 (RStudio Team, 2009-2021) paquete Vegan (Oksanen et al., 2020) y función Morisita index of intraspecific aggregation (Sólymos, 2020). Los valores del índice de Morisita Estandarizado varían entre -1 y 1, con límites de confianza del 95 % entre -0,5 y 0,5. El tipo de distribución espacial fue aleatorio cuando el valor del índice de Morisita Estandarizado fue igual a cero, uniforme en valores menores a cero y agregado para datos mayores a cero. Mediante la aplicación del estadístico Chi-cuadrado (X^2), con un nivel de significancia de 0,05, se probó la significación estadística de la desviación del índice con respecto al cero. La hipótesis a probar fue que las especies forestales presentan una distribución diferente al azar (Montañez Valencia et al., 2010).

■ RESULTADOS

Densidad y distribución espacial

En la Tabla 1 se presenta la densidad poblacional y distribución espacial para las especies arbóreas estudiadas. De los 91 individuos registrados entre las tres especies, *C. aff. alata* representó el 51 %, seguido de *S. muricata* 30 % y *H. scabrum* con el 19 %. El patrón de distribución espacial para *H. scabrum* y *S. muricata* fue agregado ($p \text{ value} < 0,05$); mientras que, para *Clusia aff. alata* fue aleatorio ($p \text{ value} > 0,05$).

Tabla 1. Densidad poblacional y distribución espacial de las especies *Hedyosmum scabrum*, *Clusia aff. alata* y *Siparuna muricata* en el bosque nativo del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. D: densidad, EE: error estándar, imst: índice de morisita estandarizado.

Especie	Densidad poblacional			Distribución espacial		
	Nro. ind	D Ind ha ⁻¹	EE ±	Imst	p valor	Tipo
<i>Hedyosmum scabrum</i>	18	19	10.23	0.613	0,000	Agregado
<i>Siparuna muricata</i>	27	28	10.78	0.546	0,000	Agregado
<i>Clusia aff. alata</i>	46	48	8.5	0.342	0,076	Aleatoria

Estructura poblacional en clases diamétricas

La estructura poblacional en función de clases diamétricas se presenta en la Figura 3. *H. scabrum* y *S. muricata* presentaron individuos hasta la clase diamétrica de 15 – 20 cm mientras que *C. aff. alata* los individuos llegaron hasta la clase de 10 – 15 cm. La distribución de individuos para *H. scabrum* y *C. aff. alata* muestra comportamientos casi similares, con más del 85 % de individuos concentrados en la primera clase diamétrica, que va de 5 - 10 cm, y entre el 1 % y 2 % de individuos distribuidos en las siguientes clases, lo que genera una curva particular en forma de L. Para *S. muricata* la distribución de la población está repartida en tres clases diamétricas de manera más proporcional, manteniendo la mayor concentración de individuos en la clase diamétrica de 5 – 10 cm.

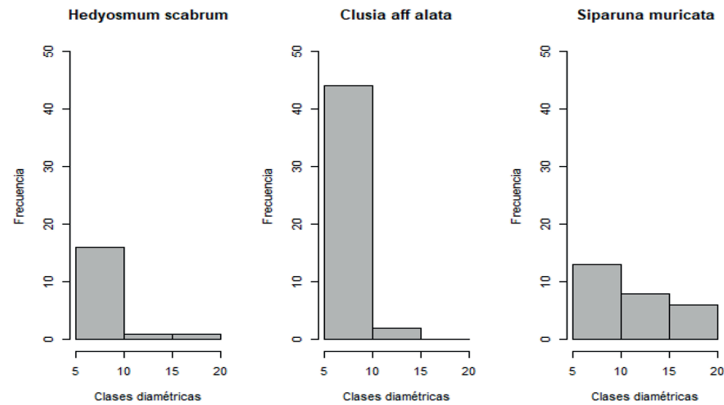


Figura 3. Estructura poblacional de las especies: *Hedyosmum scabrum*, *Clusia aff. alata*, *Siparuna muricata* agrupadas en clases diamétricas, en el bosque nativo del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Estado de la regeneración natural

Se encontraron individuos de regeneración en las dos categorías estudiadas para las tres especies forestales (Figura 4). La abundancia en regeneración se considera como buena para *S. muricata* y adecuada para *C. aff. alata* y *H. scabrum*, pues estas últimas presentan mayor número de individuos en la categoría latizal bajo; mientras que *S. muricata* el mayor número de regeneración está presente en los brinzales.

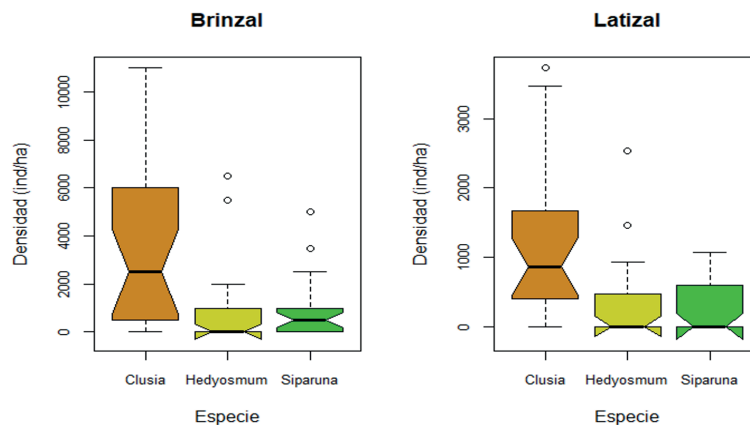


Figura 4. Estado poblacional de la regeneración natural de *Clusia aff. alata*, *Hedyosmum scabrum* y *Siparuna muricata*, en el bosque nativo del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Sobre la estructura de la regeneración, estos valores se presentan en la Tabla 2, de manera general y a nivel de categoría se puede observar que los latizales presentaron mayor número de individuos y representatividad en el bosque. Por su parte, a nivel de especie el número de individuos de regeneración natural presentó diferencias estadísticas significativas (Kruskall Wallis, brinzal p-value = 0,00027, latizal p-value= 0,0000206, $\alpha=0,05$) siendo *C. aff alata* la especie diferente. Por lo tanto, la regeneración natural de *C. aff alata* es la de mayor representatividad e importancia ecológica en el bosque andino del PUFVC.

Tabla 2. Parámetros estructurales de la regeneración natural de las especies forestales *Hedyosmum scabrum*, *Siparuna muricata* y *Clusia* aff. *alata* en el bosque nativo del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Categoría	Especie	Nro. Ind	D Ind ha ⁻¹	DR %	FR %	IVI %
Brinzal	<i>Clusia</i> aff. <i>alata</i>	168 a	3500	10,8	8,0	9,45
	<i>Hedyosmum scabrum</i>	49 b	1021	3,16	2,8	40,35
	<i>Siparuna muricata</i>	51 b	1063	3,29	4,6	57,27
Latizal	<i>Clusia</i> aff. <i>alata</i>	210 a	1167	11,72	7,0	9,39
	<i>Hedyosmum scabrum</i>	59 b	328	3,29	3,0	3,25
	<i>Siparuna muricata</i>	41 b	228	2,29	3,0	2,43

* Letras diferentes significa que existen diferencias estadísticas significativas entre grupos.

■ DISCUSIÓN

Densidad y distribución espacial

Los reportes de densidad poblacional expresados en esta investigación para *H. scabrum*, *S. muricata* y *C. aff. alata* constituyen valores de referencia en abundancia para dichas especies en función de un área (Smith y Smith, 2007; Martella, 2012). Considerando todas las especies con diámetros mayores a 5 cm que componen el bosque nativo del PUFVC, estas forman parte del grupo de mayor importancia ecológica (Aguirre et al., 2017), esto implica mayor abundancia, densidad, representatividad, frecuencia y dominancia. Sin embargo, al comparar estos resultados con otras investigaciones realizadas en el sitio, como Aguirre et al. (2017), estos valores son inferiores, lo que se debe a la distribución de los individuos a lo largo de un área geográfica (Smith y Smith, 2007) y por el método de muestreo utilizado, ya que Aguirre et al. (2017) muestrea la vegetación con una parcela permanente de una hectárea; mientras que, en este estudio se muestrea la vegetación en 24 parcelas temporales de 20 x 20 m distribuidas en toda el área del bosque nativo. A pesar de tratarse de dos métodos diferentes, y al haberse registrado menores abundancias que la parcela permanente, las especies siguen reportándose como representativas del bosque.

Según Smith y Smith (2007) la abundancia de las poblaciones es una función que depende de la densidad poblacional y el área donde se distribuye la población, donde por lo general los individuos no son igual de numerosos, lo que se ratifica con la presente investigación y se justifica las abundancias y densidades encontradas en las 24 parcelas temporales. Este resultado implica que el método de muestreo de la vegetación debe ser seleccionado cuidadosamente al momento de estudiar poblaciones forestales, más aún cuando el objetivo del estudio sea la elaboración de planes de manejo, pues las densidades pueden variar de un lugar a otro. Por ejemplo, Maldonado et al. (2016) reporta para la microcuenca El Suhi, provincia de Zamora Chinchipe, densidades para *Hedyosmun* sp. y *Clusia* sp. de 105 y 30 individuos respectivamente; mientras que, Medina (2017), menciona para un bosque intervenido la existencia de 5 individuos por hectárea de *Siparuna muricata* y 51 individuos por hectárea para *Clusia* aff. *alata*.

En el caso de la distribución espacial de las especies forestales, se reporta para *H. scabrum* y *S. muricata* patrones de distribución agregados y una distribución aleatoria para *C. aff. alata*. Esta característica de las poblaciones de acuerdo con Smith y Smith (2007) permite comprender las interacciones de las especies con el medio donde se desarrollan, identificar mecanismos o estrategias que adoptan las especies para su propagación y supervivencia. Estos resultados muestran que las especies forestales en estudio están restringidas a las condiciones biofísicas del sitio y a rangos geográficos, donde probablemente los factores históricos y las condiciones bióticas y abióticas (Matías, 2012) que están presentes en el bosque andino del PUFVC han permitido formarse y colonizar dichas áreas.

La distribución espacial de las poblaciones puede ser aleatoria, uniforme y agrupada (Krebs, 1994; Smith y Smith, 2007); y, tener una influencia en la extrapolación de los valores de densidad, en especial cuando se trabaja con diferentes escalas (Muñoz-Chamba et al., 2021). La densidad poblacional relaciona el número de individuos por unidad de área, pero si una especie tiene una distribución agregada es muy probable que la extrapolación de sus abundancias en áreas donde la especie no se encuentra, por diferentes motivos, podría tener serias implicaciones en el manejo de las especies. Por tal motivo, estas dos propiedades deben ser analizadas en conjunto, con la finalidad de no cometer errores en la estimación de los tamaños poblacionales de las especies y por ende en la planificación de su manejo.

La densidad poblacional y distribución espacial son propiedades que las poblaciones pueden mostrar variación de un lugar a otro, pues las especies se adaptan y crecen mejor en sitios favorables para las mismas, por ejemplo Gallego y Finegan (2004) encontraron variaciones en las abundancias y densidades en especies forestales que ha menudo obedece a la reacción de las especie a las condiciones de suelo. Otros aspectos a considerar en la comprensión de estas dos variables constituye el tipo de dispersión de frutos y semillas (Muñoz, 2017) y el método de propagación (Smith y Smith, 2007).

Estructura poblacional en clases diamétricas

Las poblaciones vegetales presentan una estructura en edad, es decir, se puede conocer la proporción de individuos en diferentes clases de edades y con ello las diferencias que pueden existir entre individuos de una población (Smith y Smith, 2007) y constituyen un componente importante en la evaluación de las especies (Gallego y Finegan, 2004). Aunque resulta difícil determinar la edad en las plantas, generalmente en la silvicultura se utiliza el diámetro como indicador de la edad de los árboles, pues a medida que crece un árbol también lo hace su diámetro (Smith y Smith, 2007). Las estructuras poblacionales de las tres especies estudiadas, agrupadas en clases diamétricas, muestran proporciones diferentes de sus poblaciones en clases diamétricas. *H. scabrum* y *S. muricata* sus poblaciones están distribuidas en tres clases de edad, desde 5 a 20 cm; mientras que *C. aff. alata* la población está presente entre 5 a 15 cm. Sin embargo, al comparar las abundancias del presente estudio con las registradas por Aguirre et al. (2017) se considera que las actuales estructuras poblacionales no pueden estar brindado datos completos y exactos sobre su estructura poblacional, pues algunos árboles no pudieron ser detectados por el método de muestreo empleado, en especial para aquellas especies que presentan una distribución espacial agregada como *H. scabrum* y *S. muricata*.

Al representar gráficamente las estructuras poblacionales, estas forman curvas con apariencia a una J invertida o próximas a ellas (Álvarez González et al., 2002) y también permiten inferir el gremio ecológico al que pertenecen las especies (Palacios y Jaramillo, 2004). En el caso de *C. aff. alata* y *H. scabrum* la curva graficada es más en forma de una L, lo que según Gallego y Finegan (2004), Palacios y Jaramillo (2004), Lozada y Ernesto (2000) es típico de esciófitas o generalistas. Por su

parte, *S. muricata* con una proporción de individuos más equilibrada en las clases diamétricas la curva representada más tiene una forma aplanada o alargada en el eje de las abscisas típico de especies semiluz (Lozada y Ernesto, 2000).

De acuerdo con Morláns (2004) y Maua et al. (2020) la curva en forma de J invertida es una característica de poblaciones en crecimiento y con buen estado de conservación, por lo que según Muñoz-Chamba et al. (2021) se trataría de especies que posiblemente tienen garantizado el reclutamiento de individuos a las clases diamétricas superiores; no obstante, es importante mencionar que estas especies se encuentran como codominantes en los perfiles estructurales de la vegetación del bosque andino del PUFVC (Aguirre et al., 2017) y a pesar de que sus diámetros los hace parecer jóvenes, puede tratarse de poblaciones con la misma edad de aquellas especies de estratos dominantes que presentan diámetros mayores a 20 cm (Smith y Smith, 2007). Podría darse el caso de que las especies dominantes en la estructura vertical del bosque pueden estar inhibiendo el crecimiento de las especies estudiadas, sin embargo las características morfológicas de las especies en el PUFVC las convierten en representativas de los estratos intermedios del bosque.

Estado de la regeneración natural

La regeneración natural constituye la base para la renovación y la continuidad de las especies (Morláns, 2004), por lo que ésta constituye uno de los procesos más importantes en el ciclo de vida de las plantas. El conocimiento de la estructura de la regeneración también es un aspecto que permite conocer cómo se encuentran las especies en el bosque y así poder establecer estrategias para asegurar su supervivencia. En el caso de las tres especies estudiadas, estas presentan individuos en las categorías brinzales y latizales bajos en diferentes cantidades y proporciones, esto como respuesta a la preferencia de las especies y sus propiedades a nivel de población como la distribución espacial y densidad (Smith y Smith, 2007). Para el caso de *C. aff. alata* y *H. scabrum* tienen mayor número de latizales bajos considerado esto como una adecuada regeneración y *S. muricata* la mayor abundancia está en los brinzales, considerado esto como buena regeneración. Se conoce que la regeneración natural está influenciada por varios factores tanto internos como externos, tales como luz, humedad relativa, pendiente, porcentaje de cobertura del dosel, preferencias de sitio y exigencias propias de las especies (Norden, 2014; De la Cruz, 2013), que pueden estar influyendo en las abundancias de regeneración encontradas. En el caso particular de *C. aff. alata* y *H. scabrum* al existir mayor número de individuos de regeneración en latizales, podría ser un escenario ideal para probar con tratamientos silviculturales que favorezcan las abundancias de los brinzales en estas especies (Muñoz y Muñoz, 2010).

CONCLUSIONES

El conocimiento de atributos o características en poblaciones forestales como densidad, estructura en clases diamétricas, distribución espacial y regeneración natural permiten tener un conocimiento sobre su estado actual en un tiempo y lugar determinado; y, representa las bases para iniciar con estudios de dinámica poblacional.

Las especies *C. aff. alata*, *H. scabrum* y *S. muricata* presentaron valores de abundancias y densidades poblacionales variables, entre especies y con otros estudios realizados en el sitio, lo que demuestra que estas propiedades o atributos de las poblaciones muestran variabilidad incluso en una misma área geográfica.

Las estructuras poblacionales de las especies permitieron conocer la distribución del tamaño de sus poblaciones en clases diamétricas, se trata de especies con diámetros que llegan como máximo hasta 20 cm. En el caso de *C. aff. alata* y *H. scabrum* el 80 % de sus poblaciones se concentran en la clase diamétrica de 5 a 10 cm; y para *S. muricata* la población está distribuida más equitativa en clases diamétricas de 5 hasta 15 cm.

El estado de la regeneración natural de las especies en estudio muestra un potencial para el recambio de individuos de categorías inferiores a superiores asegurando su permanencia a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Loja, Dirección General de Investigaciones, por el financiamiento del Proyecto de Investigación “Procesos ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, UNL, Fase II”. Y a todo el equipo del proyecto: director, docentes investigadores, técnicos y tesistas.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Luis Muñoz-Chamba, dirección de la investigación, planificación de actividades, apoyo en el levantamiento de información en campo, redacción, análisis e interpretación de la información, revisión y corrección del manuscrito. Aldo Rojas, trabajos de levantamiento de información en campo, análisis e interpretación de la información, redacción del manuscrito. Johana Muñoz, revisión y corrección del manuscrito. Zhofre Aguirre, dirección del proyecto de investigación, revisión y corrección de la versión final del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., y Encarnación, A. (2021). Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don, en dos relictos boscosos del Sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 28 (1), 199-216. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28112>
- Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W., y Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543-556. doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>
- Aguirre, Z. (2019). *Métodos para medir la Biodiversidad*. Primera Edición. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. ISBN: 978-9942-36-127-1
- Aguirre-Mendoza, Z., Loja, A., Solano, M., Aguirre, N. (2015). *Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador*. EDILOJA Cía. Ltda.
- Álvarez González, J.G. Schroder, J., Rodríguez Soalleiro, R., y Ruiz González, A.D. (2002). Modelling the effects of thinnings on the diameter distribution of even-aged Maritime pine stands. *For. Ecol. Manage*, 165(1-3), 57-65.

- Barthlott, W., Mutke, J., Rafiqpoor, D., Kier, G. y Kreft, H. (2005). *Global centers of vascular plant diversity*. *Nova Acta Leopoldina NF*, 92, 61-83.
- Begon, M., Harper, J.L., y Townsend, C.R. (1998). *Ecology 6 th edition: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Boston.
- Bokkestijn, A. (2017). Gestión y valorización de paisajes de Bosques Andinos para la mitigación y adaptación al Cambio Climático: Aprendizaje y desafíos. En E. Quinteo-Vallejo, A. M. Benavides, N. Moreno y S. González-Caro. (Eds.), *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia* (pp. 29-34). Medellín, Colombia: Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe- Programa Bosques Andinos (COSUDE). 1 Ed.
- Castillo, J. (2013). Inventario de especies arbóreas del bosque nativo San José de las palmas, parroquia San Pablo, cantón San Miguel, provincia de Bolívar. Repositorio institucional:https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/Ingenieria%20Agronomica/95.pdf
- Climate-Data.org. 2021. Clima de Loja, Ecuador. <https://es.climate-data.org/info/imprint/>
- Cuesta, F., Peralvo, M. y Valarezo, N. (2009). Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. *Serie investigación y Sistematización #5*.
- De la Cruz, F. (2013). Distribución espacial de la regeneración natural de especies arbóreas dentro del gradiente altitudinal Caribe-Villa Mills, Costa Rica y su relación con variables bioclimáticas. Turrialba, CR. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10790e/A10790e.pdf>
- De la Torre, L., Navarrete, P., Muriel M., Macía, J., y Balslev, H. (eds.). (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito y Aarhus.
- Gallego, B., y Finegan, B. (2004). Evaluación de enfoques para la definición de especies arbóreas indicadoras para el monitoreo de la biodiversidad en un paisaje fragmentado del corredor biológico mesoamericano. *Recursos Naturales y Ambiente*, 41, 49-61.
- Granados, S., López, R., y Gama, F. (2001). *Interacciones ecológicas de las plantas*. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Haeckel, E., y Odum, E. (2006). *Ecología de poblaciones y comunidades*
- Heredia, U., y Gil, L. (2006). La diversidad en las especies forestales: un cambio de escala. *Revista Ecosistemas*, 15(2), 24-33.
- Krebs, C.J. (1994). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collins College Publishers, Nueva York

Muñoz-Chamba et al. (2022). Estructura poblacional y estado de la regeneración de tres especies forestales en los bosques andinos del sur de Ecuador: caso de estudio Parque Universitario "Francisco Vivar Castro". *Bosques Latitud Cero*, 12(1): 1-14. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1309>

- Jørgensen, P.M., y León-Yáñez, S. (Eds.). (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 75: i–viii, 1–1182.
- Lozada, J., y Ernesto, A. (2000). Clasificación ecológica de especies arbóreas, con fines de aprovechamiento forestal, en la Estación Experimental Caparo. *Revista Forestal Venezolana*, 44, 81-91.
- León Yáñez, S., Valencia Reyes, R., Pitman, N. C. A., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (2011). *Libro Rojo Plantas endémicas del Ecuador*. 2 ed. Quito, Ecuador.
- Maldonado, S. Herrera, C., Gaona, T., y Aguirre, Z. (2016). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la microcuenca el Suhi, Palanda, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Arnaldoa*, 25(2), 615-630.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., y Gleiser, R. (2012). Manual de Ecología de poblaciones: introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (biología) serie ecología*, 5(1), 1-31.
- Matías, L. (2012). Cambios en los límites de distribución de especies arbóreas como consecuencia de las variaciones climáticas. *Ecosistemas*, 21(3), 91-96. Doi.: 10.7818/ECOS.2012.21-3.12
- Maua, J. O., Mugatsia Tsingalia, H., Cheboiwo, J., y Odee, D. (2020). Population structure and regeneration status of woody species in a remnant tropical forest: A case study of South Nandi forest, Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00820. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00820>
- Medina, J. (2018). *Diversidad florística y estimación de la captura de carbono en tres ecosistemas del parque universitario "Francisco Vivar Castro", cantón Loja, Ecuador*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21532/1/Jos%c3%a9%20Alexander%20Medina%20Medina.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Montañez Valencia, R., Escudero Vásquez, Duque Montoya, A. (2010). Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Facultada Nacional*, 63(2), 5629:5638
- Morlans, M. (2004). Introducción a la Ecología de poblaciones. Área Ecológica. Universidad Nacional de Catamarca. Editorial Científica Universitaria. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>.

- Muñoz-Chamba, L., Cabrera-Sinche, B., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2021). Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Revista Bosques Latitud Cero*, 11(1), 128-147.
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Revista Bosques Latitud Cero*, 7 (2), 130-143.
- Muñoz, J., y Muñoz, L. (2010). Evaluación de la regeneración natural de especies forestales del bosque tropical de montaña en la Estación Científica San Francisco bajo diferentes intensidades de raleo selectivo. *Ecología Forestal*, 1(1), 88-99.
- Norden, N. (2014). Del por qué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>
- Oksanen, J., Guillaume Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O’Hara, R. B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H., Szoecs, E. y Wagner, H. (2020). Community Ecology Package. Versión 2, 5-7.
- Palacios, W. y Jaramillo, N. (2004). Gremios ecológicos forestales del noroccidente del Ecuador: implicaciones en el manejo del bosque nativo. *Lyona a journal of ecology and application*, 6(2), 55-75.
- Quesada, R., Quiros, K. (2003). Estudio de especies forestales con poblaciones reducidas o en peligro de extinción. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5791/estudio-especies-forestales-poblaciones%20reducidas-extinci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>*
- RStudio Team. (2009-2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Sólymos, P. (2020). Morisita index of intraspecific aggregation. En Community Ecology Package. Versión 2, 5-7.*
- Smith, T., y Smith, R. (2007). *Ecología*. 6a edición Pearson Educación, S.A, Madrid, 2007 ISBN: 978-84-7829-084-0 Materia: Ecología general, 574.

Dinámica del crecimiento de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* establecidas en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Loja, Ecuador.

Growth dynamics of *Podocarpus oleifolius* and *Podocarpus sprucei* established in the “Reinaldo Espinosa” Botanic Garden, Loja, Ecuador.

¹ Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

² Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

³ Docente de la Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

⁴ Biodiversidad de Ecosistemas Tropicales-BIETROP, Herbario HUTPL, Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, Loja 1101608, Ecuador.

Leonardo González ^{1*}

Marcelo Gutiérrez ²

Zhofre Aguirre ³

Ángel Benítez ⁴

* Autor para correspondencia: lpgonzalez@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1313>

Recibido: 22/04/2022

Aceptado: 12/05/2022

RESUMEN

Los bosques andinos del Ecuador son considerados como puntos calientes de biodiversidad, aquí la familia Podocarpaceae representados por *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* son elementos característicos de estos ecosistemas. El objetivo de esta investigación fue determinar su dinámica de crecimiento en un periodo de 14 años. Se midió DAP y altura total, con los cuales se calculó el crecimiento e incremento medio anual del diámetro, altura y volumen en dos periodos (2010-2017 y 2017-2021); y, los índices de calidad: diámetro y forma de copa, Índice de Espacio Vital (IEV), Monto de copa (Mc), Índice de Esbeltez (IE), esto permite evaluar la dinámica del crecimiento y las condiciones de calidad del arboretum. *P. sprucei* presenta mayor área basal (2,93 m²) y volumen total (10,47 m³), el diámetro de copa es mayor en *P. sprucei* (1,98 m), seguido de *P. oleifolius* (1,86 m); IEV es mayor en *P. oleifolius* (29,39), *P. sprucei* tiene 22,79; el monto de copa es mayor en *P. oleifolius* (0,58) y un área foliar de 3,47 m²; el índice de esbeltez es de 0,42 en *P. sprucei*. Mediante los análisis estadísticos de U de Mann-Whitney se detectaron diferencias significativas de los parámetros dasométricos, crecimiento e incremento medio anual entre las dos especies. *Podocarpus sprucei* presentó mayores valores en todos los parámetros en comparación con *Podocarpus oleifolius*, al parecer presenta una mejor adaptación al sitio. Sin embargo, según el índice de calidad se puede aplicar actividades silviculturales para evitar la competencia entre las especies.

Palabras clave: Dinámica de crecimiento, Podocarpaceae, Índices de calidad, arboretum, Jardín Botánico.

ABSTRACT

The Andean forests of Ecuador are considered as biodiversity hotspots, here the Podocarpaceae family represented by *Podocarpus oleifolius* and *Podocarpus sprucei* are characteristic elements of these ecosystems. The objective of this research was to determine its growth dynamics over a period of 14 years. DAP and total height were measured, with which the mean annual growth and increase in diameter, height and volume were calculated in two periods (2010-2017 and 2017-2021); and, the quality indices: diameter and shape of the cup, Vital Space Index (IEV), Comp Amount (Mc), Slenderness Index (IE), this allows evaluating the growth dynamics and the quality conditions of the arboretum. *P. sprucei* has a greater basal area (2.93 m²) and total volume (10.47 m³), the crown diameter is greater in *P. sprucei* (1.98 m), followed by *P. oleifolius* (1.86 m); IEV is higher in *P. oleifolius* (29.39), *P. sprucei* has 22.79; the crown amount is greater in *P. oleifolius* (0.58) and a leaf area of 3.47 m²; the slenderness index is 0.42 in *P. sprucei*. By means of the statistical analyzes of the Mann-Whitney U, significant differences were detected in the dasometric parameters, growth and average annual increase between the two species. *Podocarpus sprucei* presented higher values in all the parameters compared to *Podocarpus oleifolius*, apparently it presents a better adaptation to the site. However, according to the quality index, silvicultural activities can be applied to avoid competition between species.

Key words: Growth dynamics, Podocarpaceae, Quality indices, arboretum, Botanic Garden.

INTRODUCCIÓN

En la región sur del Ecuador existen valiosas formaciones boscosas, donde los bosques de Podocarpaceae son típicos de ecosistemas montañosos tropicales de los Andes, cumpliendo un rol importante en la provisión de servicios ecosistémicos (Ayma-Romay y Sanzetenea, 2008) tanto de regulación como de aprovisionamiento. Sin embargo, según Aguirre *et al.* (2015) en el Sur del Ecuador son codiciadas por su madera fina y las poblaciones naturales están desapareciendo paulatinamente esto conduce a reportarse como catalogadas bajo criterios de amenaza (geografía, población, hábitat, amenazas, usos y comercio) (Vicuña-Miñano, 2005; Yaguana *et al.*, 2012). *Podocarpus sprucei* está catalogada En Peligro (EN) con una alta sensibilidad (Thomas y Farjon, 2014), mientras que *Podocarpus oleifolius*, especie endémica se encuentra en Preocupación menor (Gardner, 2013). Estas especies pueden habitar los bosques montanos desde 1800 a 3900 m s.n.m (Thomas y Farjon, 2018).

Consecuentemente, las especies del género *Podocarpus* al ser consideradas importantes para los ecosistemas de montaña se tornan fundamentales para promover la recuperación de sus poblaciones (Guillen-Cossio *et al.*, 2009) y con ello conocer la dinámica de su desarrollo ya sea al nivel de ecosistema o rodal. Los estudios sobre dinámica de la vegetación son limitados y la particularidad de cada especie hace necesaria estudiar la dinámica de crecimiento de especies forestales, considerando parámetros como: supervivencia, crecimiento total, incremento medio anual, altura y volumen, diámetro y forma de copa (Aguirre *et al.*, 2014). Consecuentemente estos estudios ayudaran a obtener información base sobre el comportamiento silvicultural y tener propuestas sólidas para el establecimiento de especies nativas en rodales o ecosistemas naturales. Hay pocos estudios sobre dinámica del crecimiento en especies de Podocarpus, entre ellos Ayma *et al.* (2017) estudiaron el crecimiento de *P. glomeratus* en los andes, así como también Herrera y Chim (2021).

Ante la necesidad de conocer la dinámica de crecimiento del género *Podocarpus* en especial de *P. sprucei* y *P. oleifolius*, se seleccionó un arboretum ya establecido en el año 2006 dentro del Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, dicho esto, el objetivo propone evaluar el comportamiento de la dinámica de crecimiento y las condiciones vitales de desarrollo, que promuevan a generar conocimiento y bases para la planificación en el establecimiento de especies nativas en diversos escenarios y para múltiples propósitos requerentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” (JBRE), está ubicado en la parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja, en las coordenadas 79° 12' 24" longitud oeste; 04° 02' 01" latitud sur, a una altitud de 2 135 m s.n.m., temperatura promedio de 16,1 °C, precipitación de 900 mm, con un área de 7 ha, pertenecen a la zona de vida bosque seco montano bajo (Merino y Gutiérrez, 2010; Aguirre y Gutiérrez, 2013) (Figura 1). La investigación se realizó en un arboretum mixto con especies de *P. oleifolius* y *P. sprucei* procedentes de la parroquia Amaluza, las cuales se establecieron en el año 2006, en un área aproximada de 0,4 ha, los individuos están plantados a un distanciamiento de 2 m x 2 m, abarcando un total de 828 individuos, cada individuo tiene una placa con un código de identificación.

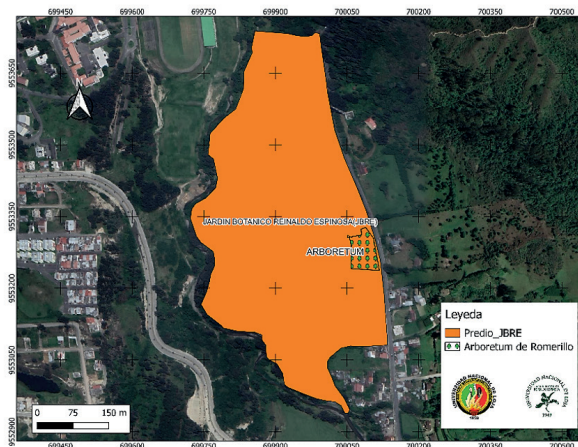


Figura 1. Ubicación geográfica del arboretum de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”.

Medición y cálculo de variables dasométricas .

A cada individuo se midió la altura total con una regla graduada en metros, se midió la circunferencia a la altura del pecho (CAP_{1,30} m) con una cinta métrica, luego se transformó a DAP_{1,30} m, con los datos registrados se realizaron los cálculos de área basal (m²) y volumen total (m³), para los cálculos se utilizaron las fórmulas empleadas por Ugalde (1981):

Diámetro a la altura del pecho

$$DAP_{1,30\ m} = \frac{CAP_{1,30\ m}}{\pi}$$

Donde:

CAP= circunferencia a la altura del pecho

Área basal

$$G\ m^2 = (DAP_{1,30\ m})^2 * K$$

Donde:

K=0,7854

Volumen total

$$Vt\ m^3 = ff * G\ m^2 * H$$

Donde:

H= altura

Factor de forma (ff) = 0,5

Cálculo de supervivencia

Se determinó la supervivencia de las dos especies y se tomó en consideración el número de individuos vivos y muertos en los tres periodos de análisis mediante la fórmula:

$$(\%)\ Supervivencia = \frac{\sum ind.\ vivos}{N}$$

Donde:

N: total de individuos por especie

Crecimiento e Incremento medio anual (IMA) de las especies establecidas

Una vez obtenidos los cálculos dasométricos, se procedió a evaluar el incremento medio anual en base a tres mediciones que corresponden a los años 2010, 2017 y 2021, posterior a ello se consideró dos periodos de análisis 2010–2017 y 2017–2021 tomando en cuenta los valores iniciales y finales de cada individuo. Las variables de análisis corresponden a la altura total (m), diámetro a la altura del pecho ($DAP_{1,30m}$) y volumen total (m^3). Se aplicó las fórmulas sugeridas por Monge *et al.* (2012) y Aguirre *et al.* (2014):

Crecimiento en diámetro

$$\mathbf{Cr. D_{1,30 m} (cm) = d_f - d_i}$$

Donde:

df= diámetro final

di = diámetro inicial

Crecimiento en altura

$$\mathbf{Cr. H (m) = h_f - h_i}$$

Donde:

hf= altura final

hi = altura inicial

Incremento medio anual de altura total (m), D_{1,30 m} y volumen total (m³)

$$\mathbf{IMA = \frac{CF}{t}}$$

Donde:

CF= crecimiento final de periodo

t= años de evaluación

Índices para determinar la calidad del rodal

Para determinar la calidad del rodal se consideró los siguientes parámetros:

- Diámetro y forma de copa (m): define la arquitectura de la agrupación del follaje del árbol; para definir las formas de copa se tomó en consideración dos medidas con proyección del plano cartesiano, la primera corresponde al eje X y la segunda al eje Y (Arias, 2005). Thirakul (1998) menciona varias formas de copa: esférica, redondeada, umbelada, parasol, plana, coliflor, múltiple – flabelada, cresto-flabelada, estratificada, cónica, estrechamente triangular y triangular.
- Índice de espacio vital (IEV): este índice considera la densidad de masa en la que ha vivido el árbol, lo cual expresa cuantas veces es mayor el diámetro de copa que el diámetro del árbol, mostrando el espacio necesario que necesita el árbol para crecer sin competencia (Durlo, 2001).
- Monto de copa: este parámetro funciona como un indicador de la producción de masa forestal y la competencia que se genera entre copas de los árboles y su altura, por lo tanto, los valores altos indican que los individuos se desarrollan y presentan menor competencia sea de espacio o luz (Durlo y Denardi, 1998; Nájera-Luna y Hernández-Hernández, 2008).

- Índice de Esbeltez: es el cociente entre altura y diámetro, y está relacionado con la resistencia a factores ambientales (viento, sequía o frío). Valores altos implican plantas con menor resistencia a condiciones de campo (Ramos-Huapaya y Lombardi-Indacochea, 2020). Según Conafor (2005) los valores obtenidos pueden interpretarse de la siguiente manera: alta (< 6), media (6,1 - 8) y baja (> 8).

Fórmulas para el cálculo de índice de calidad del rodal:

Diámetro de copa (DC)

$$DC = \frac{D1\ m + D2\ m}{2}$$

Dónde:

D1 = Diámetro proyección "X"

D2 = Diámetro proyección "Y"

Índice de espacio vital (IEV)

$$IEV = \frac{DC\ m}{d\ m}$$

Dónde:

DC = Diámetro de copa

d = Diámetro normal a 1,30 m del suelo

Monto de copa (Mc)

$$Mc = \frac{DC\ m}{Ht\ m}$$

Dónde:

DC = Diámetro de copa

Ht = Altura total

Índice de Esbeltez

$$IE = \frac{Ht\ cm}{d\ mm}$$

Ht = Altura total

d = diámetro

Análisis de datos

Para el análisis estadístico se consideró los datos actuales (año 2021) del crecimiento de las especies desde su establecimiento. Se realizó diagramas de cajas para visualizar los cambios en la altura, diámetro a nivel del pecho, diámetro de la copa, área basal y volumen en función de las dos especies. Los datos no presentaron una distribución normal, en base a la prueba de Shapiro-Wilks (p -valor $< 0,05$) para todas las variables de respuesta. Por lo tanto, para evaluar los efectos de la especie sobre altura, diámetro a nivel del pecho, área de la copa, área basal y volumen se realizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. Así mismo, la relación entre la altura, DAP, área de la copa, área basal y volumen se analizó con una correlación de Spearman. El coeficiente de correlación toma valores de -1 (correlación negativa) a +1 (correlación positiva), valores cercanos a cero (0) correlaciones débiles y cercanos a +1 o -1 (correlaciones fuertes). Todos los análisis se realizaron con el programa R version 3.6.3 (R Team Development Core Team, 2020)

RESULTADOS

Parámetros dasométricos

Existen 435 individuos de *Podocarpus oleifolius*, mayor a *Podocarpus sprucei* que tiene 393 individuos. *P. sprucei* tiene mayor cantidad de volumen y área basal (Figura 2A y 2B).

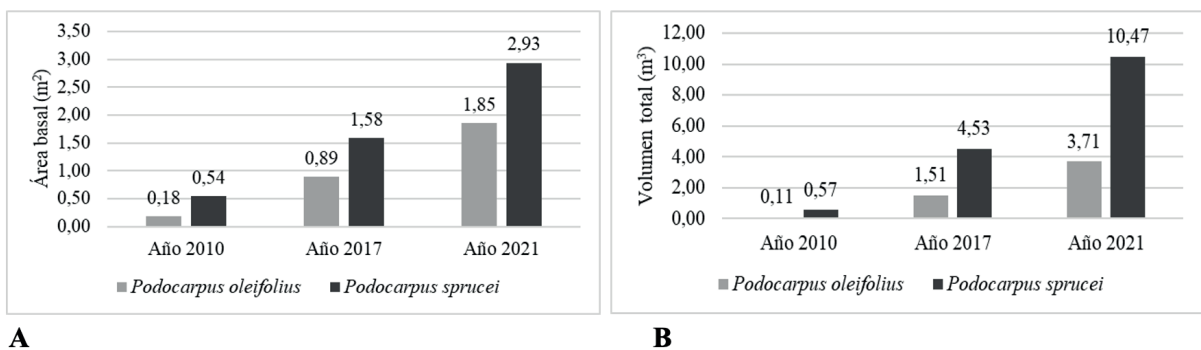


Figura 2. A. Área basal (m²) y volumen total (m³) de *Podocarpus oleifolius*. B. *Podocarpus sprucei* establecidas como arboretum en el JBRE.

El diagrama de cajas señaló valores altos en altura, DAP, diámetro de la copa, área basal y volumen en la especie *Podocarpus sprucei* al comparar con *Podocarpus oleifolius* (Figura 3). Los datos evaluados corresponden a la última medición (año 2021).

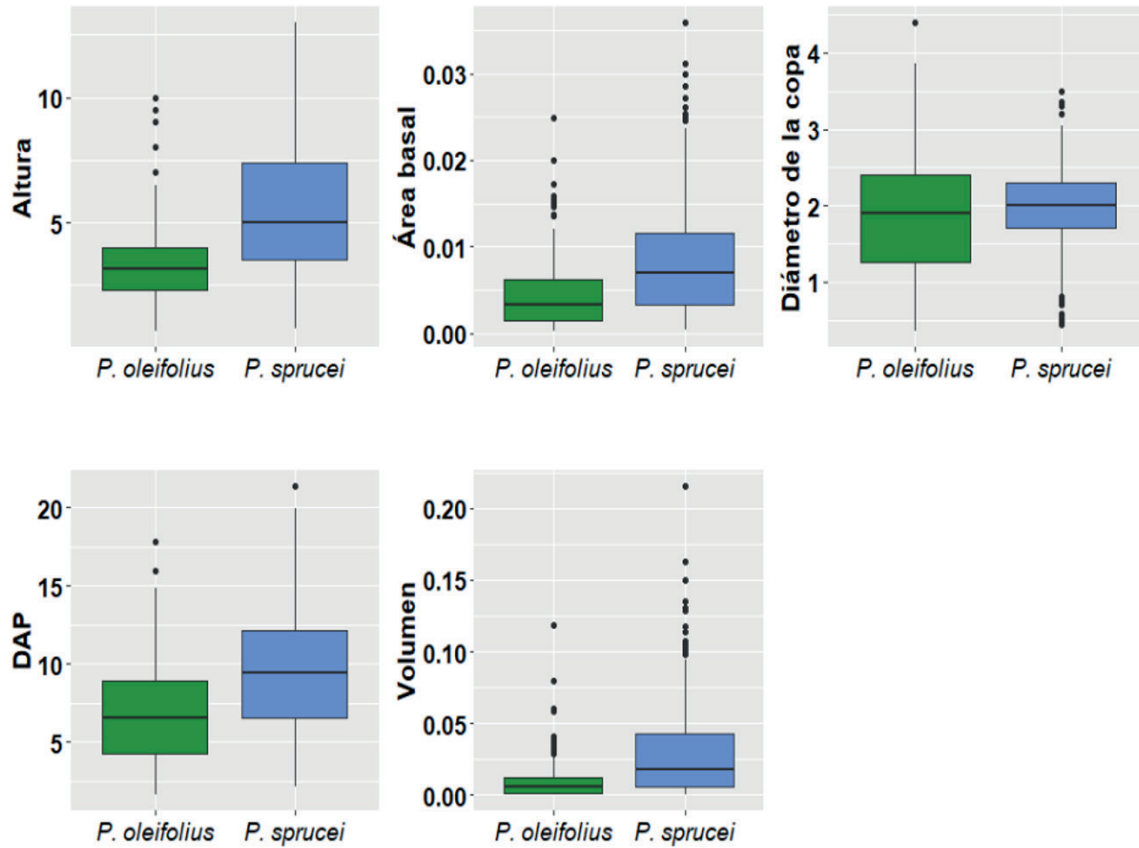


Figura 3. Diagrama de cajas de la altura (m), área basal (m²), diámetro de copa (m), DAP_{1,30m} y volumen (m³) de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei*.

La prueba de U de Mann-Whitney señaló diferencias significativas de la altura, DAP, área de la copa, área basal y volumen en función de las dos especies (Tabla 1).

Tabla 1. Prueba U de Mann-Whitney para *P. oleifolius* y *P. sprucei* que crecen en el JBRE

Variable	Z	p-valor
Altura	11,9	<0,0001
Área basal	9,62	<0,0001
Área de la copa	2,39	0,017
DAP	9,62	<0,0001
Volumen	10,84	<0,0001

El coeficiente de correlación de Spearman señaló correlaciones altas y significativas entre todas las variables (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de correlación de Spearman entre altura, diámetro a nivel del pecho, área de la copa, área basal y volumen de *P. oleifolius* y *P. sprucei*.

Variables	Altura (m)	DAP (cm)	Diámetro de copa (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
Altura (m)		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
DAP (cm)	0,85828		<0,0001	<0,0001	<0,0001
Diámetro de copa (m)	0,66906	0,78283		<0,0001	<0,0001
Área basal (m ²)	0,85828	1	0,78283		<0,0001
Volumen (m ³)	0,93885	0,9809	0,76409	0,9809	

Supervivencia de las especies

El análisis de los periodos se demostró que *Podocarpus sprucei* representa mayor supervivencia, y, por otra parte, *Podocarpus oleifolius* representa menor supervivencia (Tabla 3).

Tabla 3. Supervivencia de las especies *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* establecidas en el JBRE.

Especies	Primer periodo (2010-2017)			
	Plantados	Vivos	Muertos	Supervivencia (%)
<i>Podocarpus oleifolius</i>	435	427	8	98,16
<i>Podocarpus sprucei</i>	393	391	2	99,49
Especies	Segundo periodo (2017-2021)			
	Plantados	Vivos	Muertos	Supervivencia (%)
<i>Podocarpus oleifolius</i>	435	350	85	80,46
<i>Podocarpus sprucei</i>	393	371	22	94,90

Crecimiento e Incremento medio anual

El análisis del incremento medio anual en el primer periodo demostró que presenta mayor incremento *Podocarpus sprucei*, mientras que, para el segundo periodo, *P. oleifolius* presentó un desarrollo más lento, los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Crecimiento e incremento medio anual de *P. oleifolius* y *P. sprucei* establecidas en el JBRE.

Especie	Primer periodo (2010-2017)					
	Crecimiento			Incremento medio anual		
	Al-tura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m ³)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen To-tal (m ³)
<i>Podocarpus oleifolius</i>	1,46	2,61	0,003	0,11	0,37	0,0005
<i>Podocarpus sprucei</i>	2,46	3,47	0,01	0,35	0,54	0,0015
Especie	Segundo periodo (2017-2021)					
	Al-tura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m ³)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen To-tal (m ³)
	<i>Podocarpus oleifolius</i>	0,60	1,82	0,007	0,15	0,45
<i>Podocarpus sprucei</i>	1,10	2,85	0,017	0,27	0,68	0,0071

Índices de calidad del rodal

Forma de copa y diámetro

Con mayor crecimiento de copa se reportó a *P. sprucei* (1,98 m) formando una copa cónica, *P. oleifolius* (1,86 m) con forma de copa triangular. El diagrama de dispersión indicó que *P. sprucei* presenta mayor relación del diámetro de la copa y el diámetro basal con un valor alto del coeficiente de determinación $r^2 = 0,6686$ (Figura 4B), mientras que con una diferencia no significativa en menor relación está *P. oleifolius* con un valor $r^2 = 0,6227$ (Figura 4A).

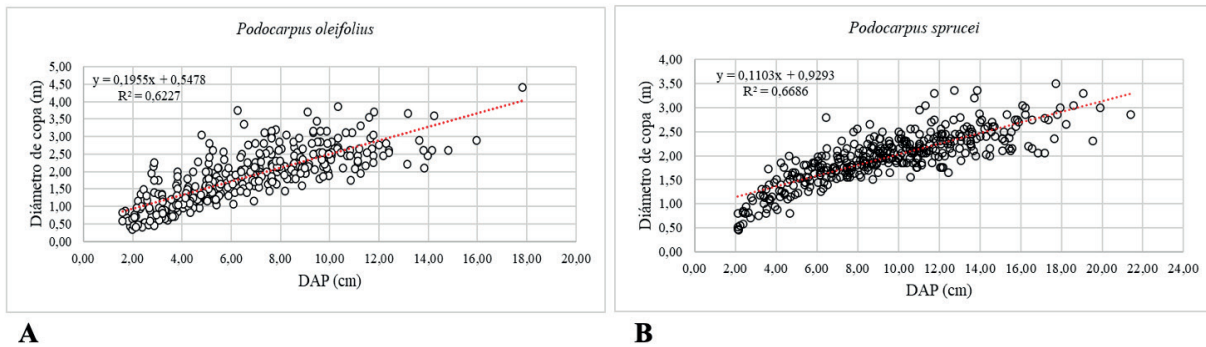


Figura 4. A Relación entre diámetro de copa y diámetro del árbol de *Podocarpus oleifolius*. B. *Podocarpus sprucei* establecidas como arboretum en el JBRE.

Índice de espacio vital

El índice de espacio vital para *P. oleifolius* fue de 29,39 (340 ind/ha) y para *P. sprucei* de 22,79 (439 ind/ha). Estos valores indican que *P. oleifolius* requiere de mayor espacio vital para su desarrollo. La prueba de U de Mann-Whitney señaló diferencias significativas entre el índice de espacio vital y las dos especies ($Z = 11,05$; $p\text{-valor} = < 0,0001$).

Monto de copa

Podocarpus oleifolius tiene un valor (0,58), mientras para *Podocarpus sprucei* (0,42), señalando con esto que existe un nivel de competencia alto, y se considera con mayor competencia a *P. sprucei* con un área de copa de 3,92 m² y una altura promedio de 5,50 m. La prueba de U de Mann-Whitney señaló diferencias significativas entre el monto de la copa y las dos especies ($Z = 12,55$; p-valor = $< 0,0001$).

Índice de Esbeltez

P. sprucei tiene un índice de esbeltez de 5,85, en comparación con *Podocarpus oleifolius* que es de 5,30, los valores son similares, lo que indica que las dos especies tienen adaptación alta en cuanto a las condiciones ambientales (viento, precipitación, temperatura) del sitio. La prueba de U de Mann-Whitney señaló diferencias significativas entre el índice de esbeltez vital y las dos especies ($Z=4,97$; p-valor= $<0,0001$)

■ DISCUSIONES

Parámetros dasométricos

Existe mayor representatividad de *P. sprucei* con un valor de 2,93 m

de área basal y $10,47 \text{ m}^3$ y volumen total, en comparación con *P. oleifolius* que presenta valores bajos con $1,85 \text{ m}^2$ de área basal y $3,71 \text{ m}^3$ de volumen total, considerando que tiene mayor abundancia (435 individuos). Lo que indica un mejor desarrollo de *P. sprucei*, considerando su establecimiento mixto (combinación de las dos especies). Apoyando los resultados, Yaguana *et al.* (2012) que menciona que especies de Podocarpaceae pueden llegar a presentar diversos valores de abundancia y área basal, se mencionan a *Retrophyllum rospigliosii* con 29 individuos (área basal= $16,58 \text{ m}^2$), *Prumnopitys harmsiana* con 22 individuos (área basal= $11,55 \text{ m}^2$) y *Podocarpus oleifolius* con 5 individuos (área basal= $0,31 \text{ m}^2$). Las especies de Podocarpaceae al ser codiciadas por su madera presentan baja abundancia, por lo que este parámetro varía en función del estado de conservación del bosque, es así que, Aguirre y Encarnación (2021) en base a un estudio sobre parámetros poblacionales y regeneración natural de *P. oleifolius* reportaron que en dos sitios de muestreo Angashcola y Reserva Arcoiris se registró una densidad de 204 y 34 individuos, respectivamente. Ante lo mencionado en comparación con el presente estudio es notorio que las especies tienden a presentar mejor desarrollo en condiciones naturales, ya que cuentan con las condiciones ambientales necesarias, a diferencia que, *ex situ* las especies tienen que pasar por un proceso de adaptación.

Los valores dasométricos indicaron correlaciones altas entre las variables altura total, DAP, diámetro de copa, área basal y volumen, tal como lo mencionan Delgado *et al.* (2003) en la evaluación del crecimiento de cinco especies que la relación diámetro/altura en contexto es correlacionable y determinante en el crecimiento proporcional de una especie. En este estudio *P. sprucei* presenta mayor correlación, esto se ve reflejado en los crecimientos de alturas y diámetros proporcionales lo cual se ve influenciado en el crecimiento de volumen y área basal, esto indica que las dos especies mantienen una estrecha relación en cuanto a su desarrollo en las variables dasométricas. El DAP y diámetro de copa a pesar de mantener una buena correlación, presenta ciertos valores atípicos, representado por individuos más desarrollados. Por ejemplo, para *P. sprucei* en árboles con 10 cm de DAP se puede esperar diámetros de copa con valores entre 1,5 m a 2,5 m (Figura 4B).

Supervivencia de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei*

El prendimiento de las plantas en las etapas iniciales es decisiva y determinante en la abundancia poblacional a futuro. Considerando como base el establecimiento de 435 plantas de *P. oleifolius* y 393 plantas de *P. sprucei*. La evaluación en los dos periodos demostró que *P. sprucei* presenta mayor supervivencia con un 5 % de mortalidad entre el primer y segundo periodo, mientras que *P. oleifolius* con menor supervivencia presenta una diferencia mayor con 17,7 % de mortalidad triplicando el valor de *P. sprucei*. Considerando lo mencionado es notorio la influencia del diseño de siembra, en donde, las especies están mezcladas y por ende existe competencia entre los individuos.

Es importante señalar que en el sitio del arboretum, anteriormente se realizaban prácticas agrícolas por lo cual el suelo puede presentar carencia de nutrientes o acidez (ph), al respecto Guillen *et al.* (2009) en un estudio sobre sobrevivencia y crecimiento de *Podocarpus glomeratus* mencionan que los nutrientes no fueron elementales y posiblemente se deba a la condición de las raíces, parte foliar o cuidados silviculturales, contrariamente a lo expuesto por Salcedo – Pérez (2019), que menciona que la productividad de especies plantadas dependerá, esencialmente, de las condiciones del suelo. La asociación de los factores ambientales también es determinante, así Ayma *et al.* (2017) mencionan que la pedregosidad, pendiente, vegetación y altitud pueden llegar a causar diversos niveles de estrés ambiental lo cual se ve reflejado en la sobrevivencia de árboles plantados. Los valores de supervivencia son altos en comparación con lo reportado por Aguirre *et al.* (2019), donde se menciona valores < 70

% en tres especies forestales: *Cedrela montana*, *Jacaranda mimosifolia* y *Lafoensia acuminata*.

Es importante mencionar que se desconoce las características originarias del material genético de *P. oleifolius* y *P. sprucei*, sembradas en el Jardín Botánico Reinaldo Espinosa, y si fueron de árboles con características genotípicas y fenotípicas deseables, lo cual es clave para el mejoramiento genético a partir de poblaciones naturales, de la misma manera, Verga (2014) menciona la importancia de la diversidad genética como base de adaptación a largo plazo, siendo vital para mantener la viabilidad de las especies frente a la diversidad de ambientes que se presentan en el espacio y tiempo.

Crecimiento e Incremento medio anual

Se conoce que el crecimiento es sobresaliente y hay desarrollo en los primeros años y se reduce gradualmente en los últimos años; esto se corrobora según un estudio realizado por Aguirre *et al.* (2014) sobre la dinámica de crecimiento de especies forestales en un bosque piemontano bajo, en donde manifiesta mejores crecimientos en los periodos iniciales y lo cual también puede ser atribuido por las condiciones ambientales y características genéticas. Además, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2018) indica que *P. oleifolius* y *P. sprucei* en sus estados iniciales hasta ser brinzal requieren de poca luz y en estados juveniles o latizales requieren la presencia de luminosidad directa, contrario a las condiciones del establecimiento del arboretum que en principio tuvo total exposición a la luz solar, en el caso del arboretum del jardín botánico "Reinaldo Espinosa", *Podocarpus sprucei* sobresale en crecimiento.

En cuanto al incremento medio anual existe una particularidad en cuanto a la altura, es variable en *P. oleifolius* ya que existe un incremento considerando en el primer periodo con 0,11 m y segundo periodo 0,15 m, mientras que en *P. sprucei* existe disminución siendo el primer periodo mayor con 0,35 m y segundo periodo 0,27 m, lo cual puede deberse a condiciones climáticas. El incremento medio anual del diámetro es dominado por *P. sprucei* en los dos periodos; cabe mencionar una particularidad, en donde, su crecimiento en altura disminuye de forma gradual para posterior incrementar en diámetro, así mismo Aguirre *et al.* (2014) reporta variaciones en el IMA e indican que existe mejor desarrollo en individuos juveniles, por lo tanto, con el presente estudio en el análisis de los parámetros dasométricos de las especies se corrobora esta aseveración.

Índices de calidad del rodal

Diámetro y forma de copa

El diámetro de *P. oleifolius* y *P. sprucei* presentan diferentes comportamientos en cuanto a la formación de la copa, se ve determinada por la densidad de los árboles, lo cual es influyente en la competencia por la accesibilidad de luz y espacio. Los efectos de la competencia provocan que exista disturbio en el desarrollo de la arquitectura de los árboles, sin embargo, se logró determinar dos formas específicas de copa: triangular para *P. oleifolius* y cónica en *P. sprucei*. Cabe mencionar que ciertos individuos presentaron forma irregular debido al desarrollo crítico de sus características fenotípicas. Por otra parte, la relación entre las variables diámetro de copa y diámetro del árbol, se demostró que existe desarrollo y crecimiento proporcional entre la copa y el diámetro de fuste con valores de coeficiente de determinación lineal $r^2=0,62$; $r=0,79$ para *P. oleifolius* y $r^2=0,66$; $r=0,82$ en *P. sprucei*; dicho esto, Arias (2005) mediante el estudio de morfometría en plantaciones de árboles tropicales menciona

que entre la copa y diámetro del árbol existe una correlación bien definida, tal es el caso de *Pinus caribaea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Terminalia amazonia* y *Vochysia guatemalensis* con coeficientes de correlación (r) positivas que fluctúan entre 0,5 y 0,6.

Índice de Espacio Vital

En promedio el arboretum se desarrolla en un IEV de 26,09, así Vásquez (2016); Nájera-Luna y Hernández-Hernández (2008) señalan que el IEV está asociado al promedio de copa, lo cual indica que el arboretum debe contener 383 individuos por hectárea con el fin de evitar altos grados de competencia, en comparación con los 828 árboles establecidos en 0,4 ha en el presente estudio. Por lo tanto, se supera los límites óptimos de densidad de la población determinados por el IEV, corroborando lo mencionado Aguirre *et al.* (2014) registra un IEV de 29,51 (339 ind/ha) y 27,16 (368 ind/ha) siendo esto el espacio adecuado para que las especies tengan un crecimiento normal.

Análisis del monto de copa

En base a los diámetros de copa se determinó que existe un grado de equilibrio en cuanto a la competencia por los recursos especialmente de espacio y luz. Sin embargo, considerando que a mayor valor de Monto de copa existe menor competencia; los valores de *P. oleifolius* (0,58) y *P. sprucei* (0,42) indican que el nivel de competencia es medio tendiendo a ser alto, y se considera con mayor competencia a *P. sprucei*. Estos valores indican que la plantación debe ser sometida a actividades silviculturales como podas y raleos con el fin de disminuir los niveles de competencia, Nájera-Luna y Hernández-Hernández (2008) reportó 0,32 de monto de copa con altura promedio de 16,82 m lo cual indica que no se debe hacer aclareos debido a la baja ocupación de los árboles, de la misma manera Vásquez (2016) reporta un valor de 0,36; en comparación con el presente estudio se genera indicios que la densidad de siembra es clave en la influencia del desarrollo de las especies.

Índice de Esbeltez

Se presentan valores casi similares tanto para *P. sprucei* (5,85) y *P. oleifolius* (5,30), estos valores interpretados dan evidencia que existe alta adaptación a las condiciones ambientales como viento, precipitación y temperatura del sitio (Ramos-Huapaya y Lombardi-Indacochea 2020). Así mismo, Arias (2005) reporta que existe una tendencia estable en las relaciones altura/diámetro de *Pinus caribaea* y *Vochysia guatemalensis* establecidas en sitios y densidades diferentes. Por otra parte, cabe mencionar que las especies representan conicidad la cual está asociada a su factor de forma (0,5), lo cual influye en que los valores obtenidos del índice indiquen mayor resistencia, tal como lo corrobora Nájera-Luna y Hernández-Hernández (2008) en un estudio sobre morfometría en bosque coetáneo de *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla* en donde reporta un Índice de Esbeltez con valores medios de 55,31 y 54,55 respectivamente.

CONCLUSIONES

La especie con mayor adaptación y desarrollo es *P. sprucei* con valores de crecimiento en altura, diámetro y volumen superiores a *P. oleifolius*, esto se ve reflejado en la supervivencia actual, sin embargo, los niveles de supervivencia son buenos sobre el 80 %. A pesar de que las especies se encuentran en niveles altos de competencia, estos presentan una correlación significativa alta en cuanto al crecimiento entre

la altura y su diámetro.

En base a los índices de calidad, demostraron mayor resistencia a cambios ambientales para *P. sprucei*, además, se generó evidencia para la toma de decisiones del manejo silvicultural del arboretum, permitiendo así el mejoramiento en el desarrollo de los árboles, y, por otra parte, permite tomar en consideración la densidad de siembra óptima para evitar la competencia por recursos. Con estos antecedentes es necesario considerar en estudios futuros las actividades silviculturales desde inicios del establecimiento de las especies forestales, lo cual es aplicable para las dos especies en estudio y otras especies nativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, A y Encarnación, A. (2021). Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) en dos relictos boscosos del Sur del Ecuador. *Revista Arnaldoa* 28 (1), 199-216.
- Aguirre, Z y Gutiérrez, M. (2013). *Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, un centro de conservación e investigación en el Sur del Ecuador*. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. ISBN 978-9942-13-613-8
- Aguirre, Z., Gaona, T y Carrión J. (2019). Supervivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el Sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 325-340.
- Aguirre, Z., Gaona, T y Palacios, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1), 62-75.
- Añazco, M. (2010). El desarrollo forestal comunal y la conservación de los recursos genéticos forestales: caso del Ecuador. *Sist. Recur. For.* 12 (3), 123 – 133.
- Arias, D. (2005). Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. *Revista Forestal Kurú*, 2 (5), 1-13.
- Ayma-Romay, A., Lovera, P & Soto-Rojas, G. (2017). Supervivencia y crecimiento de plántulas reforestadas de *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) en diferentes altitudes y micrositios en ecosistemas de pastizales de los Andes bolivianos después de cuatro años. *Ecología Austral*, 27(1), 63-71.
- Ayma-Romay, Ariel I, & Sanzeteña, E. S. (2008). Variaciones fenológicas de especies de Podocarpaceae en estación seca de los Yungas (Cochabamba, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 43(1), 16-28.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal, México). (2005). Manual práctico para producción de planta. Jalisco, México.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2018). Plan de Conservación y Manejo del *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb (pino colombiano) en la Jurisdicción CAR.
- Delgado, A., Montero, M., Murillo, O y Castillo, M. (2003). Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27 (1), 63-78.
- Durlo, D. (2001). Relações morfológicas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. *Revista Ciência Florestal*, 11(1), 141-149.
- Durlo, D. y Denardi, L. (1998). Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Riò Grande do Sul. *Revista Ciência Forestal*, 1(8), 55 – 56.
- Gardner, M. 2013. *Podocarpus oleifolius*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2013*: e. T46413452A2984968. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T46413452A2984968>.

- Grijalva, J., X. Checa, R. Ramos, P. Barrera R. Vera y F. Sigcha. (2015). Estado de los Recursos Genéticos Forestales en Ecuador. Programa Nacional de Forestería del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. Publicación Miscelánea No. 424.
- Guillen-Cossio, F., Ayma–Romay, A y Sanzetená, E. (2009). Supervivencia y crecimiento de plántulas Pino de monte (*Podocarpus glomeratus*) probando bioestimulantes o fertilizantes en vivero, Cochabamba, Bolivia.
- Herrera, C. & Chim, Y. (2021). Implementación de una metodología para la propagación y crecimiento del romerillo. *Conciencia Digital*, 4(2), 277-291.
- Merino, B y Gutiérrez, M. (2010). *Inventario de las plantas del Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” y del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”*. Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Monge, R., Vargas, L., Chavarría, M & Ugalde, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(5), 55-66.
- Nájera-Luna, J y Hernández-Hernández, E. (2008). Relaciones morfométricas de un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Revista Ximhai* 4 (1). 69 – 81.
- Quiroga, M. P., & Premoli, A. C. (2013). El rol de las poblaciones marginales en la conservación del acervo genético de la única conífera del sur de Yungas en Argentina y Bolivia, *Podocarpus parlatorei* (Podocarpaceae). *Ecología en Bolivia*, 48(1), 4-16.
- Ramos-Huapaya, AE; Lombardi-Indacochea, IR. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “*Eucalypto urograndis*”. *Revista Forestal del Perú* 35(2), 132-145.
- R Team Development Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/index.html>
- Salcedo-Pérez, E., Ruiz Blandon, B., Hernández. Á., González Cruz, R., Bernabé, A., Orozco-Guareño, E., Ramírez-López, C., Anzaldo Hernández, J & Delgado-Fornué, E. (2019). Propiedades del suelo y nitrógeno como indicadores del crecimiento en plantaciones comerciales de teca. *Revista mexicana de Ciencias Forestales*, 10(52), 33-54.
- Thirakul, S. (1998). *Manual de dendrología para 146 especies forestales del litoral Atlántico de Honduras*. 2 ed. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales. ISBN 99926–14–13–7
- Thomas, P & Farjon, A. (2014). *Podocarpus sprucei*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2013: e.T42532A2985572. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42532A2985572> .en. Accessed on 27 January 2022.
- Thomas, P. y Farjon, A. (2018). *Podocarpus sprucei*, from the website: ‘Threatened Conifers of The World’ (<https://threatenedconifers.rbge.org.uk/conifers/podocarpus-sprucei>).
- Ugalde, A. (1981). Conceptos básicos de Dasometría. CATIE, Turrialba, Costa Rica. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5909e/A5909e.pdf>
- Vásquez Rengifo, J. E. (2016). Morfometría y coeficiente de forma de un modelo de fuste para una plantación maciza de pino chuncho (*Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake) en el Ciptald-Tulumayo. [Tesis de grado. Universidad Agraria de la Selva, Tingo María], Perú.
- Verga, A. (2014). Rodales semilleros de *Prosopis* a partir del bosque nativo. *Quebracho*, 22(2), 125-138.
- Vicuña-Miñano, E. (2005). Las Podocarpaceas de los bosques montaños del noroccidente peruano. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 283-288.

Agricultura familiar campesina y propuesta de riego para predios del sector El Salado del barrio La Vega, cantón Catamayo, provincia de Loja.

Family farming and irrigation proposal for farms in the El Salado sector of the La Vega neighborhood, Catamayo canton, Loja province.

Vásquez Edison Ramiro^{1*},
Guamán-Zhingre Maribel²
Vásquez-Rodríguez Génesis¹

¹Docente-Investigador de la Carrera de Ingeniería Agrícola, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

¹Docente-Investigador de la Carrera de Automotriz, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

²Ingeniera Agrícola, Loja-Ecuador

* Autor para correspondencia: edison.vasquez @unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1196>

Recibido: 21/01/2022

Aceptado: 10/04/2022

RESUMEN

La agricultura familiar campesina -AFC- representa un segmento clave y de importancia en la reactivación económica del sector rural; constituye una estrategia para la seguridad alimentaria, generación de empleo agrícola, mitigación de la pobreza, conservación de los recursos naturales y saberes ancestrales; en este contexto y con el objetivo de contribuir al manejo de los predios dedicados a la agricultura, se caracterizó la AFC y se diseñó un método de riego por aspersión en el cultivo de maíz (*Zea mays*) para 0,58 ha en el sector El Salado del barrio La Vega. Para caracterizar la AFC, se aplicaron 35 encuestas con la finalidad de describir: tenencia de la tierra y uso actual del suelo; prácticas culturales en el manejo de los cultivos, particularmente el tipo de riego; destino de la producción, entre otros. Para el diseño del método de riego se consideró las características hidrofísicas del suelo, aspectos relacionados con los factores agronómicos e hidráulicos. Los predios tienen una superficie de 0,50 ha; la principal actividad económica es la agricultura; la tipología de la AFC es de subsistencia. Para el diseño de riego por aspersión, se obtuvo una lámina de riego de 53,64 mm, frecuencia de riego de siete días y tiempo de riego de siete horas. La red hidráulica principal, secundaria o múltiple y lateral con diámetros nominales de 3", 3" y 1 ½", respectivamente. Se seleccionó la motobomba Honda WH20X de 5,5 HP, con presión máxima de 42,84 mca.

Palabras claves: riego por aspersión, diseño agronómico, diseño hidráulico, Coeficiente de Christiansen.

ABSTRACT

Peasant family farming represents a key and important segment in the economic reactivation of the rural sector; constitutes a strategy for food security, generation of agricultural employment, poverty alleviation, conservation of natural resources and ancestral knowledge; In this context and with the objective of contributing to the management of farms dedicated to agriculture, the AFC was characterized and a sprinkler irrigation method was designed in the cultivation of corn (*Zea mays*) for 0.58 ha in the El sector. Salty from the La Vega neighborhood. To characterize the AFC, 35 surveys were applied in order to describe: land ownership and current land use; cultural practices in crop management, particularly the type of irrigation; production destination, among others. For the design of the irrigation method, the hydro physical characteristics of the soil, aspects related to agronomic and hydraulic factors were considered. The properties have an area of 0.50 ha; The main economic activity is agriculture; the typology of the AFC is subsistence. For the sprinkler irrigation design, an irrigation sheet of 53.64 mm, irrigation frequency of seven days and irrigation time of seven hours were obtained. The main, secondary or multiple and lateral hydraulic network with nominal diameters of 3", 3" and 1 1/2", respectively. The 5.5 HP Honda WH20X motorized pump was selected, with a maximum pressure of 42.84 mca.

Key words: sprinkler irrigation, agronomic design, hydraulic design, Christiansen coefficient.

INTRODUCCIÓN

La Agricultura Familiar Campesina (AFC), se sustenta “en la noción de economía campesina y en la sociología rural” (Martínez-Valle, 2013); su importancia radica, entre otros aspectos, por la relevancia en la seguridad alimentaria, generación de empleo agrícola, mitigación de la pobreza, conservación de la biodiversidad y saberes ancestrales (Chamba-Morales et al., 2019).

En Ecuador, Carmagnani (2008) con base en el Censo Agropecuario del 2000, reporta 250 000 productores dedicados a la AFC, de los cuales el 30 % disponen de cuatro millones de hectáreas, que corresponde al 33 % de la superficie agropecuaria total; para FAO-BID (2007), representa el 88 % de UPA que aporta el 45 % en alimentos; en cifras concretas, la AFC contribuyó, del total de la producción nacional con: 64 % papa, 85 % cebolla, 70 % maíz duro, 85 % maíz suave y 83 % producción de carne de ovino. Berry et al. (2014) señalan una elevada concentración de la tierra, reflejada en un coeficiente de GINI mayor a 0,8. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2012) reporta para la zona rural el 23,3 % de pobreza y 43,5 % de extrema pobreza, en contraposición a la zona urbana con el 5 % de pobreza y 16,9 % de extrema pobreza.

La provincia de Loja, caracterizada por un minifundio acentuado, el 20 % de las fincas tiene una superficie promedio de 2,0 ha, siendo tierras degradadas, de secano y bajo riego, sobre todo en el piso medio; se trata de un territorio frecuentemente azotado por el fenómeno cíclico de la sequía que soporta restricciones físicas, bióticas y socioeconómicas que han limitado su desarrollo y participación plena en el sistema económico nacional, con graves consecuencias ambientales (INEC, 2000).

En el cantón Catamayo, según Chamba-Morales et al. (2019) el 34 % de tierras se dedican a cultivos de ciclo corto, 13 % cultivos anuales, 6 % mixto tipo huerta, 40 % pastos naturales y 9 % bosques. El 60 % de las familias son dueñas de la tierra, utilizan mano de obra familiar y asalariada temporal, tecnología tradicional y prácticas culturales ancestrales; con tres tipos de AFC: 65 % de subsistencia, 35 % de transición y 5 % consolidada.

De acuerdo a FAO, las principales formas de riego que se utilizan en Ecuador son 663 900 ha (78 %) de riego por inundación y gravedad, 170 100 ha (20 %) de aspersión y 19 400 ha (2 %) de riego localizado, lo que evidencia escasa tecnificación en la forma de aplicar el agua a los cultivos (Martínez, 2015).

En la provincia de Loja, la superficie regable por los sistemas de riego cubre 29 218 ha y el 92 % de los sistemas se encuentran en malas condiciones de operación (GADP-Loja, 2015). En el cantón Catamayo se cultiva 13 293 ha, de las cuales 4 682 ha (35 %) se encuentran bajo riego y el resto bajo secano; de la superficie regada, el 89 % es a gravedad, 3 % por aspersión, 7 % corresponden a otros sistemas y el 1 % a bombeo; esto evidencia que en el cantón Catamayo no se ha tecnificado el riego, manteniendo el método tradicional a gravedad, debido a la falta de conocimiento y a la escasa inversión del Estado en las etapas productivas primarias (GAD-Catamayo, 2014).

En estas consideraciones, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la AFC y diseñar un método de riego por aspersión para el cultivo de maíz para los predios agrícolas del sector El Salado, del barrio La Vega del cantón Catamayo, con la finalidad de utilizar eficientemente el recurso hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el sector El Salado del barrio La Vega, parroquia y cantón Catamayo, a 5 km del centro de la ciudad de Catamayo, ubicada en la zona 17 Sur, en las coordenadas planas (UTM): Norte: 9 556 146 m, Este: 679 643 m, a una altitud de 1 160 m.s.n.m. La extensión territorial del cantón Catamayo es de 648 km², con una población de 30 638 habitantes constituidos en aproximadamente 7 979 familias, el 74 % se encuentran en el área urbana y el 26 % en el área rural (GAD-Catamayo, 2014).

La información primaria de la producción agrícola se recabó de febrero a julio de 2020, mediante 35 encuestas, con precisión de 0,10 y un nivel de confianza del 0,95 (López-Roldán & Fachelli, 2017); con la finalidad de describir: tenencia de la tierra y uso actual del suelo; prácticas culturales en el manejo de los cultivos, particularmente el tipo de riego; destino de la producción, entre otros. Para el diseño del método de riego se consideró las características físicas del suelo, aspectos relacionados con los factores agronómicos e hidráulicos.

Análisis de datos

La información se describió mediante tablas y gráficos para el análisis e interpretación de la línea base de la producción agrícola del sector. Para el diseño de riego por aspersión, se realizó un levantamiento topográfico, con GPS diferencial y estación total. El caudal de la fuente se aforó con el método del flotador (velocidad-superficie transversal).

Para determinar las propiedades hidrofísicas del suelo: capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua aprovechable (AA), se recolectaron 15 submuestras alteradas a 40 cm de profundidad; la textura se determinó con el método de Bouyoucos; para la densidad aparente y saturación del suelo se tomaron muestras inalteradas a 40 cm de profundidad con los cilindros Koppecky de 100 cm³; con base a las propiedades hidrofísicas se graficó la curva de retención de humedad. Para determinar

la zona de desarrollo de la planta, se utilizó el diagrama triangular de evaluación de las condiciones físicas del suelo. La velocidad de infiltración del agua en el suelo se realizó mediante el método de los anillos infiltrómetros, con lecturas cada 5, 10, 15 y 30 minutos, a intervalos de una hora y se determinó mediante el modelo matemático de Kostiakov.

Para el diseño agronómico se calculó el requerimiento de agua para el cultivo de maíz con el método de Penman–Monteith implementado en el *software* CROPWAT 8.0 de la FAO; con base a datos climáticos de la estación meteorológica Catamayo: altitud, latitud, longitud, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y heliofanía, recuperados de anuarios meteorológicos del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) de un periodo de 24 años (1980-2003). Se obtuvo la curva de kc , tomando como referencia las etapas fenológicas y los kc obtenidos por Ureña (2017), con lo que se obtuvo un kc para el día 15 de cada mes y se calculó la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}), mediante la ecuación de la FAO (2006), $E_{Tc} = E_{T0} * K_c$; donde E_{T0} es la evapotranspiración de referencia y K_c es el coeficiente del cultivo <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>. Para los parámetros de riego lámina de agua aprovechable (LAA), lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA), se utilizó un umbral de riego o porcentaje de agotamiento de 50 % para el maíz (INIA 2000); frecuencia de riego, lámina de riego rápidamente aprovechable ajustada y lámina de riego, se determinaron a partir de los resultados de las propiedades hidrofísicas del suelo. El aspersor, se seleccionó en función de la presión de funcionamiento, caudal de emisión, diámetro húmedo y la velocidad de infiltración del suelo. Además, se obtuvo la intensidad de precipitación del aspersor con la condición $I_p \leq VIB$. Para la línea de riego se definió el tiempo de riego, número de aspersores por lateral, longitud del lateral en la que se debe tomar en cuenta la ubicación del aspersor en el lateral, caudal del lateral, número de laterales en el área y caudal de la línea secundaria.

Para el diseño hidráulico, se determinaron los diámetros de la red hidráulica del sistema de riego, dimensiones de la red principal, secundaria, laterales, pérdidas de carga en las tuberías y accesorios. La elección del diámetro adecuado se determinó por tanteos sucesivos, en función de la velocidad, el caudal y la longitud de la tubería; con el diámetro seleccionado se estimaron las pérdidas de carga por fricción de las tuberías en la que se emplea la ecuación de Hazen–William. Para tuberías con multisalidas, se utilizó el factor de corrección de Christiansen, para corregir la pérdida de carga por fricción por longitud y se consideró la ubicación del lateral. Las pérdidas locales o de accesorios se determinaron en función de los coeficiente de pérdidas menores en accesorios propuestos en el Catálogo Técnico de la marca Tigre (2011) y la velocidad media del flujo en la tubería, velocidades que deben estar en el rango de 0,5 a 2,5 m/s. Se calculó la diferencia de presión en el origen y al final del lateral dentro del sistema de riego que debe ser menor a 20 % de la presión nominal, diferencia que producirá un decremento del 10 % de caudal de descarga. Para la estimación de las presiones se eligió los aspersores en el lateral más crítico, que puede estar de forma ascendente o descendente.

En función de la carga dinámica total o altura manométrica, caudal de diseño y potencia, se seleccionó el tipo de motobomba.

RESULTADOS

Caracterización de la AFC del sector El Salado

En la Tabla 1, se observa que el 73 % de los propietarios tienen predios con superficie menor o igual a 0,5 ha y el 27 % son predios mayores a 0,5 ha.

Tabla 1. Superficies de los predios del sector El Salado.

Superficie (ha)	Predios	%
(0,0; 0,5]	27	73
(0,5; 1,0]	6	16
(1,0; 1,5)	2	5
(1,5; 2,0]	1	3
(2,5; 3,0]	1	3
Total	37	100

Los predios se dedican en su totalidad a la agricultura y se encuentran en uso constante; el 68 % con cultivos en rotación (maíz, yuca, cebolla) y combinados con frutales durante todo el año; tanto el cultivo de maíz como el monocultivo de caña representan la mayor demanda con el 32 % cada uno (Tabla 2).

En el sector El Salado se practica una agricultura mecanizada para la preparación del suelo (arado, rastrillado y apertura de surcos) con un rendimiento tractor agrícola de 4 h/ha a \$25/h, cuando se requiere únicamente rastrillado el rendimiento es 2 h/ha. La siembra y cosecha se realiza tradicional o convencionalmente; para la siembra de una hectárea se requiere: 10 jornales para maíz, 13 jornales para yuca, 24 jornales para cebolla y 8 jornales para caña. En la cosecha se emplean 60 jornales para el maíz; 150 jornales para la yuca y 32 jornales para la cebolla; los cuales son remunerados con \$15 el jornal.

Tabla 2. Uso actual de los predios y tipo de cultivo con más demanda de siembra.

Uso actual	Cultivos	Predios	%
Monocultivo	Caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	12	32
	Maíz (<i>Zea mays</i>)	12	32
Rotación de cultivos	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	7	19
	Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	4	11
Combinados	Frutales	2	6
Total		37	100

El cultivo de maíz (*Zea mays*), variedad criolla de grano blanco (choclo); tiene una duración de tres a cuatro meses, con dos a tres ciclos de siembra por año, generalmente se siembra en octubre o noviembre, a (0,50 por 0,50) m y tres granos por golpe; obtienen rendimientos de 1,2 a 5,4 t/ha/año. Se vende a 298,2 y 350,9 \$/t; es decir, de \$0,17 a \$0,20 por planta directamente desde el predio, la mazorca se vende a los intermediarios a un promedio de \$0,10.

El cultivo de yuca (*Manihot esculenta*), variedad “Negra” tiene una duración de ocho meses, se obtiene una producción de 20 t/ha. Se comercializa de 200 a 250 \$/t en tiempos de baja oferta y puede llegar a 170 \$/t en épocas de mayor oferta, se vende directamente desde el predio a los intermediarios. La siembra se realiza en cualquier mes del año, a (1,0 por 1,0) m; la cosecha se realiza manualmente y se clasifica el tubérculo dependiendo del grosor y tamaño en niveles de 1 a 4, el último nivel corresponde a tubérculos pequeños y delgados que se destina para consumo de animales, generalmente para cerdos.

La cebolla (*Allium cepa*), variedad “peruana” se siembra en septiembre y se cosecha a los cuatro o cinco meses, con un ciclo/año, a (0,25 por 0,25) m, con rendimientos de 60 a 80 t/ha; se comercializa directamente desde el campo a precios bajos de 100 \$/t.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se siembra en agosto y se cosecha de nueve a 14 meses; la producción se comercializa con MALCA, que a su vez les proporciona el kit de insumos. En promedio tienen una producción de 6 t/ha.

El 50 % de productores siembran poca cantidad de cítricos (0,005 t/ha) en los predios que se encuentran con otro cultivo, obteniendo una producción de 0,3 t/ha; para autoconsumo y en ciertos casos para la venta a 384,6 \$/t. La siembra se realiza de 6 a 7 m entre filas y de 3,5 a 5,0 m entre plantas. El 50 % de productores restantes, se dedican al cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), con 1 000 plantas/ha y obtienen una producción de 0,2 t/ha. Esta producción se vende a intermediarios a 494,5 \$/t.

El 97 % de los propietarios de los predios riegan los cultivos de maíz, yuca, cebolla, caña y frutales a gravedad; y solo el 3 % con aspersión; no existen predios bajo riego por goteo debido a la falta de conocimiento y a la poca experiencia con respecto al método de riego.

El 46 % de los propietarios manifiestan tener dificultades con el riego; el agua que abastece al canal del sector El Salado proviene del Río Boquerón; no obstante, se presentan ciertos inconvenientes por desbordamientos en las partes altas, sobretudo en la época lluviosa (febrero a abril), dejando desabastecido el flujo de agua de 15 a 30 días, adicionalmente las precipitaciones afectan las obras de infraestructura, particularmente la bocatoma.

El 60 % de agricultores utilizan fertilizantes e insecticidas, principalmente para el cultivo de maíz, en la siembra con urea (CH_4N_2O) o abrogan, a los 15 días y luego cada dos meses; adicionalmente, de acuerdo al estado del maíz, otro tipo de fertilizante como nitrato de amonio (NH_4NO_3), fosfato diamónico (18 Nitrogeno-46 fósforo-0 potasio) y el abono foliar Fuerza verde. En lo referente a insecticidas utilizan curacron ($C_{11}H_{15}BrClO_3PS$) para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Para la yuca, la mayoría utiliza los fertilizantes que aplican al cultivo de maíz; el control de insectos con curacron, depredador y bala, al mes y posteriormente cada 15 días para el control de plagas como el gusano cachón (*Erinnyis ello*) y trips.

El 32 % de agricultores utilizan fertilizantes en el cultivo de caña, como urea, nitrato de amonio y nitrato de potasio (KNO_3), al mes de plantado y cada dos meses. El 5 % utiliza fertilizantes, insecticidas y fungicidas, para la cebolla utilizan urea, nitrato de amonio y fosfato diamónico. Para el control de trips y la pudrición del cultivo, curacron, depredador y frontal que es un fungicida sistémico y de contacto. El 3 %, utiliza fertilizante y abono orgánico como abrogan, urea, gallinaza y estiércol de cuy (*Cavia porcellus*), aplican a los cuatro meses y fumigan cada seis meses. La caña la fertilizan con 45 a 60 Kg de N/ha (1,5 a 2,0 Kg de urea/surco), lo que permite, al menos, mejorar la calidad de la nueva cepa, con dosis recomendadas de 72 y 115 Kg de N/ha. En frutales, la aplicación de fertilizantes granulados y formulados se fracciona de 3 a 4 dosis anuales, aplicando directamente en el suelo.

Diseño del método de riego por aspersión

El diseño del método de riego se realizó en un predio representativo de 0,58 ha con pendiente de 2,4 %, en el que se trazaron curvas de nivel a cada 0,4 m. El caudal en el canal es de 120 l/s y en época de estiaje (mayo a septiembre) de 30 l/s; las constantes hidrofísicas del suelo fueron CC: 34,18 % (pF 2,0), PMP: 18,58 % (pF 4,2), estado poroso del suelo o saturación de 36,94 % y textura franco arcilloso.

El AA fue de 15,60 %, valor alto de agua fácilmente disponible para el desarrollo de la planta, con una capacidad de aireación del suelo de 2,76 % (muy baja); el volumen de poros físicamente inerte fue de 81,64 %; volumen total de sólidos de 63,06 %. La velocidad de infiltración básica fue de 16,7 mm/h.

En el diseño agronómico, para los requerimientos hídricos en la época de máxima demanda de agua en el cultivo se consideró la época de siembra del maíz (junio a septiembre); se estimaron los coeficientes en las diferentes etapas fenológicas, un *kc* de 0,70 para junio, 0,96 para julio, 1,10 para agosto y 0,98 para septiembre; se obtuvo una *ETc* de 3,38 a 6,13 mm/día; agosto presenta un máximo con 6,13 mm/día y junio requiere un volumen de agua mínimo.

La LAA fue 87,36 mm, para una profundidad radicular efectiva de 40 cm; la LARA de 43,68 mm; la frecuencia de riego de siete días, se ajustó la LARA a 42,91 mm; se consideró la eficiencia del método de riego en 75 % para mantener la humedad óptima del cultivo y evitar el estrés hídrico (INIA, 2009); con lo cual la lámina de riego fue de 53,64 mm.

Se seleccionó un aspersor mini cañón (Naandanjain 5022 SD ½” o ¾”) con número de boquilla de 4,0 mm por 1,8 mm (código negro), caudal de 1,1 m³/h, presión de 2,5 bar, altura del elevador de 0,7 m y diámetro húmedo de 24 m. A fin de obtener mayor uniformidad de distribución del agua se consideró un marco de riego, proporcionado por el fabricante, de (12 por 12) m. La intensidad de precipitación del aspersor es de 7,64 mm/h, siendo menor a la velocidad de infiltración básica. El tiempo de riego es de 7 h; debido a la forma del terreno se diseñó dos laterales de 96 m con ocho aspersores y caudal de 2,44 l/s; y un lateral de 114 m, con nueve aspersores, con un caudal de 2,75 l/s.

Para el diseño hidráulico, en función del caudal, diámetro interno de tubería y el coeficiente de fricción de 150, que coincide para la tubería PVC, se determinaron las pérdidas de carga por fricción con la condición que la velocidad en la tubería principal sea menor a 2,5 m/s y de 0,5 a 2,0 m/s para las laterales (Tabla 3).

Tabla 3. Pérdida de carga en la red de tubería, con el método de Hazen – Williams.

Tubería	Caudal l/s	Longitud m	Diámetro			Velocidad m/s	J m/100	hf m	F	Hf m
			Nominal pulgadas	Externo mm	Interno mm					
Principal	7,94	5,50	3	75	71,40	1,98	4,92	0,27	---	0,27
Múltiple	7,94	30	3	75	71,40	1,98	4,92	1,48	0,54	0,80
Lateral 1	2,44	92	1 ½	50	47,00	1,41	4,25	3,91	0,39	1,53
Lateral 2	2,75	106	1 ½	50	47,00	1,59	5,29	5,60	0,39	2,17
Succión	7,94	2	3	75	71,40	1,98	4,92	0,10	---	0,10
Accesorios										0,95
Hf _{Total}										5,81

La diferencia de presión entre los aspersores con máxima y mínima presión es de 1,1 m (pérdida en el lateral), menor que el rango permisible de 5,0 m; por lo tanto, cumple con la condición de diseño.

Para la selección de la motobomba, el método de riego funciona con una carga dinámica total de 29,11 m; la altura máxima a la que se debe ubicar la motobomba es 5,0 m, con una carga neta positiva de succión disponible de 8,0 mca y una carga neta positiva de succión requerida de 3,0 mca, que se obtuvo mediante la curva característica de la motobomba que funciona a 3 600 rpm, esto garantiza evitar el fenómeno de cavitación, con una eficiencia de bombeo de 65 %. La potencia calculada de la motobomba fue de 4,68 HP, pero considerando la altitud de 1 160 m.s.n.m. se realizó la corrección. Por tanto, se seleccionó la motobomba Honda WH20X, con potencia comercial de 5,5 HP, con lo cual el sistema de riego funciona en óptimas condiciones, con una presión de 42,84 mca mayor a la presión que necesita el sistema de riego de 29,11 mca (Fig. 1).

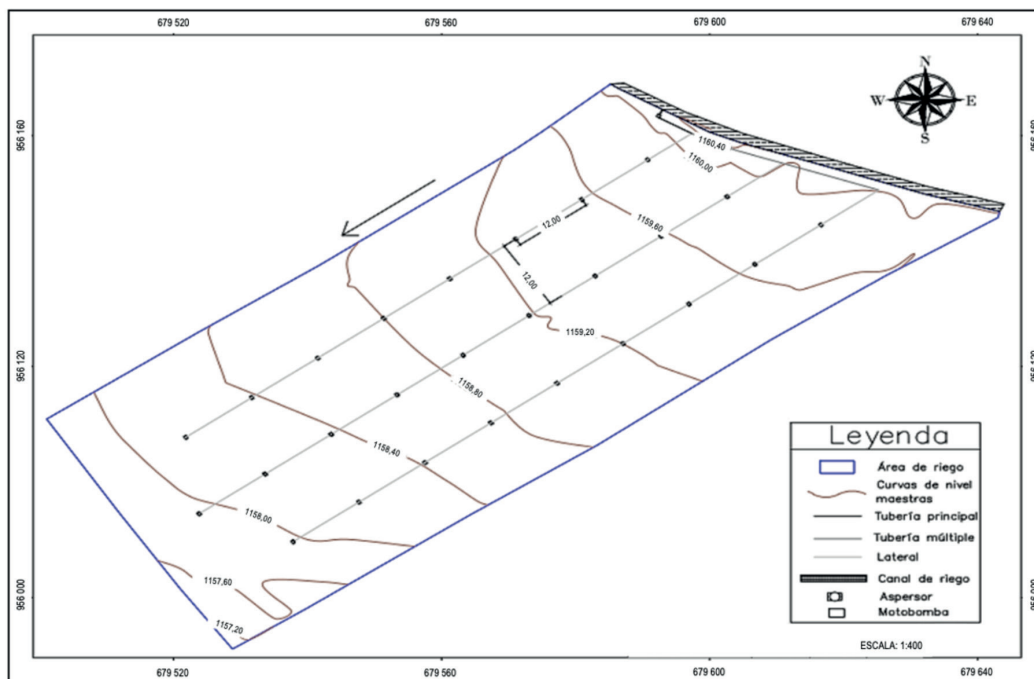


Fig. 1: Diseño del sistema de riego para el predio del sector El Salado.

DISCUSIÓN

Caracterización de la AFC del sector El Salado

La tenencia de la tierra en el sector El Salado, en su mayoría (73 %) son predios con superficie menor o igual a 0,5 ha, esto se debe a que el terreno pertenecía a la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Catamayo”, los cuales fueron divididos en superficies de 0,5 ha y se adjudicaron a los cooperados con la finalidad de realizar AFC; el 27 % son propiedades mayores a 0,5 ha, debido a que se adjudicaron más de dos predios a un mismo cooperado. Según Graham (2012); De la O. y Garner (2012), citados en FAO (2014) mencionan, para una AFC en el área andina se considera fincas de hasta 5,0 ha; en Centroamérica y el Caribe, aproximadamente de 2,0 ha, siendo a veces, inferiores a 1,0 ha.

Los predios se dedican en su totalidad a la agricultura, se practica una agricultura mecanizada para la preparación del suelo, la siembra y cosecha se realiza tradicional o convencionalmente; con mano de obra del sector, la misma que no es calificada.

El maíz (*Zea mays*), variedad criollo de grano blanco (choclo); a pesar de obtener bajos rendimientos de 1,2 a 5,4 t/ha/año, a decir de Ávila (2018), es el preferido de los agricultores, por ser un cultivo rústico y de fácil adaptación, requiere bajo nivel de insumos como fertilizantes y pesticidas; al respecto Ávila (2018) reporta un promedio de 0,90 t/ha/año para el cantón Loja, rendimientos inferiores al promedio del Ecuador; además, reporta que alcanzó 1,05 t/ha/año y por debajo de la productividad de 8,30 t/ha/año, registrada en el Perú; al comparar con la producción Nacional se mantiene entre los rangos permisibles, mientras que a nivel internacional la producción es baja, que obedece a la casi nula tecnificación del cultivo. Adicionalmente, los productores son víctima de los intermediarios que les compran la cosecha directamente en el campo. Situación similar, ocurre con el cultivo de yuca, en lo referente al uso de tecnología y comercialización, con rendimientos de 20 t/ha; en este sentido, INIAP (2011) citado en (INIAP, 2014) reporta rendimientos mayores a 30 t/ha en condiciones del agricultor, para las variedades Escancela-morada y Valenciana que corresponden al grupo de “Las Negras”, al respecto Carrión (2013) expresa, esto se debe a que el mayor porcentaje de los productores son pequeños agricultores de escasos recursos, que siembran generalmente como cultivo de subsistencia, sin utilizar tecnología adecuada.

Para el cultivo de cebolla (*Allium cepa*), variedad “Peruana” se obtienen rendimientos bajos (60 a 80 t/ha), CRÓNICA (2019) reporta el caso de un productor que llegó a obtener 120 t/ha; sobre los precios, el Banco Central del Ecuador (BCE), (2018) señala que el descenso obedecería al contrabando, especialmente desde Perú.

La producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es muy baja (6 t/ha), el 90 % de los cañicultores mantienen convenios con la Empresa Monterrey Azucarera Lojana C.A. (MALCA) y estos mencionan que desde aproximadamente cuatro años, MALCA no brinda capacitación, uso de insumos o control de plagas y de los pocos que reciben capacitación, estas son mal orientadas (Quezada, 2017); al respecto Bravo (2014) menciona que MALCA cultiva dos variedades de caña PR 61-632 (Puerto Rico) sembrada en un 89 % y la RD 75-11 (República Dominicana) en 11 %; obteniendo rendimientos de 140 a 180 t/ha. Quezada (2017) señala que MALCA calcula el valor a pagar en función al tonelaje y a la calidad en grados Brix o sacarosa, que bajo normativa estatal una tonelada con 13° Brix tiene un costo de 32,75 \$/t.

La producción de cítricos, mayormente es para autoconsumo y en ciertos casos, para la venta. Pese a que el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), se comercializa con los intermediarios a 494,5 \$/t, no es uno de los cultivos preferidos por los agricultores del sector El Salado, aspecto que está relacionado con la superficie de los predios. El uso de productos como fertilizantes, abonos, insecticidas y pesticidas, se realiza indiscriminadamente, fundamentalmente por desconocimiento o por recomendaciones de las casas comerciales, con la consecuente afectación para la salud de la familia campesina y el deterioro del ambiente.

Diseño del método de riego por aspersión

Es notorio la falta de tecnología sobre los métodos de riego, únicamente el 3 % riegan por aspersión, debido a la falta de conocimiento y experiencia. Según AGROSÍNTESIS (2016), el riego por goteo es uno de los sistema más eficientes en el uso de agua, debido a la mayor uniformidad, menor incidencia

de malezas, menor costo de mano de obra, menor impacto al ambiente y uso eficiente de insumos como fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, entre otros. Para la aplicación de sistemas de riego, sea por gravedad o por aspersión, se deben realizar estudios, específicamente para controlar el contenido de humedad en el suelo favorable para el desarrollo del cultivo (INIAP, 2014).

Dado las características de los predios del sector El Salado, en lo relacionado a tamaño, topografía, condiciones físicas del suelo y las costumbres de los agricultores en los cultivos principalmente de maíz criollo, se propuso un método de riego que sea de fácil operación por parte de los agricultores y sobretodo rentable, sistema que incluye la selección de la motobomba.

■ CONCLUSIONES

En general, los predios del sector El Salado, caracterizados por suelos planos, de textura franco-arcillosos y con superficie en su mayoría de 0,5 ha, se practica una agricultura de subsistencia, donde predominan los cultivos de maíz, yuca, cebolla y maracuyá, intercalado, en algunos casos, con cítricos. La producción, mayoritariamente, se destina para el autoconsumo y el excedente se comercializa directamente en el lugar del cultivo a los intermediarios. Los rendimientos son bajos, debido a varios factores, entre los que destacan, débil o casi nula capacitación en aspectos de planificación, tecnificación de las actividades agrícolas y fundamentos de comercialización.

Se propuso un método de riego por aspersión para el cultivo de maíz (*Zea mays*), con tiempo de riego de 7,0 h, con una carga dinámica total de 29,11 m; lo cual permitió seleccionar el equipo motobomba marca Honda WH20X con una potencia de 5,5 HP.

Contribución de los autores

E.R.V.: Responsable del proceso de investigación, análisis de información y elaboración del manuscrito.

M.A.G.Z.: Recopilación de información, análisis de encuestas, diseño de sistema de riego.

G.J.V.R.: Aporte en la revisión de la información, análisis de encuestas y escritura del manuscrito.

■ BIBLIOGRAFÍA

AGROSÍNTESIS. (2016). Riego por goteo en el cultivo de maíz. Revista AgroSíntesis. <https://www.agrosintesis.com/riego-goteo-cultivo-maiz/>

Ávila, M. (2018). Estrategias de mercadeo y comercialización de maíz blanco (*Zea mays* L.) en el cantón Loja, provincia de Loja [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20571/1/Mercy%20Cecilia%20%C3%81vila%20Andrade.pdf>

Banco Central del Ecuador (BCE). (2018). Reporte de coyuntura sector agropecuario. I(91). <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/ETc201801.pdf>






Vásquez, R. et al. (2022). Agricultura familiar campesina y propuesta de riego para predios del sector El Salado del barrio La Vega, cantón Catamayo, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 12(1): 31-42. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1196>

- Berry, A., Martínez, C., & North, L. (2014). La concentración de la tierra. Un problema prioritario en el Ecuador contemporáneo. Flacso. Quito, Ecuador.
- Bravo, N. (2014). Análisis de costos en la labor de fertilización en el sostenimiento del cultivo de caña de azúcar en el Ingenio Monterrey. [Universidad Nacional de Loja]. [http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/13935/1/TFG FBS%20FINAL.pdf](http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/13935/1/TFG%20FINAL.pdf)
- Carmagnani, M. (2008). La Agricultura Familiar en America Latina, Problemas del Desarrollo, *revista latinoamericana del Economía*. Universidad Autónoma de México. Coyoacán, México.
- Carrión, J. C. (2013). *Evaluación de la cuarta rotación del sistema de cultivo en callejones de Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp. En la estación experimental el Padmi* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5223/1/EVALUACION%20DE%20LA%20CUARTA%20ROTACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20CULTIVO.pdf>
- Chamba-Morales, M. D., Lapo-Paredes, L. E., & Vásquez, E. R. (2019). La agricultura familiar campesina en el cantón Catamayo, provincia de Loja. *CEDAMAZ Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia*, 9(2), 66-74. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/886/711>
- CRÓNICA. (2019). *Cebolla, sobreproducción no beneficia precio al consumidor*. <https://www.cronica.com.ec/entretenimiento/repo/item/24664-cebolla-sobreproduccion-no-beneficia-precio-al-consumidor>
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- FAO. (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.). <http://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>
- FAO-BID. (2007). *Políticas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.
- GAD-Catamayo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Del cantón Catamayo*. <https://catamayo.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/BORRADOR-OFICIAL-PDOT-CATAMAYO.pdf>
- GADP-Loja. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja*. <https://prefecturaLoja.gob.ec/documentos/lotaip/2019/PDOT-2019.pdf>
- INEC. (2000). *Censo Agropecuario*. Quito, Ecuador.
- INEC. (2012). *Compendio de resultados. Encuesta condiciones de vida (ECV)*. Quito, Ecuador.
- INIA. (2000). *Inserción del riego en rotaciones de cultivos y pasturas*.
- INIA. (2009). *Eficiencia de riego en sistemas localizados*. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36474.pdf>
- INIAP. (2014). *CULTIVO DE YUCA EN EL ECUADOR*. 28.
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa: Vol. Capítulo II.4* (1.a ed.). Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona. <https://ddd.uab.cat/record/185163>

- Martínez, S. (2015). *Implementación de un Sistema de Riego por Goteo en la Granja Experimental de Agroempresas de la Universidad San Francisco de Quito en Puembo- Pichincha* [Universidad San Francisco de Quito USFQ]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6396/1/130564.pdf>
- Martínez-Valle, L. (2013). La Agricultura Familiar en El Ecuador. Serie Documentos de Trabajo No.147. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. *Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP)*. Santiago, Chile, 4-38. <http://rimisp.org/wp-content/files/mf/1434745799147AgriculturaFamiliarEcuadorMartinez editado.pdf>
- Quezada, M. (2017). *Estudio de la cadena de valor de la caña de azúcar. Caso Ingenio Monterrey, cantón Catamayo*. [Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20815/1/Quezada%20Rios%2C%20Michelle%20Stephanie..pdf>
- TIGRE. (2011a). *Polietileno*. 32.
- TIGRE. (2011b). *Polietileno: Manual Técnico*. <https://www.tigre.com.ar/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/argentina/catalogo-pehd.pdf>
- Ureña, G. del C. (2017). *Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de maíz (Zea Mays), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector El Porvenir perteneciente al sistema de riego Campana-Malacatos* [Tesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19355/1/Gabriela%20del%20Cisne%20Ure%c3%b1a%20Ordo%c3%b1ez.pdf?fbclid=IwAR1Ds2SZR Zm -TNV6-CMFMAU JpWDpWrYfgG3OmmBdx8K6TN5Ik3TMfg0d8>

Vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas de alta montaña abastecedoras de agua en la Región Sur del Ecuador

Climate change vulnerability in high mountain water supply watersheds in the southern region of Ecuador

Paúl Eguiguren ^{1*} 
Tatiana Ojeda Luna ¹ 
Juan Maita ¹ 
Natalia Samaniego ¹ 
Nikolay Aguirre ¹ 

¹ Carrera de Ingeniería Forestal, Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad, Universidad Nacional de Loja, Loja 110111, Ecuador.

*Autor para correspondencia: paul.eguiguren@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1324>

Recibido: 11/04/2022

Aceptado: 20/05/2022

RESUMEN

En las últimas décadas se ha observado una fuerte influencia de las actividades antrópicas sobre microcuencas que proveen el servicio ecosistémico hídrico. A eso se suman los posibles impactos del cambio climático relacionados a variaciones extremas en temperatura y precipitación que podrían generar una alta vulnerabilidad dentro de las microcuencas y servicios ecosistémicos primordiales para el desarrollo de las comunidades. El presente estudio analiza cuál podría ser el grado de vulnerabilidad de dos microcuencas de alta montaña de importancia hídrica en la Región Sur de Ecuador. Para el análisis de vulnerabilidad se consideró la exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa. Los resultados muestran que las microcuencas El Carmen CA (cabecera de agua) y Mónica en el Cantón Loja podrían tener una vulnerabilidad moderada a alta bajo escenarios pesimistas (RCP 8,5). En lo concerniente a la capacidad adaptativa, se observó que El Carmen y Mónica poseen niveles de capacidad adaptativa altos. Estos resultados están relacionados a la presencia de estrategias de conservación en dichas microcuencas y muestran la importancia de generar acciones de conservación y restauración a nivel de paisaje, que permitan el mantenimiento y recuperación de ecosistemas que proveen el servicio ecosistémico hídrico, de esta manera también se podría asegurar la calidad y cantidad de agua para las comunidades.

Palabras clave: vulnerabilidad al cambio climático, exposición climática, capacidad adaptativa, Andes.

ABSTRACT

In recent decades, a strong influence of anthropic activities on watersheds has been observed. The potential climate change impacts, due to extreme variations in temperature and precipitation, suppose an additional element that increases watersheds' vulnerability and affects fundamental ecosystem services for the development of local communities. This study analyzes the degree of vulnerability of two high-mountain water-supplying watersheds. For this purpose, we considered the exposure, sensitivity, and adaptive capacity. The vulnerability assessment showed that the watersheds El Carmen and Mónica in the Loja canton, could have moderate to high vulnerability under pessimistic scenarios (RCP 8.5). Regarding the adaptive capacity, El Carmen (Headwater) and Mónica have high levels of adaptive capacity. These results are related to the presence of conservation strategies in these watersheds and show the importance of implementing conservation and restoration actions at the landscape level, to allow the maintenance and recovery of the ecosystems for water provision. In this way, the quality and quantity of water could also be ensured for communities.

Key words: Climate change vulnerability, exposure, adaptive capacity, Andes

INTRODUCCION

Los cambios ambientales globales, como la conversión de los bosques a ganadería o cultivos y el cambio climático, tienen un efecto directo sobre las especies y ecosistemas tropicales, así como en la oferta de servicios ecosistémicos de las microcuencas alto andinas (Colwell *et al.*, 2009; Foster, 2001; Kimble & Stewart, 2019; Marshall & Randhir, 2008; MEA, 2005). El calentamiento acelerado del sistema climático es innegable e influencia los patrones de precipitación, temperatura, escorrentía, radiación y humedad, con considerables efectos sobre la disponibilidad de los recursos hídricos (Furniss *et al.*, 2010; IPCC, 2013, 2014, 2022). En el caso de la precipitación, los patrones de distribución y cantidad (aumento o disminución de precipitación) no tienen una tendencia definida entre regiones; sin embargo, a nivel global los escenarios sugieren un incremento del 2% en el promedio de lluvias desde los inicios del siglo XX (Dore, 2005), tendencias que han sido validadas para Sudamérica, incluyendo Ecuador (TNC, 2010; Vuille *et al.*, 2008). En cuanto a la temperatura, en Sudamérica se espera un aumento en la temperatura promedio anual de hasta 1,5 °C bajo un escenario optimista RCP 2,6 (*Representative Concentration Pathways*) y hasta 5,0°C bajo un escenario pesimista RCP 8,5. Los cambios en la precipitación anual a nivel global no son claros, dependiendo del área podrían variar entre -20% y +20% de precipitación (IPCC, 2013). El reporte de WMO (2021) hace alusión de una disminución de los totales pluviométricos por debajo del promedio de 1981-2010, en Ecuador durante el primer trimestre del 2020 se experimentó “una extraordinaria corriente de aire seco proveniente del Océano Pacífico, lo que provocó una racha seca de al menos 20 días consecutivos”, situación que se asume está condicionada por el aumento general de la temperatura (1,1 °C) a escala global.

Las microcuencas de alta montaña no están exentas a los impactos del cambio climático, pues son espacios de alta fragilidad socio ambiental y con una complejidad en sus condiciones climáticas. Las microcuencas comprenden ecosistemas muy especializados con alta riqueza biológica, pero que a su vez pueden tener una alta vulnerabilidad climática. Pese a la importancia de conocer cómo el cambio climático puede tener un impacto sobre las microcuencas de alta montaña para la adecuada gestión de los recursos hídricos, en Ecuador la generación de evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático es todavía incipiente.

Las microcuencas están en rangos altitudinales que van desde 2 310 hasta los 3 400 m s.n.m., con precipitaciones que se distribuyen entre 1150 mm en las zonas bajas a 2150 mm en las zonas medias altas. Las temperaturas promedio están sujetas a la distribución altitudinal, éstas varían entre 7,3 a 15 °C (Mejía-Veintimilla *et al.*, 2019; PNUD *et al.*, 2007; Zarate, 2011). El 60% de la superficie de El Carmen CA y Mónica está cubierto por bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, el 10 % es bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, y menos del 10% es páramo. El Carmen CA y Mónica muestran un bajo grado de intervención antrópica en menos del 20% de su área (MAE, 2013) (Figura 2).

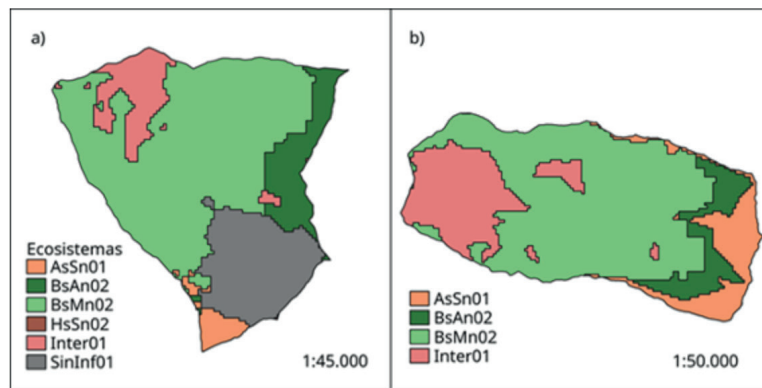


Figura 2. Ecosistemas de las microcuencas a) El Carmen CA, b) Mónica. Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo (AsSn01), Bosque siempreverde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes (BsAn02), Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes (BsMn02), Herbazal del Páramo (HsSn02), Intervención (Inter01), Sin información (SININF01). Fuente: (MAE, 2013).

Análisis de vulnerabilidad al cambio climático

Para este análisis se consideró la exposición climática, la sensibilidad a estresores ambientales, socio-económicos e intrínsecos (naturales), y la capacidad adaptativa que está vinculada a la presencia de estrategias de conservación o manejo que sirven como amortiguadores frente a estresores (Ec 1) (Cinner *et al.*, 2012; Eigenbrod *et al.*, 2015; Füssel, 2010; Fussel & Klein, 2007; IPCC, 2001, 2007; Liu *et al.*, 2013).

Ec. 1

$$V = E + S - CA$$

Donde:

V = Vulnerabilidad

E = Exposición

S = Sensibilidad

CA = Capacidad adaptativa

La identificación y selección de los principales estresores de exposición y sensibilidad, así como los amortiguadores se realizó a través de consulta a expertos. Los estresores de exposición se basaron en información de modelos de circulación general (GCMs por sus siglas en inglés) y escenarios de cambio climático con un horizonte al año 2050, obtenidos de la plataforma *WorldClim*, con una resolución de 1 km². Se generó ensambles considerando ocho GCMs para los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5, esto contribuyó a reducir la incertidumbre de cada uno de los modelos. Para el componente de exposición se

consideró el cambio en las variables climáticas entre los valores actuales y el año 2050 (Ec. 2). Para la variable de temperatura fue necesario obtener la temperatura al nivel del mar, para esto se determinó la tasa de cambio por cada metro de altitud, para ello se usó cada valor de los píxeles de temperatura y altitud y se estimó una regresión lineal ($p < 0,05$) de la que se obtuvo el coeficiente de $0,0045 \text{ }^\circ\text{C/metro}$ de altitud. Finalmente, la temperatura al nivel del mar se interpoló con el método *Kriging* y el raster resultante se incorporó con el modelo de elevación digital y el coeficiente de la regresión.

Ec. 2

$$\Delta T_{ave} + \Delta T_{max} + \Delta T_{min} + \Delta P_p$$

Dónde:

E = Exposición

ΔT_{ave} = Cambio de la temperatura promedio anual

ΔT_{max} = Cambio de la temperatura máxima promedio anual

ΔT_{min} = Cambio de la temperatura mínima promedio anual

ΔP_p = Cambio de la precipitación promedio anual

La sensibilidad se determinó a partir de la suma de: (i) estresores de tipo ambiental tales como uso del suelo, densidad de vías, deforestación, fragmentación y minería; (ii), estresores socioeconómicos como densidad poblacional, crecimiento poblacional, necesidades básicas insatisfechas y consumo de agua; y (iii) estresores intrínsecos seleccionados fueron el movimiento en masas, déficit hídrico, probabilidad de inundaciones y probabilidad de incendios forestales. Para la capacidad adaptativa se consideró la presencia amortiguadores tales como áreas protegidas, herramientas de conservación, y decrecimiento poblacional, que podrían favorecer a la adaptación de ecosistemas y especies frente a los impactos antrópicos y del cambio climático. El proceso metodológico para cada uno de los estresores de sensibilidad (Ec. 3) y amortiguadores (Ec. 4) dependió de cada una de las variables y de la disponibilidad de información. Cada variable fue normalizada (0 – 100%) dependiendo de su naturaleza, categórica o continua (Ec 5.; Ec. 6). Para facilitar la interpretación de los resultados se estableció una escala de cinco categorías (muy baja, baja, moderada, alta y muy alta); en este caso se usó el método de clasificación natural breaks (Brewer & Pickle, 2002). Para los estresores y amortiguadores categóricos se asignó un peso a través de un proceso de jerarquía analítica de Saaty (Saaty, 1990, 2008).

Ec. 3

$$S_{total} = S_{ambiental} + S_{socioeconomica} + S_{intrinseca}$$

Donde:

S_{total} = Sensibilidad total

$S_{ambiental}$ = Sensibilidad ambiental

$S_{socioeconomica}$ = Sensibilidad socio económica

$S_{intrinsec}$ = Sensibilidad intrínseca

Ec. 4

$$CA = AAP + AEC + ADP$$

Donde:

CA = Capacidad adaptativa

AAP = Amortiguador de áreas protegidas
AEC = Amortiguador de estrategias de conservación
ADP = Amortiguador de decrecimiento poblacional

Ec. 5

$$N = \frac{VC}{MaxVC} \times 100$$

Donde:

N = Normalización (variable categórica)

VC = Valor de la categoría

Max VC = Valor máximo de la categoría

Ec. 6

$$N = \frac{(\text{raster} - \text{min}(\text{raster}))}{(\text{max}(\text{raster}) - \text{min}(\text{raster}))} \times 100$$

Donde:

N = Normalización (variable categórica)

Min = Valor mínimo del raster

Max = Valor máximo del raster

RESULTADOS

Las microcuencas, bajo el escenario RCP2,6 presentan baja vulnerabilidad en el 75% de El Carmen CA y 56% de Mónica. La vulnerabilidad estas microcuencas altoandinas podría ser mucho más fuerte bajo el escenario RCP 8,5, en el cual el aumento de las variables climáticas (temperatura y precipitación) es más elevado. Bajo este escenario la microcuenca El Carmen CA tendría una vulnerabilidad moderada a alta en el 78% de su territorio, mientras que en la microcuenca Mónica un 51% de su área tendría una vulnerabilidad alta (Figura 3).

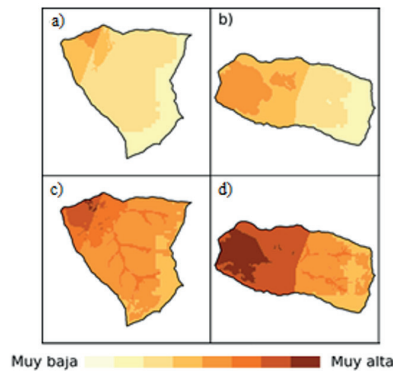


Figura 3. Vulnerabilidad al cambio climático de las microcuencas de alta montaña. a) RCP 2.6 El Carmen CA, b) RCP 2.6 Mónica, c) RCP 8.5 El Carmen CA, d) RCP 8.5 Mónica.

Bajo cualquiera de los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5, las dos microcuencas de alta montaña presentan una exposición al cambio climático de moderada a alta, sin embargo, es importante considerar para la interpretación de estos resultados que la exposición bajo un escenario RCP 8,5 va a ser mucho más fuerte que lo esperado para un escenario RCP 2,6 (Figura 4).

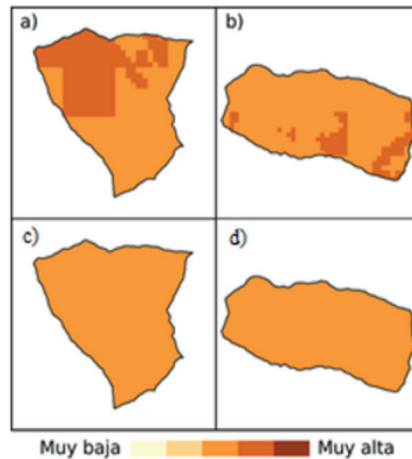


Figura 4. Exposición al cambio climático de las microcuencas de alta montaña. a) RCP 2.6 El Carmen CA, b) RCP 2.6 Mónica, c) RCP 8.5 El Carmen CA, d) RCP 8.5 Mónica.

En cuanto a la sensibilidad, las microcuencas de importancia hídrica del cantón Loja analizadas en este estudio, presentarían una sensibilidad baja en el 76% de El Carmen CA y el 61% de Mónica (Figura 5). Finalmente, las dos microcuencas muestran diferentes grados de capacidad adaptativa. El 89% de El Carmen se considera con una capacidad adaptativa muy alta, y para el caso de la microcuenca Mónica la capacidad adaptativa es alta en el 51% de su superficie y muy alta en el 49% restante. En el caso de las microcuencas El Carmen CA y Mónica su alta capacidad adaptativa está relacionada a los niveles de conservación que poseen estas microcuencas (Figura 6).

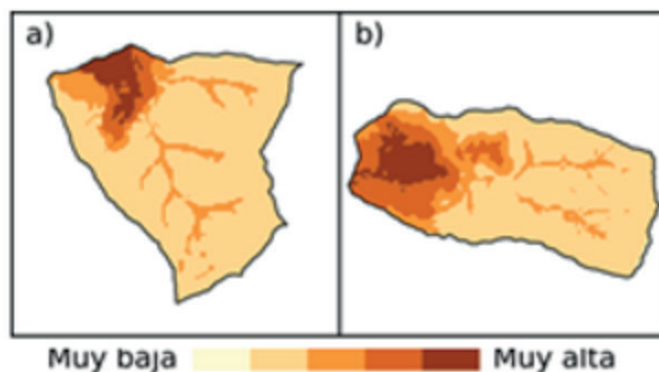


Figura 5. Sensibilidad de las microcuencas de alta montaña. a) El Carmen CA, b) Mónica.

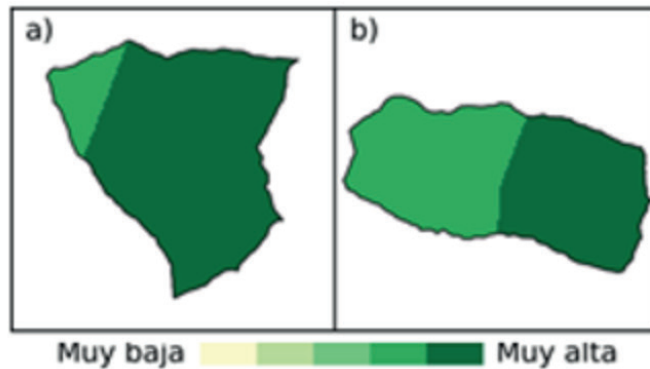


Figure 6. Capacidad adaptativa al cambio climático de las microcuencas de alta montaña. a) El Carmen, b) Mónica.

■ DISCUSIÓN

La RSE y concretamente la provincia de Loja, se caracteriza por ser un hotspot de biodiversidad y por la prestación de servicios ecosistémicos importantes para la sociedad como la provisión de agua para la población local. En las microcuencas estudiadas se distinguen principalmente la presencia de ecosistemas montañosos y de páramo que cumplen un rol importante en el ciclo hidrológico. No obstante, el bosque montano en el sur del Ecuador tiene altos niveles de fragmentación y baja conectividad debido a que está bajo la influencia del constante cambio de uso del suelo (Buytaert *et al.*, 2011). Por su parte, el páramo posee un límite geográfico muy restringido por lo que podría afrontar un mayor impacto del cambio climático (Anderson *et al.*, 2011; Buytaert *et al.*, 2011). Estos elementos convierten a los bosques montañosos y los páramos en ecosistemas muy vulnerables al cambio climático.

Pese a la importancia hídrica que las microcuencas estudiadas tienen para la población local, existe una alta influencia de conductores de cambio relacionados con el cambio de uso del suelo para la implementación de cultivos o pastizales, actividades que guardan una estrecha relación con los incendios provocados principalmente en zonas de páramo (Buytaert *et al.*, 2006; Pohle & Gerique, 2008) y que han contribuido a la pérdida de cobertura vegetal y biodiversidad (Zarate, 2011). En la microcuenca de El Carmen CA el cambio del uso del suelo (ganadería principalmente) ha disminuido en los últimos años por efecto de las estrategias de conservación local, mientras que, en Mónica, pese a las condiciones topográficas (pendientes superiores a 50%) existe un paulatino aumento de áreas para ganadería en la zona media baja, que pudieran aumentar los niveles de sensibilidad en el futuro.

En lo referente a exposición, bajo un escenario pesimista (RCP 8,5) las dos microcuencas y sus ecosistemas podrían tener fuertes impactos, resultando en cambios en la distribución de especies vegetales y en impactos significativos en la funcionalidad de los ecosistemas (Colwell *et al.*, 2009; Sklenář *et al.*, 2021). Se prevé que el cambio climático además de alterar la distribución de las especies vegetales, impactará negativamente las características estructurales y de composición de los ecosistemas alto andinos (Anderson *et al.*, 2011; Valencia *et al.*, 2020; Young *et al.*, 2011). Estos impactos sin duda van a influenciar en las funciones ecosistémicas y podrían resultar en la disminución de los servicios ecosistémicos, como la provisión y regulación de agua, disminuyendo así su disponibilidad del recurso para la población (Ochoa-Tocachi *et al.*, 2016). En este tipo de microcuencas de alta montaña, donde existe la presencia del ecosistema páramo, la descarga total de agua podría ser mucho menor y dependerá de la capacidad de captación de este ecosistema (Buytaert *et al.*, 2006).

En lo referente a la capacidad adaptativa, las dos microcuencas muestran una adecuada capacidad adaptativa, debido a las acciones activas de conservación que se han desarrollado en estas áreas, sin embargo, pese a la ejecución de dichas acciones todavía existen áreas de las microcuencas con sensibilidad de moderada a alta. Estos resultados indican que es necesario continuar con acciones de conservación, e incorporar estrategias de restauración a nivel de paisaje orientadas al mantenimiento y aumento de la provisión de agua. El cambio climático es un problema actual y es imperativo que se lo considere en la generación de políticas presentes y futuras, tales como los planes de gestión del recurso hídrico, puesto que, a mayor vulnerabilidad, mayores serán los retos que los seres humanos deban asumir.

■ CONCLUSIONES

Los niveles de vulnerabilidad al cambio climático que muestran las microcuencas evaluadas están relacionados con el nivel de conservación que tienen. Bajo el escenario pesimista RCP 8,5, las microcuencas muestran una vulnerabilidad de moderada a alta. Esto evidencia la importancia de mantener ecosistemas saludables, con bajos niveles de fragmentación, que puedan resistir los impactos que se prevén ante el cambio del sistema climático global.

Es importante recalcar que las acciones de conservación en conjunto con acciones de restauración podrían ser claves para desarrollar una mejor capacidad adaptativa de los ecosistemas que proveen de servicios ecosistémicos importantes para los seres humanos, como la provisión de agua. Dado que el país cuenta con un Plan Nacional de Restauración al 2030, es necesario incluir microcuencas de importancia para el abastecimiento de agua para el consumo humano. Así mismo, es urgente que los planes de gestión de cuencas incluyan el tema del cambio climático dentro de las estrategias de gestión.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Servicio Forestal de Estados Unidos de Norte América por el apoyo científico durante el proceso de análisis de vulnerabilidad al cambio climático en la región sur del Ecuador.

FINANCIAMIENTO

Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional de Loja, a través de la Dirección de Investigaciones (Código proyecto: 08-DI-FARNR-2021).

■ BIBLIOGRAFIA

- Anderson, E., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., & Ruiz, D. (2011). Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. In S. Herzog, R. Martinez, P. Jorgensen, & H. Tiessen (Eds.), *Climate change and biodiversity in tropical Andes. MacArthur Foundation, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)* (pp. 1–5).
- Brewer, C., & Pickle, L. (2002). Evaluation of Methods for Classifying Epidemiological Data on Choropleth Maps in Series. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(4), 662–681.
- Buytaert, W., Célleri, R., De-Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79, 53–72.
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 19–33.

- Cinner, J., McClanahan, T., Graham, N., Daw, T. M., Maina, J., Stead, S., Wamukota, A., Brown, K., & Bodin, O. (2012). Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environmental Change*, 22(1), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.018>
- Colwell, R., Brehm, G., Cardelús, C., Gilman, A., & Longino, J. (2009). Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science*, 322, 258–261.
- Dore, M. H. I. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, 31(8), 1167–1181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.03.004>
- Eigenbrod, F., Gonzalez, P., Dash, J., & Steyl, I. (2015). Vulnerability of ecosystems to climate change moderated by habitat intactness. *Global Change Biology*, 21(1), 275–286. <https://doi.org/10.1111/gcb.12669>
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*, 55, 73–106 p.
- Furniss, M., Staab, B., Hazelhurst, S., Clifton, C., Roby, K., Ilhadrt, B., Larry, E., Todd, A., Reid, L., Hines, S., Bennett, K., Luce, C., & Edwards, P. (2010). Water, climate change, and forests: Watershed stewardship for a changing climate. In *General Technical Report PNW-GTR812*.
- Füssel, H.-M. (2010). Review and quantitative analysis of indices of climate change exposure, adaptive capacity, sensitivity, and impacts. *World Development Report*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.009>
- Fussel, H.-M., & Klein, R. (2007). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climate Change*, 75, 301–329.
- INEC. (2010). *Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*.
- IPCC. (2001). *Cambio climático 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte de la contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge. *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPCC. (2013). *IPCC 5th Assessment Report “Climate Change 2013: The Physical Science Basis.”*
- IPCC. (2014). *Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. . Dokken, K. J. . Mach, M. D. . Mastrandrea, T. E. . Bilir, M. Chatterjee, K. L. . Ebi, Y. O. . Estrada, R. C. . Genova, B. Girma, E. S. . Kissel, A. N. . Levy, S. MacCracken, & and L. L. W. P.R. Mastrandrea (eds.)).
- IPCC. (2022). *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability* (A. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor & A. O. (eds) Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löscke, V. Möller (eds.)). IPCC.
- Kimble, J. M., & Stewart, B. A. (2019). *Global climate change and tropical ecosystems*. Routledge.
- Liu, X., Wang, Y., Peng, J., Braimoh, A., & Yin, H. (2013). Assessing vulnerability to drought based on exposure, sensitivity and adaptive capacity: A case study in middle Inner Mongolia of China. *Chinese Geographical Science*, 23(1), 13–25. <https://doi.org/10.1007/s11769-012-0583-4>
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque del sur del Ecuador. In Z. Aguirre, M. Madsen, E. Cotton, & H. Balslev (Eds.), *Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora- Chinchipe* (pp. 29–49).

- MAE. (2013). *Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito. 121.
- Marshall, E., & Randhir, T. (2008). Effect of climate change on watershed system: a regional analysis. *Climatic Change*, 89, 263–280.
- MEA. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press.
- Mejía-Veintimilla, D., Ochoa-Cueva, P., Samaniego-Rojas, N., Félix, R., Arteaga, J., Crespo, P., Oñate-Valdivieso, F., & Fries, A. (2019). River discharge simulation in the high andes of southern Ecuador using high-resolution radar observations and meteorological station data. *Remote Sensing*, 11(23), 2804.
- Ochoa-Tocachi, B. F., Buytaert, W., De Bièvre, B., & Célleri, R. (2016). Impacts of land use on the hydrological response of tropical Andean catchments. *Hydrological Processes*, 30, 4074–4089. <https://doi.org/10.1002/hyp.10980>
- PNUD, Municipio de Loja, & NCI. (2007). *Perpectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja*.
- Pohle, P., & Gerique, A. (2008). Sustainable and Non-Sustainable use of natural resources by indigenous and local communities. In *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador* (pp. 331–345).
- Saaty, T. (1990). How to make a decision : The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process Thomas L. Saaty. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Sklenář, P., Romoleroux, K., Muriel, P., Jaramillo, R., Bernardi, A., Diazgranados, M., & Moret, P. (2021). Distribution changes in páramo plants from the equatorial high Andes in response to increasing temperature and humidity variation since 1880. *Alpine Botany*, 131(2), 201–212.
- TNC. (2010). *Vulnerabilidad y cambio climático en Ecuador: Síntesis de información existente recomendaciones*.
- Valencia, J. B., Mesa, J., León, J. G., Madriñán, S., & Cortés, A. J. (2020). Climate vulnerability assessment of the espeletia complex on Páramo Sky Islands in the Northern Andes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 309.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., & Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89(3–4), 79–96. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>
- World Meteorological Organization (WMO). (2021). *State of the Climate in Latin America and the Caribbean*.
- Young, B., Young, K., & Josse, C. (2011). Vulnerability of Tropical Andean Ecosystems to Climate Change. In *Climate change and biodiversity in tropical Andes*. MacArthur Foundation, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) (pp. 170–181).
- Zarate, C. (2011). *Hacia un modelo de ordenación. Para los territorios de protección natural del área de influencia inmediata de la ciudad de LOJA. Microcuenca el Carmen*. Universidad Estatal de Cuenca.

Adaptación de sistemas naturales y sociales al cambio climático en el Ecuador: una revisión

Adaptation of natural and social systems to climate change in Ecuador: A review

Alexandra Jiménez-Torres^{1*}
Estefanía Castillo-Acaro¹
Lorena Jiménez-Jiménez¹
Darwin Pucha-Cofrep¹

¹Carrera de Ingeniería Forestal. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja, Loja - Ecuador

Autor para correspondencia: alexandra.jimenez@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1300>

Recibido: 31/03/2022

Aceptado: 17/05/2022

RESUMEN

En las últimas décadas, el cambio climático ha impactado a los sistemas naturales y sociales y se ha convertido en un problema que requiere la intervención de los gobiernos, la academia, el sector privado y la sociedad civil. Este artículo presenta una revisión bibliométrica de investigaciones en español, realizadas durante los últimos 30 años (1991–2021) sobre la adaptación de los sistemas naturales y humanos al cambio climático en Ecuador, para lo cual se analizaron las metodologías y técnicas empleadas, la percepción de cambio de las variables climáticas, enfoques y estrategias. Se realizó la búsqueda, recuperación y evaluación de información documental con base a criterios de selección. Los resultados revelaron que la investigación sobre adaptación al cambio climático en Ecuador se incrementó durante el período 2011-2021, especialmente en la región Sierra. Las metodologías mixtas fueron las más utilizadas en este tipo de estudios. Adicionalmente, los principales hallazgos evidenciaron que la población ecuatoriana percibe aumento, disminución y comportamiento modificado de los patrones naturales en las variables meteorológicas de precipitación, temperatura, y vientos. Finalmente, para reducir los impactos sobre los sistemas naturales y humanos, la población ecuatoriana implementó estrategias de adaptación en territorio bajo diferentes enfoques, principalmente basados en comunidades humanas y ecosistemas.

Palabras clave: cambio climático, adaptación, sistemas naturales, sistemas humanos, Ecuador.

■ ABSTRACT

In the last decades, climate change has impacted natural and social systems and has become a problem that requires the intervention of governments, academia, the private sector, and civil society. This article presents a bibliometric review of research in Spanish, carried out during the last 30 years (1991-2021) on the adaptation of natural and human systems to climate change in Ecuador, for which, were analyzed the methodologies and techniques used, the perception of change of climatic variables, approaches, and strategies. The search, recovery and evaluation of documentary information were carried out based on selection criteria. The results revealed that research on adaptation to climate change in Ecuador increased during the 2011-2021 period, especially in the Sierra region. Mixed methodologies were the most used in this type of study. Additionally, the main findings showed that the Ecuadorian population perceives an increase, decrease and modified behavior of natural patterns in the meteorological variables of precipitation, temperature, and winds. Finally, to reduce the impacts on natural and human systems, the Ecuadorian population implemented adaptation strategies in the territory under different approaches, mainly based on human communities and ecosystems.

Keywords: climate change, adaptation, natural systems, human systems, Ecuador.

■ INTRODUCCIÓN

Las Naciones Unidas (1992) definen al cambio climático CC como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

El Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2022), hace hincapié en la necesidad urgente de adoptar medidas para enfrentar los riesgos del cambio climático, entre los que se evidencian el aumento de olas de calor, sequías e inundaciones, pérdida de vidas, de biodiversidad y de infraestructura, afectación a la salud humana, propagación de plagas y enfermedades en cultivos lo que amenaza directamente a la seguridad alimentaria y medios de vida de millones de personas, tales efectos están vinculados al consumo no sostenible de los recursos naturales, la creciente urbanización, las desigualdades sociales, las pérdidas y daños provocados por los fenómenos extremos y la pandemia del COVID-19.

Además, la urgencia de la adaptación es altamente subrayada en las proyecciones realizadas en los diferentes informes de los grupos de trabajo del IPCC, ya que los avances en adaptación al cambio climático son dispares a nivel mundial, debido a las desigualdades económicas y sociales de las poblaciones, por lo que se sugiere la intervención de todos los gobiernos, sector privado y la sociedad civil en acciones para la reducción de riesgos (IPCC, 2022).

Razón por la cual, en los últimos años, se promueven enfoques teórico-prácticos de adaptación al CC de los sistemas naturales y sociales. Entre los diferentes enfoques, la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) utiliza la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia más amplia de adaptación, ante los efectos adversos del CC (Lhumeau y Cordero, 2012); la Adaptación Basada en la Gestión del Bosque (ABGB), parte de la importancia de mantener la integridad ecológica de los bosques, debido a que proveen de bienes y servicios ecosistémicos a las comunidades (Locatelli *et al.*, 2009); la Adaptación Basada en Comunidades (ABC) tiene un enfoque integrado del conocimiento tradicional con estrategias para abordar la vulnerabilidad actual, a la vez que fortalece la capacidad adaptativa para

enfrentar nuevos retos (Dazé *et al.*, 2010) y la Adaptación Basada en el Conocimiento Tradicional (ABCT), orientada a conocimientos y prácticas ancestrales de los pueblos indígenas, locales y tradicionales con base a la visión holística que tiene de la comunidad del ambiente (Hofstede, 2014).

Ecuador es un país muy vulnerable al cambio del clima, debido a las condiciones geográficas, de relieve, climáticas, sociales y económicas, lo que condiciona el grado de adaptación a esta problemática (Barrera y Morejón, 2011). Por lo cual, a nivel nacional se realizan esfuerzos para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales, con el fin de identificar los sectores de la economía en los cuales se pueda tomar las medidas correspondientes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y facilitar la adaptación (República del Ecuador y Ministerio del Ambiente, 2012). Además, se investiga el nivel de conocimiento y percepción que tienen los grupos sociales sobre el cambio climático, para generar estrategias que incluyan diversas visiones y propuestas para la apertura de espacios de discusión entre tomadores de decisiones y pobladores locales (Calero, 2017).

En este contexto, este artículo pretende contribuir al conocimiento sobre la adaptación de los sistemas naturales y humanos al cambio climático en Ecuador y se fundamenta en el análisis de investigaciones realizadas durante los últimos 30 años (1991 – 2021), adicionalmente, se indaga acerca de las metodologías y técnicas utilizadas, la percepción de cambio en las variables climáticas y los impactos para finalmente, proporcionar información sobre los enfoques y estrategias de adaptación implementadas y propuestas por la población ecuatoriana.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Ecuador se ubica al noroeste de América del Sur, limita al norte con Colombia, al sur y este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico, cuenta con una extensión territorial de 256 370 km², dividido en tres regiones naturales: Costa, Sierra y Oriente y la región insular ubicada a 1000 km de la costa, llamada Archipiélago de Galápagos. Se encuentra atravesado por la línea equinoccial o ecuatorial y se extiende entre las latitudes 1°30' N y 5° S y las longitudes 75° 20' W y 91° W (Varela y Ron, 2018) (Figura 1). Hasta abril del año 2021, Ecuador cuenta con una población de 17 531 503 habitantes (INEC, 2021).

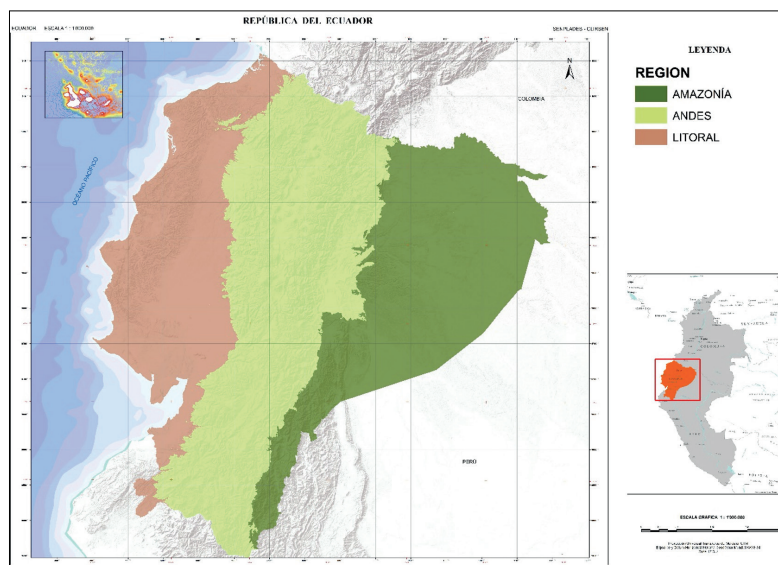


Figura 1. Mapa de ubicación y regiones del Ecuador

Características bioclimáticas

El Ecuador presenta un clima con dos estaciones definidas, una lluviosa o comúnmente llamada húmeda o invierno, y una estación seca llamada verano. Tiene una topografía que está a una altitud de 0 hasta 6300 msnm, con un gradiente de temperaturas de 0 a 26°C. Existe una variedad de climas a lo largo del territorio ecuatoriano, entre los principales están los climas tropicales, subtropicales, templados, subtemplados y de páramo. Además, tiene dos cuencas hidrográficas como lo son la Pacífica y la Amazónica. Está atravesado de norte a sur por la cordillera de los Andes (Varela y Ron, 2018) y presenta 91 ecosistemas terrestres distribuidos 24 en la región Litoral, 45 en la Sierra y 22 en la Amazonía (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

Métodos

Los métodos que se utilizaron fueron la búsqueda bibliográfica, definición de criterios de selección, recuperación y evaluación de la información.

Búsqueda bibliográfica

La información se extrajo de fuentes documentales confiables, validadas y en idioma español provenientes de revistas científicas, libros, tesis, repositorios digitales de las siguientes universidades: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Andina Simón Bolívar, Técnica Particular de Loja, Politécnica Salesiana, Técnica del Norte, de las Américas, Casa Grande, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Central del Ecuador, Estatal Amazónica, Nacional de Loja, Internacional SEK Ecuador. También se utilizaron portales de organismos e instituciones internacionales y nacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN, Project Muse, Engynieria Sense Fronteres, Banco Mundial (World Bank), Servicio de Gestión del Conocimiento para Latinoamérica y el Caribe, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, y Municipios.

Criterios de selección

Para la recopilación de información se definieron criterios de selección, para lo cual se eligieron investigaciones y documentos en idioma español sobre la adaptación y estrategias frente al cambio climático en el contexto nacional durante el período 1991 - 2021, se excluyó la información a nivel mundial, adaptación al cambio climático desde el punto de vista global y cambio climático desde el punto de vista teórico. Se utilizaron en su mayoría palabras claves como: cambio climático, adaptación, percepción, sistemas naturales, sistemas humanos, Ecuador.

Recuperación de la información: Fuentes documentales

Para la recuperación de la información la investigación se revisó, analizó y recuperó información de cada artículo científico, libros, informes, tesis, bases institucionales, entre otros, dichos documentos y su información se fundamentó y validó de acuerdo a los criterios de selección.

Evaluación de la calidad de los artículos seleccionados

La evaluación de la calidad de los artículos se realizó mediante los siguientes criterios: si el estudio se encuentra en idioma español; si aporta resultados de importancia teórica o práctica; si tiene suficiente validez interna acorde al diseño y metodología utilizada; los instrumentos utilizados tienen calidad y fundamento científico; la investigación tiene suficiente validez externa dado que los resultados o la teoría presentados son generalizables; si en las investigaciones se describe el método y procedimiento; si se aportan resultados teóricos o prácticos que son útiles a la sociedad para la toma de decisiones;

se especifica de forma clara el tipo de estudio de que se trata; originalidad de los estudios; validez y relevancia; clasificación y manejo de los datos obtenidos; y coherencia en la interpretación de los datos con el fenómeno en estudio.

■ RESULTADOS

Áreas de estudio

El análisis bibliométrico, mostró que las investigaciones sobre la adaptación al cambio climático en el Ecuador, se encuentran distribuidas en las cuatro regiones naturales del país, sin embargo, la región Sierra registró el mayor número (34), seguida por la Costa con 14, Oriente 9 e Insular con 1, también existen investigaciones que abarcaron el Ecuador Continental (Costa, Sierra y Oriente) con 6 estudios, 4 corresponden a Ecuador Continental e Insular y 1 en las regiones Sierra y Oriente. Asimismo, de las 69 investigaciones identificadas durante el período de análisis 1991 – 2021, 43 se efectuaron en sectores rurales, 12 en sectores urbanos, 7 no especifican con exactitud el sitio y 7 estudios se aplicaron tanto en el sector urbano como rural.

A nivel nacional, el número de investigaciones bajo esta temática, se incrementaron principalmente durante los últimos 10 años, de 69 estudios recabados, el 88,4% (61) se realizaron desde el año 2011 hasta el 2021, mientras que únicamente 1 investigación (1.45 %) corresponde al período 1991-2001 y, 7 (10.14%) al período 2001-2011 (Figura 2).

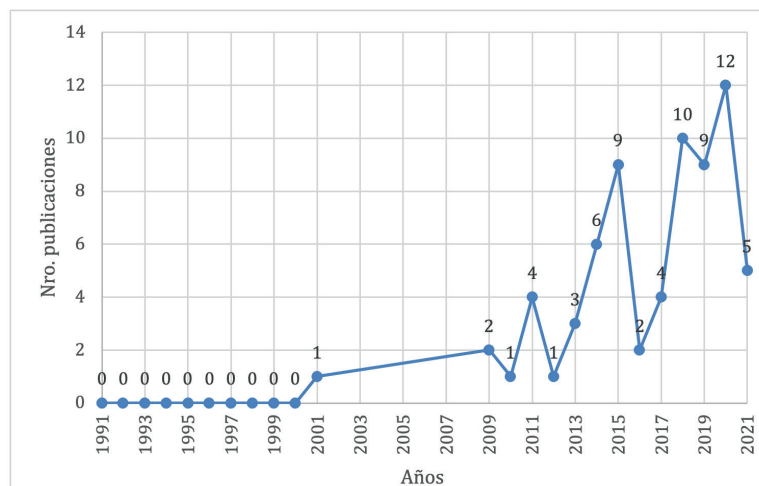


Figura 2. Número de publicaciones realizadas sobre adaptación al cambio climático en Ecuador durante el periodo 1991 - 2021.

Metodologías y técnicas de investigación

La investigación bibliográfica evidenció la aplicación de tres tipos de metodologías en los estudios de adaptación al cambio climático en Ecuador, entre las que se identificaron: la cuantitativa, cualitativa y mixta; la mayormente empleada fue la metodología mixta (cualitativa-cuantitativa) con 38 estudios, seguida por la cualitativa con 22, la cuantitativa con 4 y 5 estudios que no presentaron información (SN) (Figura 3).

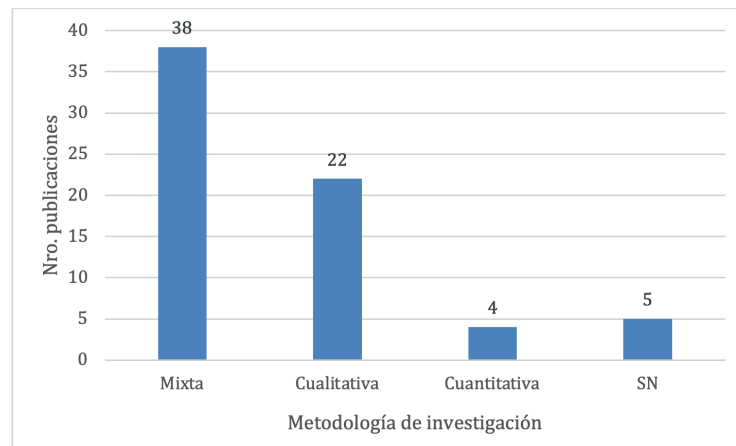


Figura 3. Metodologías y técnicas aplicadas en las publicaciones de adaptación al cambio climático en Ecuador

Las técnicas de investigación aplicadas correspondieron a observación participante, entrevistas, encuestas, talleres, grupos focales, registros históricos, revisión documental y reuniones, de las cuales, la más utilizada fue la entrevista (37 investigaciones), seguido de revisión documental con 34 y encuestas con 29 (Figura 4.), mientras que las técnicas menos utilizadas son las de registros históricos y reuniones con 12 estudios cada uno. En la mayoría de las investigaciones analizadas se utilizaron más de dos técnicas.

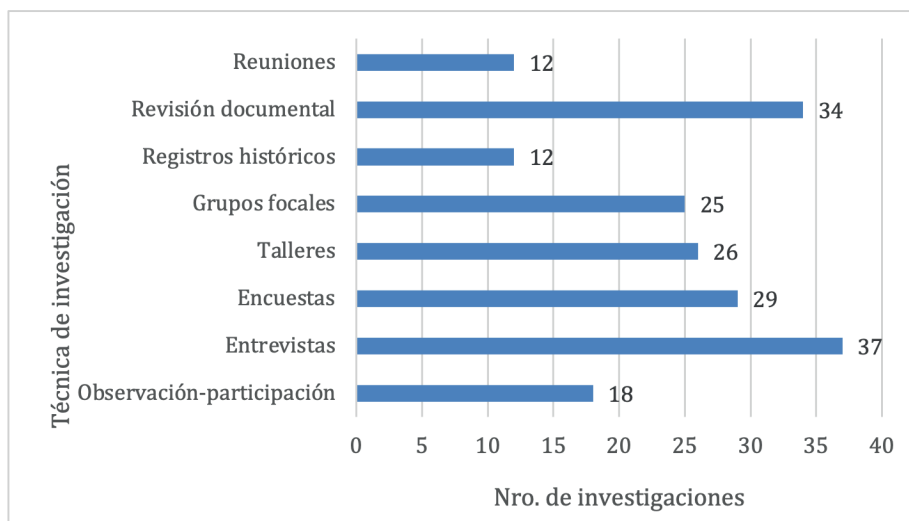


Figura 4. Técnicas de investigación empleadas en las investigaciones de adaptación al cambio climático en Ecuador.

Percepción de cambio en las variables climáticas

La investigación bibliométrica demostró que, en las diferentes localidades y regiones del Ecuador, la población comprobó aumento, disminución y comportamiento modificado en las variables de precipitación y temperatura principalmente (Figura 5). Por ejemplo, los moradores de la parroquia de San Pablo y Archidona de la Reserva de Biósfera Sumaco en la provincia de Napo, percibieron aumento y disminución de precipitación y temperatura durante los últimos 12 años (Chimbo y Chongo, 2019).

Por otra parte, las personas de las Parroquias San Lucas (Provincia de Loja) y Quimis, Jipijapa (Provincia de Manabí), también consideraron que ha existido un aumento en estas dos variables (Coronel, 2019; Hernández, García y Valdés, 2019), cuyos efectos se presentan de manera distinta en las regiones del país tal como lo manifiestan Vega, Malla y Bejarano (2020), quienes en un estudio aplicado a 18 ciudades ubicadas en la región Costa evidenciaron períodos de intensas precipitaciones y sin mayores cambios en la temperatura, en la región Sierra se reflejó un comportamiento variado del clima durante el año; en la región Oriente, en las ciudades de Macas y Puyo se observó un comportamiento variado de temperatura con precipitaciones constantes, por otra parte Puerto Baquerizo Moreno en la región Insular, presentó una tendencia climática regular y una casi nulidad de precipitaciones durante los meses de junio a noviembre.

La precipitación y la temperatura tuvieron también incidencia sobre el viento, esto lo afirmaron las comunidades de KIJUS-ACOKI (Mondayaku, Pachakutik, Lukmapamba, Shikayaku y Pakchayaku) en el Bosque Protector Cerro Sumaco y Cuenca Alta del Río Suno en la provincia de Napo (Albán, Segarra y Lennon, 2017), ya que, estas comunidades sintieron la presencia de fuertes vientos huracanados. También, las comunidades de Lagunas e Ilincho de la parroquia Saraguro, cantón Saraguro percibieron un cambio en el viento, siendo más fuerte en los años 1991, 2011 y 2018 (Cuenca, 2021) y en la parroquia Los Encuentros del cantón Yantzaza; durante los periodos 2005-2009, 2013, 2014, 2017, 2019 y 2020 sus habitantes consideraron, asimismo, que los vientos son más fuertes en la actualidad (Sarango, 2021). En otros lugares las personas sintieron la ausencia de vientos, como es el caso de la comunidad Afroecuatoriana San Pedro de Mascarilla, sector del Chota en la provincia del Carchi (Ortega, 2011).

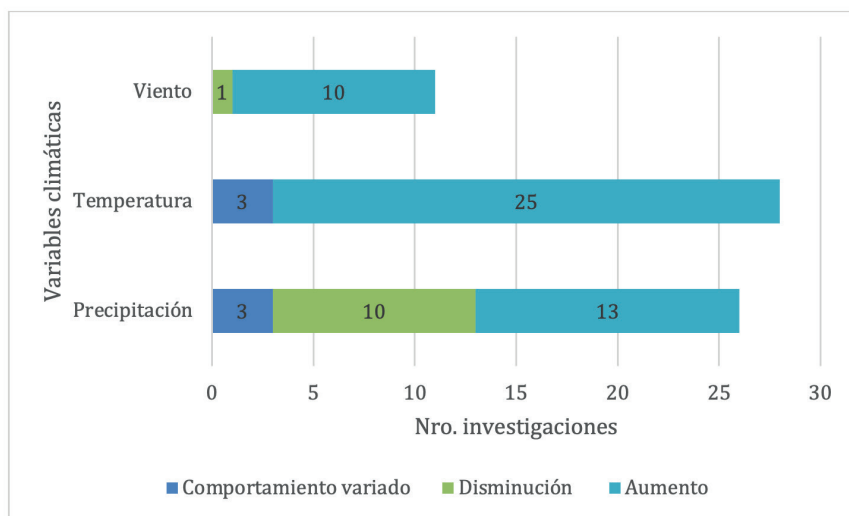


Figura 5. Percepción de cambio en las variables climáticas en Ecuador

Impactos del cambio del clima

La información examinada durante el periodo 1991 – 2021, denotó el impacto del cambio del clima tanto en los sistemas naturales como sociales. Entre los impactos del cambio climático a nivel nacional se encontraron los siguientes: aumento de granizadas, heladas, sequías, derretimiento de glaciares, disminución de la cobertura de páramos y boscosa, aumento de la presencia de plagas y enfermedades en plantas y animales, erosión del suelo, reducción en la disponibilidad de alimentos provenientes del bosque, disminución de la productividad de los cultivos y aumento de enfermedades en los sistemas sociales (personas) (Figura 6).

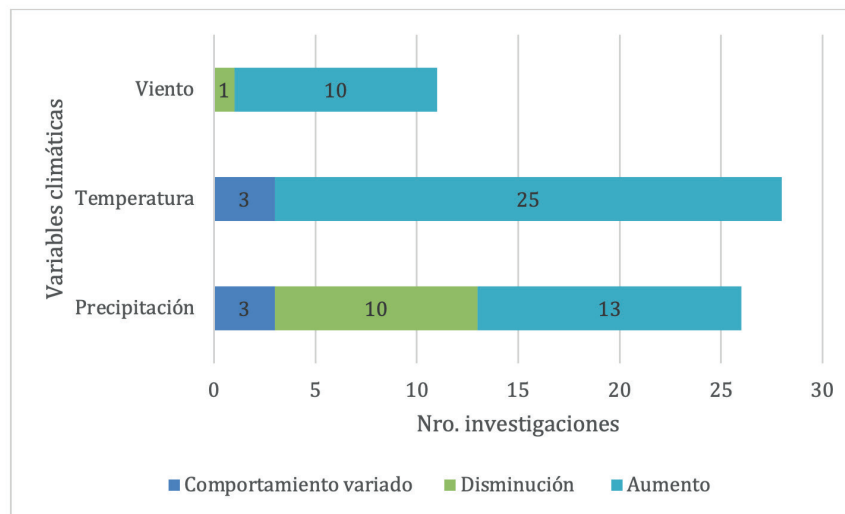


Figura 6. Impactos del cambio climático en Ecuador

Los pobladores de las parroquias la Libertad en la provincia de Carchi, San Andrés y San Juan en Chimborazo y del cantón Cuenca, distinguieron la disminución de la extensión de cobertura de los páramos debido principalmente a la presión demográfica, construcción de carreteras e infraestructura, para lo cual se implementaron acciones para proteger y conservar los mismos (Vásquez *et al.*, 2015; Segovia, 2013; Coronel, Mira y Encalada, 2015).

El derretimiento de los glaciares es otro efecto que las comunidades le atribuyeron al cambio climático debido a las altas temperaturas, así lo mencionaron en sus estudios Vander Molen (2011) con la desaparición del glaciar del viejo volcán Cayambe y la reducción de los glaciares del Nevado Antisana (Macas, 2015).

En la Reserva de Biósfera Sumaco (RBS), el cambio climático también causó deterioro ambiental debido a la existencia de lluvias intensas en períodos cortos, lo que provocó erosión del suelo y pérdida de la fertilidad (Chimbo y Chongo, 2019; Romo, 2015). Además, las comunidades Achuar y la mayor parte de los pueblos indígenas amazónicos experimentaron otros efectos, como la disminución de la cobertura boscosa y la disponibilidad de alimentos provenientes del bosque, los pobladores mencionaron que en la antigüedad obtenían del bosque gran cantidad de frutas (Veloz, 2019); así como también, el bajo rendimiento de la productividad de los cultivos en las huertas, fue evidente, como es el caso del cacao (*Theobroma cacao* L) en localidades indígenas Kichwas (Andy, 2019).

Las comunidades de la microcuenca del río Escudillas en Carchi e Imbabura, los pobladores de Tzimbuto y Naubug en Chimborazo, del cantón Cuenca y de la ciudad de Loja, mostraron también que los sistemas humanos sufren los impactos del cambio del clima, principalmente en lo que se refiere a la salud, ya que la población experimentó un incremento en enfermedades tales como: gripe, fiebre, infecciones y enfermedades respiratorias (Guerra, 2018; Gómez, 2014; Coronel, Mira y Encalada, 2015; Vivanco, 2017).

Entre los hallazgos, también es importante destacar que, en Comunidades de Pilahuín y Tamboloma en Tungurahua y de San Rafael y Chuquipogyo en Chimborazo, la mayoría de la población tiene limitado conocimiento sobre las causas y efectos del cambio climático y carecen de información técnica sobre el tema, sin embargo, sus percepciones sobre el cambio del clima en su entorno no se alejaron de la realidad (León, 2020).

Enfoques y estrategias de adaptación

La investigación bibliométrica mostró que los enfoques de adaptación que se utilizaron principalmente fueron la Adaptación Basada en Comunidades (ABC) con 19 estudios y la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) 11, asimismo, 14 documentos presentaron una combinación de los dos enfoques; otros estudios, denotaron la combinación de tres o más direcciones, mientras tanto, en 11 exploraciones no registraron ningún enfoque de adaptación frente a los impactos del cambio climático (Figura 7).

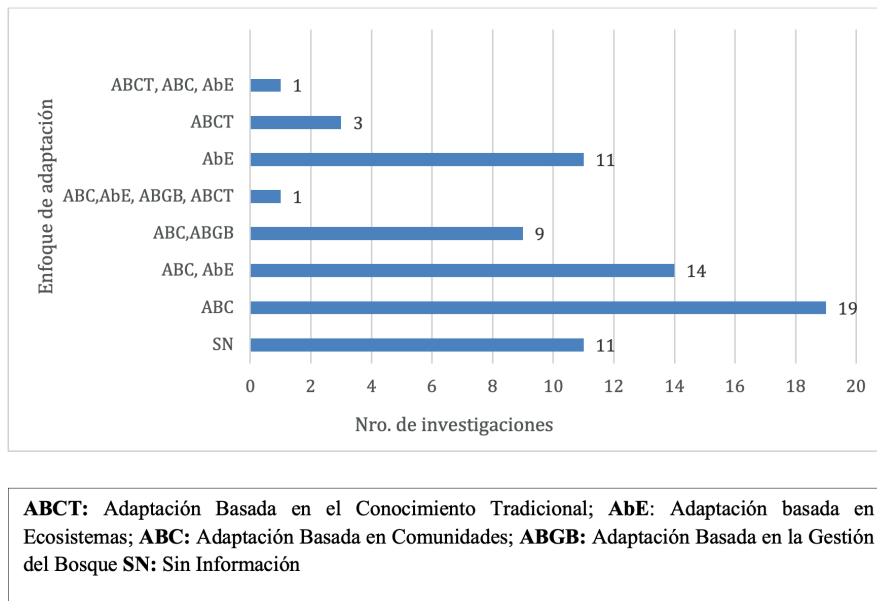


Figura 7. Enfoques de adaptación al cambio climático en Ecuador

En Ecuador la población implementó ciertas medidas de adaptación frente a los efectos del cambio climático, tal es el caso de las Comunidades de la Chimba, Ancholag, Otoncito, Florencia en Pichincha, quienes emplearon la ABC como los sistemas de riego y mejoramiento de la infraestructura para el almacenamiento y circulación de agua de riego (Cobacango, 2021), también en las parroquias de Chumundé, Playa de Oro y San Miguel en Esmeraldas implementaron emprendimientos comunitarios enfocados en el turismo (Villafuerte, *et al.*, 2018).

Bajo este mismo tipo de adaptación, los habitantes de la subregión Sierra Centro del Ecuador implementaron sistemas agrosilviculturales y las tecnologías agroforestales (Checa, Ramos y Grijalva, 2010). Por otro lado, la comunidad de Fakcha Lacta, localidad de Peguche, parroquia Miguel Egas Cabezas, Otavalo, Imbabura realizaron la siembra al voleo, el hoyado en hileras con estacas, el agroturismo y el uso de métodos tradicionales para el control de malezas y plagas (Aranguren y Moncada, 2018).

La AbE se empleó por las comunidades de las parroquias Honorato Vásquez y Membrillal en Manabí y parroquias Pintag, Machachi, Rumipamba y Sangolquí del Distrito Metropolitano de Quito, tales prácticas comprendieron la agrobiodiversidad, silvopastoreo sostenible, sistemas agroecológicos, turismo, protección y recuperación de cuencas abastecedoras, recuperación de la vegetación protectora de los cursos de agua, (MAE, UICN y GIZ, 2019; MAE y Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones, 2012). Así también, los pobladores de la ciudad de Latacunga utilizaron la AbE con acciones de arborización para la generación de áreas verdes en la ciudad y la regeneración de la flora (Murillo, 2020).

En este sentido, algunos programas que se desarrollaron bajo el enfoque de la AbE en las regiones del Ecuador Continental e Insular vincularon a la población con la financiación de fondos públicos y cooperación internacional, para lo cual consideraron como ejes principales la provisión de agua, prevención de la erosión, deslizamientos, almacenamiento de carbono y regulación del microclima (Ariza-Montobbio y Cuvi, 2020), lo que conllevó a la implementación de prácticas innovadoras como las agroecológicas, forestales y agroforestales.

La diversificación agrícola y la protección de bosques fueron realizadas por las comunidades de Jesús del Gran Poder y Chitacspi en la provincia del Carchi y la comunidad de San Clemente en Imbabura (Valencia y Paredes, 2016); así como también, la conservación de forrajes, conservación de remanentes naturales en las provincias de Santa Elena, Manabí, Guayas, Imbabura, Loja, Napo y Morona Santiago (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] y Ministerio del Ambiente y Agua [MAAE], 2020). En cambio, en las parroquias Concepción y Pimampiro en las provincias de Carchi e Imbabura respectivamente, propusieron como medidas de adaptación que combinan la ABC y la ABGB las siguientes: capacitación a usuarios, reforestación, el sistema de riego y control en la tala de bosques (Vásquez, 2018).

Bajo este mismo tipo de adaptación en las provincias de Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Napo, Sucumbíos, Orellana y bosque seco de Loja y El Oro, efectuaron acciones como el manejo sostenible e integrado de los recursos naturales, fortalecimiento de la planificación territorial, control forestal, implementación de un sistema de trazabilidad de productos forestales, manejo forestal sostenible, bioemprendimientos y la gestión integrada de recursos hídricos (MAG y MAAE, 2018).

La ABC junto con la AbE en el Ecuador abarcaron la implementación de reservorios nocturnos y tecnificación del riego (Doornbos, 2009), la protección contra incendios forestales, construcción de muros de contención y la reubicación de comunidades (Cáceres, 2001; Salinas, Cevallos y Levy, 2020). En otros sitios se realizó la rotación del ganado, prevención y control de enfermedades, entre otras (Corporación para la Investigación, Capacitación y Apoyo Técnico para el Manejo Sustentable de los Ecosistemas Tropicales [ECOPAR], 2013). Además, se ha implementado la protección de las fuentes de agua, mejoramiento genético, uso de abonos orgánicos, asociación de cultivos y albarradas (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2014).

La ABCT se implementó en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe en donde emplearon acciones como : el cambio en las fechas de siembra y cosecha, implementación de semillas nuevas de café o la siembra de cultivos nuevos (Iñiguez, 2017), además la ABCT fue propuesta para los sectores prioritarios del Distrito Metropolitano de Quito y sugirieron la acciones y medidas de adaptación en factores como agua, ecosistemas, agricultura, incendios forestales y salud (Estacio, Jarrín, Flores y Romero, 2014).

En otros casos, se implementaron más de dos enfoques de adaptación como la ABCT, ABC y AbE, estas fueron empleadas por los habitantes de Esmeraldas, Carchi, Sucumbíos e Imbabura, y tomaron acciones encaminadas a los conocimientos tradicionales y locales, el almacenamiento y gestión de agua, reintroducción de especies nativas para diversificar la producción y consumo e introducción de cultivos orgánicos y agroecológicos (Confederación Afroecuatoriana del Norte de Esmeraldas [CANE] y Federación de Centros Awá del Ecuador [FCAE] , 2018).

Por otra parte, los habitantes de las comunidades de Zapotillo, Limones, Garza Real, Paletillas, Mangahurco, Bolaspamba y Cazaderos del cantón Zapotillo, utilizaron la ABC, AbE, ABGB y ABCT, mediante medidas como el uso de químicos para el control de plagas, adelanto de siembras, utilización de saquillos de arena para evitar el desborde del río, reservorios de agua, almacenamiento de alimentos, posos someros, evacuación de zonas de riesgo, entre otras (Jiménez, 2021).

Entre las medidas de adaptación propuestas a futuro se encontraron el diseño urbano sensible al agua, la restauración ecológica, mejoramiento paisajístico, eliminación de vertimientos y el involucramiento social (Cevallos y Parrado, 2018). Además, se buscó implementar medidas de adaptación en zonas de alta importancia de conservación, como son las Islas Galápagos, considerando como ejes principales de acción la protección de especies y ecosistemas vulnerables, protección de especies emblemáticas para mantener el turismo, control de especies invasoras, investigación, educación ambiental (MAE, Conservación Internacional Ecuador, WWF, 2011).

En los tipos de estrategia de adaptación que se implementaron y propusieron a futuro, se consideraron el uso de dos tipos de infraestructura de adaptación, como lo son la gris y verde (Figura 8); de las 60 investigaciones examinadas sobre el acciones y propuestas de medidas de adaptación, el tipo de adaptación más utilizada fue la verde con 27 casos, seguido por la implementación de la verde y gris con 25, por último la gris con 7, cabe mencionar que existió un estudio en el cual se analizó los sectores que mejor se han adaptado al cambio climático de acuerdo a aspectos socioeconómicos y la gestión ambiental realizada en territorio, sin embargo, no presentó medidas de adaptación implementadas.

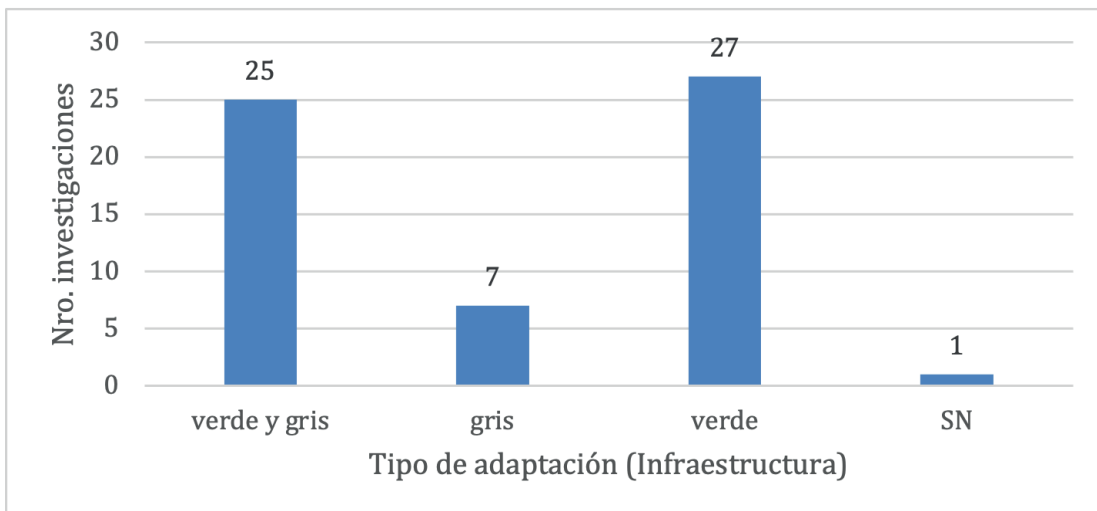


Figura 8. Tipos de adaptación al cambio climático en Ecuador

En algunos de los casos donde se utilizó la infraestructura verde se encontró a la Mancomunidad del Chocó Andino, como las parroquias Nono, Calacalí, Nanegal, Nanegalito, Guala y Pacto en Pichincha, que implementaron acciones como la Declaración del Bosque Modelo del Chocó Andino Ecuatoriano, la prohibición del uso de fertilizantes, ganadería sostenible y restauración productiva (Dupuits, 2021),

En lo que respecta a la infraestructura gris, se encontró el caso de la Isla Bellavista y Estero Huaylá en el Archipiélago de Jambelí, donde se realizó la construcción de diques de costal y arena para la protección de la zona limítrofe del manglar (Iñiguez y Jurrius, 2019). Por otra parte, se ejecutó la instalación de una estación meteorológica como sistema de alerta temprana a la presencia de heladas en la Comunidad Yatzaputzan, parroquia Pilahuín, cantón Ambato, para salvaguardar sus cultivos (MAE, 2020).

Por otra parte, el uso de la infraestructura verde junto con la gris se propuso en las parroquias urbanas de Guayaquil, provincia del Guayas, donde sugirieron la realización de medidas como la construcción de una estructura híbrida para la retención del agua y la reducción del riesgo de inundación, reforestación y mantenimiento de los bosques protectores de Guayaquil, conservación, manejo y restauración natural de manglares, entre otros (I Care Environnement, 2018).

■ DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico evidenció, que los estudios sobre adaptación al cambio del clima en el Ecuador utilizaron como principal enfoque metodológico el de carácter cualitativo-cuantitativo, su uso según Pita y Pértegas (2002) “podría ayudar a corregir los sesgos propios de cada método” al ser complementarios, por una parte, el método cualitativo permite obtener información de las características de los grupos sociales, las relaciones con su entorno, actitudes, aspectos culturales, experiencia social y percepciones (Cadena *et al.*, 2017; Alan y Cortez, 2018), mientras que los métodos cuantitativos “son muy potentes en términos de validez externa ya que con una muestra representativa de la población hacen inferencia a dicha población a partir de una muestra con una seguridad y precisión definida” (Cadena *et al.*, 2017).

En las investigaciones sobre la adaptación frente al cambio climático la técnica más utilizada fue la entrevista, según Mejía (2005) esta técnica es una fuente primaria donde se obtiene información directa y es un método muy útil para recabar datos e información. Asimismo, en el estudio de Calero (2017) y Ramos (2016) emplearon esta técnica para obtener información sobre el cambio climático de Vereda Chorrillos de la localidad de Suba en Bogotá y el Valle del Aconcagua en Santiago de Chile respectivamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos de percepción sobre los efectos del cambio climático en el Ecuador, se evidencia que las comunidades en estudio tienen percepciones heterogéneas con respecto al cambio de las variables bioclimáticas, considerando que las comunidades se ubican en diferentes regiones del Ecuador y por lo manifestado por Janacua y Poma (2020) quien manifiesta que aunque el cambio climático sea un fenómeno global, sus efectos no se manifiestan de manera igual en las regiones, en donde se puede percibir como un beneficio o perjuicio, además Santamarina (2010) sostiene que el grado de la percepción de los efectos del cambio climático está relacionada con la experiencia vivida y memoria, es así que mientras sean limitadas se dificulta la disposición de asumir compromisos y realizar acciones sostenibles en el diario vivir, condicionando su percepción si el cambio climático representa un riesgo real o inminente.

En cuanto a la percepción sobre los efectos del cambio climático, en el sector agrícola que ha percibido y evidenciado en mayor magnitud las consecuencias de CC, resultando afectada su productividad, de la cual el 64% de la producción nacional está en manos de pequeños productores (FAO, s.f.), ubicados en las zonas rurales; algunos efectos como las sequías, el aumento de plagas y enfermedades, concuerda con lo expuesto en el IPCC del año 2022, donde se informó que la frecuencia e intensidad de las sequías han aumentado en algunas regiones, entre ellas América del Sur, lo cual afecta el rendimiento de algunos cultivos y a la seguridad alimentaria en las regiones de alta montaña.

La adaptación en el Ecuador se ha enmarcado en tomar acciones frente a los impactos del cambio climático, pues estos se basan principalmente en la ABC y la AbE. Según Martínez-Rodríguez, Viguera, Donatti, Harvey y Alpízar (2017), mencionan que la adaptación basada en Ecosistemas (AbE) ha sido empleada para los pequeños productores, ya que son los más vulnerables a los efectos del cambio climático, es por esta razón que se han implementado buenas prácticas de AbE para los productores de café y granos básicos de Centroamérica obteniendo co-beneficios económicos, sociales y ambientales. Asimismo, en el sector agropecuario, se han implementado gran cantidad de buenas prácticas de adaptación enfocadas al buen uso y gestión del agua, tal como lo menciona el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2015), algunas de ellas como la construcción de reservorios y embalses de agua, reforestación en cuencas y sitios de recargas de agua, fincas agroecológicas, entre otros, que ha permitido aumentar los sistemas productivos en varias comunidades rurales ecuatorianas, incrementando sus rendimientos y fortaleciendo su seguridad alimentaria.

Dentro de las acciones de adaptación está también la construcción de la infraestructura gris con acciones como el manejo del agua basado en técnicas de siembra y cosecha de agua, construcción de muros de arena, construcción de diques de costal y arena, entre otros (Segovia, 2013; Iñiguez y Jurrius, 2019). En este sentido, los países mesoamericanos han incorporado esta clase de infraestructura para solucionar problemas hídricos y poder adaptarse a los mismos, también han implementado tecnologías como los sistemas de riego de cultivos eficientes en el uso del agua y sistemas de alerta temprana como, por ejemplo, gestión forestal que complementa al uso del sistema de alerta temprana (EWS por sus siglas en inglés) para incendios forestales (Luna y Martínez, 2019).

Finalmente el nivel de adaptación a los efectos del cambio climático está condicionado por factores sociales y económicos, lo cual se evidenció en el estudio realizado por Vilema y Mendoza (2014), para conocer el grado de capacidad territorial de adaptación y mitigación al cambio climático en el Ecuador, quienes determinaron que, la ciudad de Quito posee mejores condiciones para la adaptación y mitigación al ser un municipio con alto nivel socioeconómico y ambiental frente a los demás cantones, que presentan desigualdades en estos aspectos, reafirmando el anuncio de que “Las personas económicamente desfavorecidas tienden a vivir en zonas de mayor riesgo, reforzando la afirmación de que la vulnerabilidad está correlacionada con la pobreza” (Rojas, 2016, como se citó en Toulkeridis *et al.*, 2020).

■ CONCLUSIONES

En los últimos años la población ecuatoriana ha percibido un mayor impacto en los efectos del cambio climático, siendo las regiones de Sierra y Costa las más afectadas, principalmente en sus sistemas naturales, en el sector agrícola, ganadero y de turismo, debido a la presión antrópica sobre los ecosistemas y factores del clima como la altitud y relieve; frente a ésta problemática se implementaron distintas prácticas y procesos especialmente en el sector rural y agrícola, para reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia, a través del trabajo en conjunto de las comunidades locales y las distintas entidades de Estado. Sin embargo, aunque se ha visto buenos resultados de las medidas de adaptación en este sector, también se ha evidenciado un descuido en torno al tema del cambio climático en otros sectores económicos del país, lo que ha conllevado a un desconocimiento sobre su grado de adaptación frente a los efectos inminentes del CC, lo que limita la toma de decisiones y ejecución de medidas correctas de adaptación, que permitan que las actividades realizadas por éstos sectores sean sostenibles y sustentables con el transcurso del tiempo. Por otro lado, las metodologías y técnicas implementadas en las comunidades rurales son adecuadas, ya que se han diseñado a escala local dependiendo de la realidad de cada sector y las necesidades que buscan satisfacer, sin embargo, para determinar si aquellas medidas son sustentables y sostenibles se requiere un seguimiento y evaluación, ya que los efectos del cambio climático son impredecibles, por lo que se requerirá contar con una población informada y comprometida en su accionar frente a los impactos de éste fenómeno. Finalmente, las estrategias de adaptación implementadas por la población ecuatoriana se enfocan principalmente en la Adaptación basada en Ecosistemas, la cual comprende la conservación y recuperación de selva, reforestación, protección de pendientes y microcuencas, prácticas forestales y agroforestales entre otras.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Loja y particularmente al proyecto de investigación 21-DI-FARNR-2019: “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador” por la apertura y predisposición para la formulación del manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Dirección de la investigación, redacción y revisión de las versiones del documento hasta la versión final, Alexandra del Cisne Jiménez-Torres; Análisis y sistematización de la información Estefanía Castillo-Acaro y Lorena Jiménez-Jiménez. Revisión del documento final Darwin Pucha-Cofrep.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Alan, D. y Cortez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica* (Primera edición). Machala: Editorial UTMACH.
- Albán, S., Segarra, P. y Lennon, H. (2017). *Plan de Comanejo de cinco comunidades pertenecientes a la asociación de comunidades Kijus-Acoki, asentadas en el bosque protector cerro Sumaco y cuenca alta del río Suno*. <https://bit.ly/30cvZGb>
- Andy, C. (2019). *Percepción del cambio climático y su incidencia en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en comunidades Kichwas de la Reserva de Biosfera Sumaco*. (Tesis de grado). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. <https://bit.ly/2ZzvZQB>
- Aranguren, J. y Moncada, J. (comp.) (2018). *Las chacras como espacios multifuncionales en comunidades indígenas andinas. Caso: Fakcha Llakta, Otavalo, Ecuador*. <https://bit.ly/3kuQJ331>
- Ariza-Montobbio, P. y Cuvi, N. (2020). Adaptación Basada en Ecosistemas en Ecuador: buenas prácticas para el Co-Manejo Adaptativo. *Revista Ambiente & Sociedad*, 23, 2-27. <https://bit.ly/3EuFGyp>
- Barrera, A., y Morejón, R. (2011). *Cambio Climático*. Quito, Ecuador. <https://acortar.link/bhSbV0>
- Cáceres, L. (2001). *Vulnerabilidad-adaptación y mitigación al cambio climático en el Ecuador: compendio de medidas, estrategias y perfiles de proyectos de los sectores energético, forestal, agrícola, marino costero y recursos hídricos*. Comité Nacional Sobre el Clima Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador. <https://acortar.link/I3sByl>
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., de la Cruz-Morales, F., y Sangerman-Jarquín, D. (2017) Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (8), 1603-1617. <https://bit.ly/3pKy9HI>
- Calero, P. (2017). *Percepción del cambio climático, adaptación y estrategias de mitigación de habitantes en la vereda Chorrillos de la localidad de Suba en Bogotá* (Tesis de Maestría). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. <https://bit.ly/3CxhWJp>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú* (Informe final). <https://bit.ly/3boXRco>
- Cevallos, A. y Parrado, C. (2018). Vulnerabilidad al cambio climático en Pedernales, Ecuador: retos desde el agua. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (24), 83-104. <https://bit.ly/3mmRtZn>
- Checa, X., Ramos, R. y Grijalva, J. (2010). *Caracterización de sistemas agroforestales (SAF) en la sub-región Sierra Centro del Ecuador*. Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, Ecuador. <https://bit.ly/3EwTf0u>

- Chimbo, C. y Chongo, M. (2019) “*Percepción Del Cambio Climático Y Su Impacto En Sistemas De Subsistencia En La Reserva De Biósfera Sumaco*” (Tesis de grado). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. <https://bit.ly/3BuS93f>
- Cobacango, M. (2021). *Gubernamentalidad y políticas de cambio climático en comunidades indígenas del pueblo Kayambi, Ecuador* (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar. Quito, Ecuador. <https://bit.ly/3HdDu0h>
- Confederación Afroecuatoriana del Norte de Esmeraldas [CANE] y Federación de Centros Awá del Ecuador [FCAE] (2018). *Buenas prácticas y lecciones aprendidas del Construcción de capacidades de adaptación al cambio climático a través de acciones de Seguridad Alimentaria y Nutricional en comunidades vulnerables Afrodescendientes e indígenas en la zona fronteriza colombo-ecuatoriana*. Programa Mundial de Alimentos (PMA). <https://n9.cl/cg4el>
- Coronel, T. (2019). *Los sistemas de producción agroecológica y su resiliencia frente al cambio climático en la parroquia San Lucas, provincia de Loja*. (tesis de Maestría) Universidad Andina Simón Bolívar. <https://bit.ly/3Eo91KO>
- Coronel, V., Mira, D. y Encalada, G. (2015). *Análisis de vulnerabilidad y estrategias de adaptación a la variabilidad y cambio climático en el Cantón Cuenca*. Banco Mundial. <https://bit.ly/3GJUN9g>
- Corporación para la investigación, capacitación y apoyo técnico para el manejo sustentable de los ecosistemas tropicales [ECOPAR]. (2013). «*Implementación de buenas prácticas para el manejo adaptativo del sistema pecuario y la conservación del ecosistema páramo en la parroquia de Papallacta*». <https://bit.ly/3pNfzhZ>
- Cuenca, M. (2021). *Percepción y adaptación social frente a la variabilidad climática en el cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. <https://bit.ly/30dMylv>
- Dazé, A., Ambrose, K. y Ehrhart, C. (2010). Manual para el Análisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática: Consideraciones de adaptación basada en la comunidad, resiliencia e igualdad de género. <http://www.careclimatechange.org/cvca>.
- Doornbos, B. (2009). *Medidas probadas en el uso y la gestión del agua: una contribución a la adaptación al cambio climático en los Andes*. <https://acortar.link/I3sByl>
- Dupuits É. 2021. *Estado actual de las políticas de cambio climático y las estrategias de adaptación en los Andes: una mirada multisectorial desde las montañas*. Quito: CONDESAN-COSUDE.
- Estacio, J., Jarrín, P., Flores, F. y Romero, H. (2014). *Distrito Metropolitano de Quito: Capacidad de Adaptación y medidas de adaptación futuras propuestas para los sectores prioritarios*. Quito, Ecuador
- FAO (s.f.). *Ecuador en una mirada*. FAO en Ecuador. <https://n9.cl/3a4zx>
- Gómez, M. (2014). *Identificación y Caracterización de Prácticas y Tecnologías Indígenas y Campesinas en el Manejo de Semilla (Poscosecha), como Medidas de Adaptación al Cambio Climático, en dos Comunidades de La Provincia de Chimborazo* (Tesis de //bit.ly/3Gx4Wpz
- Guerra, E. (2018). *Comportamiento de la precipitación frente al cambio climático en la microcuenca del Río Escudillas* (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte. Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte. <https://bit.ly/3Hf215m>

- Hernández, A., García, G. y Valdés, P. (2019). Percepción del cambio climático en agricultores y apicultores de la comunidad Quimis, Jipijapa. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 6, 91-102. <https://bit.ly/3blmCWQ>
- Hofstede, R. 2014. *Adaptación al cambio climático basada en los conocimientos tradicionales*. In Lara R; Vides-Almonacid R (eds.). *Sabiduría y adaptación. El Valor del Conocimiento Tradicional para la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur*. Quito, Ecuador, UICN p. 59-79. <https://n9.cl/h52by>
- ICare Environnement. (2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil*. <https://bit.ly/3Exp8Bh>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2015). *Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático*. <https://bit.ly/31eJ429>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2021). *Estadísticas*: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Iñiguez, V, y Jurrius, I. (2019). Vulnerabilidades y Adaptación al Cambio Climático de Usuarios de Manglar: Caso de Análisis de Manglares del Sur del Ecuador. *Manglares de América*, 151–162. <https://acortar.link/je7SCN>
- Iñiguez, V. (2017). Respuestas ante cambios climáticos. Experiencias de caficultores de altura del sur del Ecuador. *Revista Leissa*, 33(2), 4-36. <https://bit.ly/3BmreGQ>
- Janacua, J y Poma, A. (2020). Percepción del Cambio Climático en Estudiantes de Educación Media Básica Rural. *Ciencias Sociales Revista Multidisciplinaria*, 2 (1). <https://n9.cl/f6i1a>
- Jiménez, D. (2021). “Percepción y adaptación social frente a la variabilidad climática en el bosque seco del cantón Zapotillo” (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Ecuador. <https://n9.cl/c0hxx>
- León, V. (2020). *Análisis de Percepción sobre Cambio Climático en Cuatro Comunidades orientadas a la Ganadería Bovina en Tungurahua y Chimborazo* (Tesis de grado). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. <https://bit.ly/3qovjZg>
- Locatelli, B., Kanninen, M., Brockhaus, M., Colfer, CJP., Murdiyarsa, D. y Santoso, H. (2009). *Ante un futuro incierto: cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático*. <https://n9.cl/bzoq3>
- Lhumeau, A. y Cordero D. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*. UICN, Quito, Ecuador. <https://n9.cl/is6swx>
- Luna, M. y Martínez, L. (2019). *Soluciones basadas en la Naturaleza en Mesoamérica y el Acuerdo de París*. Cuadernillo 1, Serie Gobernanza. Catálogo de Adaptación basada en Ecosistemas. UICN. San José, Costa Rica.
- Macas, E. (2015). *Manual comunitario de adaptación al impacto del retroceso acelerado de los glaciares en los Andes Tropicales para el aprovechamiento de huertos agroecológicos de altura* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. <https://bit.ly/3152TJ2>
- MAE y Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones (SG-CAN) (2012). *Producto 4: Plan de Manejo Adaptativo del sistema potable PITA-PUENGASÍ y sus cuencas abastecedoras*. <https://bit.ly/3H9vRbk>
- MAE, Conservación Internacional Ecuador, WWF. (2011). *Adaptándonos al Cambio Climático en las Islas Galápagos*. <https://bit.ly/3nH6y7B>

- MAE, UICN y GIZ. (2019). *Nuestra experiencia de Adaptación basada en Ecosistemas en Manabí – Ecuador. Programa Regional “Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuador”*. <https://bit.ly/3jORmnS>
- MAE. (2020). *Medidas de adaptación hace que las papas de Yatzaputzan ya no son vulnerables a las heladas*. <https://bit.ly/3c3ncZI>
- Martínez-Rodríguez, M.R., Viguera, B., Donatti, C.I., Harvey, C.A. y Alpízar, F. 2017. *Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE)*. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). <https://bit.ly/3nGUdQL>
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e Instrumentos de Investigación*. Primera edición. Lima, Perú. <https://bit.ly/3bmao0f>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE). (2020). *Buenas prácticas y lecciones aprendidas del Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI)*. <https://bit.ly/3c5sCn3>
- Murillo, A. (2020). *Exploración de los factores habilitantes y/o limitantes para el diseño de un fondo agua en la ciudad de Latacunga como mecanismo de adaptación al cambio climático* (Tesina de especialización). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador. Quito, Ecuador. <https://bit.ly/3D6PLBi>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC]. (2022). *Cambio Climático: Una amenaza para el bienestar de la humanidad y la salud del planeta: Comunicado de prensa del sexto informe del IPCC*. <https://n9.cl/4ocgd>
- Pita, S. y Pértegas, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cad Aten Primaria* 9: 76-78. <https://bit.ly/3nE0n4d>
- Ramos, I. (2016). *Percepción sobre cambio climático y sus principales impactos en habitantes del Valle del Aconcagua* (Tesis de Maestría). Universidad de Chile. Santiago, Chile. <https://bit.ly/2ZLMV6e>
- República del Ecuador y Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. <https://bit.ly/3BtqiAy>
- Romo, M. (2015). *“Levantamiento De Línea Base Para La Implementación De Medidas De Adaptación Al Cambio Climático En La Comunidad De Minas Chupa, Parroquia San José De Minas – Distrito Metropolitano De Quito”* agua. (Tesis de maestría), Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. <https://bit.ly/3nAU4OOGuer>
- Salinas, V., Cevallos, W. y Levy, K. (2020). Afrodescendientes e indígenas vulnerables al cambio climático: desacuerdos frente a medidas estatales ecuatorianas. *ÍCONOS: Revista de Ciencias Sociales*, 24 (66), 107-129. <https://bit.ly/3jMax1G>
- Santamarina, B. (2010). La percepción social del cambio climático en la Comunidad Valenciana. En F. Heras, M. Sintés, A. Serantes, C. Vales y V. Campos (Coord.), *Educación ambiental y cambio climático. Respuestas desde la comunicación. Educación y participación ambiental*. (126-136). CEIDA Centro de Extensión Universitaria e Divulgación Ambiental de Galicia. <https://n9.cl/fmarv>

- Segovia, F. (2013). *El Clima Cambia, Cambia Tú También. Adaptación al cambio climático en comunidades del Chimborazo en Ecuador*. <https://bit.ly/3nGmKpD>
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón, D., Merizalde, M.J., Reyes, D.F., Viera, M. y Heredia, M. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 31(1):21-46. <https://n9.cl/51cyk>
- Valencia, D. y Paredes, M. (2016). Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación. *Journal of Latin American Geography* 15(2), 101-121. doi:10.1353/lag.2016.0021.
- VanderMolen, K. (2011). Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi. <https://bit.ly/3n3oZUX>
- Varela, L. A., Ron, S. R. 2018. *Geografía y clima del Ecuador*. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>
- Vásquez, A., Néjer, A., Duque, D., Torres, F., Duerto, G., Cerra, M., Pilco, P., Jaramillo, P., Hofstede, R., Vásquez, S., Poats, S. y Izurieta, X. (2015). *Vivir en los páramos. Percepciones, vulnerabilidades, capacidades y gobernanza ante el cambio climático*. UICN, Quito, Ecuador. <https://bit.ly/3c0hrMb>
- Vásquez, N. (2018). *Percepciones sobre cambio climático en relación a las medidas de mitigación y adaptación sobre la disponibilidad y conservación del agua* (Tesis de maestría). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. <https://bit.ly/3kNyYfJ>
- Vega, S., Malla, C. y Bejarano, H. (2020). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 72-76. <https://bit.ly/3qxir2W>
- Veloz, T. (2019). *Efectos y percepciones del cambio climático en la nacionalidad achuar del Ecuador* (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar. Quito, Ecuador. <https://bit.ly/3kuPocx>
- Vilema, F. y Mendoza, H. (2014). Capacidad territorial de Adaptación y Mitigación al Cambio climático en el Ecuador. *Revista Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 1 (1), 15-27. ISSN 1390-8391
- Villafuerte, J., Rodríguez, J., Limones, K. y Pérez, L. (2018). Adaptación autónoma al cambio climático: experiencias de emprendimientos rurales de Ecuador. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (24), 58-82. <https://bit.ly/30gpBxl>
- Vivanco, P. (2017). *La percepción social del cambio climático en la ciudad de Loja* (Tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. <https://bit.ly/3Bs712g>

Loja, referente en la conservación ecológica y cuidado ambiental nacional en Ecuador

Loja, a benchmark in ecological conservation and national environmental care in Ecuador

Zhofre Aguirre Mendoza ^{1*}
Cristian Contento Yunga ²
Luis Aguirre Mendoza ³

1. Docente de la carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja (UNL), Ciudadela Guillermo Falconi. Loja, Ecuador.

2. Investigador Asociado del Herbario. Loja, Ecuador.

3. Docente de la carrera de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional de Loja (UNL), Ciudadela Guillermo Falconi. Loja, Ecuador.

Autor para correspondencia: zhofre.aguirre@unl.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1308>

Recibido: 29/03/2022

Aceptado: 11/06/2022

RESUMEN

Conservar los recursos naturales es una tarea compleja, requiere la participación activa de la población. En la ciudad y provincia de Loja, existen cambios significativos en su cultura ecológica y ambiental. Este artículo tiene el propósito de analizar y sistematizar algunas experiencias y acciones ecológicas y ambientales desarrolladas en la ciudad y provincia de Loja, su impacto en la cultura ambiental de los lojanos y sus perspectivas futuras. Se revisó información secundaria de tesis de grado, reportajes periodísticos y observaciones de los autores relacionados al manejo ecológico y ambiental. Existen resultados y experiencias interesantes, así se puede mencionar: funcionamiento de la primera central hidroeléctrica del Ecuador, utilización de energía eólica y solar, manejo de los desechos sólidos, consolidación de parques y senderos públicos para la interpretación y educación ambiental (Plan del Sistema Verde Urbano de Loja), proyectos de investigación y conservación impulsados por la academia y reconocimientos internacionales. De esta manera, Loja se ha convertido en referente nacional e internacional en este campo, demostrando que es posible una transición progresiva hacia una cultura ecológica y sustentable, con la participación activa de los actores sociales.

Palabras claves: cultura ambiental, manejo de recursos en zonas urbanas, Loja ecológica y sustentable.

■ ABSTRACT

Conserving natural resources is a complex task, it requires the active participation of the population. In the city and province of Loja, with significant changes in their ecological and environmental culture. This article has the purpose of analyzing and systematizing some experiences and ecological and environmental actions developed in the city and province of Loja, their impact on the environmental culture of the people from Loja and their future prospects. Secondary information from thesis, journalistic reports and observations of the authors related to the ecological and environmental management in the city and province was reviewed. There are interesting results and experiences, such as: operation of the first hydroelectric plant in Ecuador; use of wind and solar energy; solid waste management; consolidation of parks and public trails for interpretation and environmental education (Plan del Sistema Verde Urbano de Loja [Urban Green Space System]); research and conservation projects promoted by the academy; and international recognition. In this way, Loja has become a national and international benchmark in this field, demonstrating that a progressive transition towards an ecological and sustainable culture is possible, with the active participation of social actors.

Keywords: environmental culture, resource management in urban areas, ecological and sustainable Loja.

■ INTRODUCCIÓN

La ciudad y provincia de Loja han ganado gran prestigio en el manejo y cuidado del ambiente. Son numerosas las acciones de investigación y conservación de la biodiversidad y ambiente, que han sido lideradas por varias instituciones como: Universidad Nacional de Loja, (Centro Andino de Tecnología Rural (CATER), herbario LOJA, Universidad Técnica Particular de Loja, Prefectura y Municipios. De esta manera, el territorio lojano se ha constituido en un referente para el desarrollo de acciones ambientales y ecológicas, pese a las limitaciones provocadas por el centralismo administrativo y financiero.

La cultura ecológica-ambiental en Loja inició y tomó realce en los años 1980-1990, con la creación de fundaciones como: Arcoíris, Podocarpus, DANITA, Fundatierra, Kawsay, Ecovida; sumado a la existencia de áreas protegidas que son identificadas y apreciadas por la población lojana, como: Parque Nacional Podocarpus, Parque Nacional Yacuri, Reservas de la Biosfera Podocarpus-EL Cóndor y Bosque Seco, la reserva de biosfera transfronteriza Bosques de Paz, dos sitios Ramsar Cajanuma, Yacuri, 15 bosques y vegetación protectora, seis reservas privadas de conservación, Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” y al menos cinco parques urbanos.

Por su parte la dirección zonal 7 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha sido un eje fundamental, mediante la creación del comité ambiental juvenil, integrado por varias organizaciones ambientales y animalistas que son los promotores de la concientización ambiental y formación de una nueva cultura ambiental. Así mismo, la Universidad Nacional de Loja a través del CATER y el herbario LOJA, han desarrollado procesos de investigación que han permitido la documentación de la diversidad florística; el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” y Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” sirven de escenarios para la conservación *ex situ* y la interpretación y educación ambiental de los lojanos.

La implementación de políticas ambientales a nivel local, ha permitido posicionar a la ciudad de Loja como pionera en el reciclaje de los desechos sólidos de la ciudad. La creación de los parques lineales: La Tebaida, Jipiro, La Banda, Zamora Huayco, sendero de la Cascarilla y otros escenarios, le ha permitido ganarse el título de ciudad ecológica, amigable con el ambiente, ciudad sana para vivir. En el año 2020, Loja propone y elabora el Plan del Sistema Verde Urbano de Loja, con una proyección de 56 m²/habitante, superando a lo propuesto por la OMS que es de 9-13 m²/habitante (Municipio de Loja *et al.*, 2020).

Loja posee varios escenarios para esparcimiento, interpretación y educación ambiental, sobresalen el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, parque cultural Jipiro, parque lineal La Tebaida, parque lineal Zamora Huayco, Parque Colinar Pucará-Podocarpus, parque lineal de la biodiversidad Orillas del Zamora (La Banda), Parque “Daniel Álvarez”, Parque Nacional Podocarpus – sector Cajanuma, Reserva Natural Rumi Wilco, Finca El Cristal y Reserva El Madrigal, todos estos con buena infraestructura para el esparcimiento de las familias lojanas, donde los niños desde muy pequeños tienen contacto con la naturaleza y se espera que desarrollen apego y amor hacia la misma, lo cual se explica con su proceder, amor y respeto al ambiente.

Actualmente en la ciudad de Loja es evidente la demanda de sitios de recreación ambiental y espacios de relajamiento para alejarse de las actividades cotidianas, por esta razón se ha fortalecido la creación de escenarios ecoturísticos, donde se aprovechan los potenciales paisajísticos existentes para satisfacer las necesidades de relajación del ser humano; ejemplo de ello es la creación del Cerro Mirador, el parador de los apaches, implementación del Parque Colinar Carigan-Villonaco, entre otros, que tuvieron un auge a raíz de la pandemia.

Lo indicado anteriormente se evidencia en el comportamiento de la niñez lojana, con hábitos como no botar basura en la calle, recoger papeles o desecho sólido y colocarlos en los lugares destinados, llamar la atención a sus familiares que botan la basura fuera del vehículo; estos avances significativos se deben al trabajo educativo a nivel del hogar y la escuela. Las nuevas generaciones nacen con la concepción de cuidar el ambiente, y esto es una acción lograda gracias al apoyo de instituciones educativas, por esta razón la cultura ambiental de los lojanos se podría manifestar que esta ya arraigada, la mayoría de la población se siente orgullosa de ser lojana. Un importante aporte a estos comportamientos e inicio de sustentabilidad han dado organizaciones como: Naturaleza y Cultura Internacional (NCI), Red de Jóvenes Ambientalistas del Sur de Ecuador (JADE), Ecolíderes la Cascarilla, Protección Animal y en los últimos años la Red de Desarrollo Urbano Sostenible Loja (RedDUS-Loja). Además, de las acciones importantes en comunicación de temas de biodiversidad que realizan: Lunes Verde en Red, Biodiversidad del sur de Ecuador, Sección de Ciencias Naturales de la casa de la Cultura Ecuatoriana Núcleo de Loja y Primer Reporte. Este artículo trata de sistematizar los aspectos ecológicos y ambientales relevantes que han ocurrido y ocurren en la ciudad y provincia de Loja; y, la capacidad de los lojanos para aprender y hacer parte de su cultura.

■ DESARROLLO

Acciones históricas y actuales que resaltan el cuidado y conservación del ambiente

Energía limpia

Loja es la primera ciudad del país y tercera en América Latina después de Lima (Perú) y Buenos Aires (Argentina) en haber tenido luz eléctrica limpia, ya que aquí se construyó la primera central hidroeléctrica en 1897, la planta fue armada sobre el río Malacatos, con dos turbinas hidráulicas de 12 kW cada una, el 1 de abril de 1899 iluminó por primera vez la noche lojana (El Universo, 2007). Aunque es importante

indicar que las hidroeléctricas causan fragmentación de hábitat, pérdida de diversidad, producción de gases de efecto invernadero, cambio en las dinámicas de sedimentos del agua, pero siempre será mejor que la quema de combustibles fósiles.

Reciclaje de basura

Desde el año 1988 se viene ejecutando con mucho éxito el proceso de reciclaje y clasificación de la basura, con el eslogan “En Loja la basura es materia prima”. El proceso se inicia en los hogares, con la separación de la basura orgánica e inorgánica, utilizando los recipientes establecidos; se la coloca en las veredas según los horarios y calendarios así: lunes, miércoles y viernes, los desechos orgánicos; mientras que martes, jueves y sábado los inorgánicos; luego, estos son llevados al Centro Integral de Residuos Sólidos, donde se procesan en abonos y recicla lo que es posible de los desechos no orgánica. Estas acciones de cuidado ambiental han sido ejemplo para otras ciudades del país y, que gracias a la cultura ambiental que han alcanzado los lojanos, ya es sustentable (Municipio de Loja, 2016).

Retribución económica por el servicio ambiental proyección hídrica

En la ciudad de Loja, por primera vez se elaboró y aprobó una ordenanza municipal que permite reconocer y aplicar el principio de pago por un servicio ambiental; esta acción se ejecuta mediante un impuesto que el usuario paga en el agua potable por metro cubico consumido, los ingresos generados son invertidos en acciones de protección de microcuencas abastecedoras de agua (inclusive la enajenación de las mismas), actividades que sentaron las bases para la creación de FORAGUA (Fondo Regional del Agua), que ha permitido que el 55 % del área de interés hídrico para la ciudad de Loja se encuentre protegido.

FORAGUA es un fondo ambiental y del agua, actúa como mecanismo financiero para los municipios, administra los recursos provenientes de la tasa ambiental por consumo de agua potable; así los aportes públicos y de la cooperación se complementan e invierten en acciones y medidas para la conservación, protección y restauración de las fuentes de agua y bio-diversidad. El fondo permite la gestión integrada del recurso bajo la finalidad del fideicomiso mercantil para la ejecución ágil y efectiva. La iniciativa inició con los municipios de Loja, Macará, Célica, Puyango y Pindal y luego se adhieron los municipios de Zamora, Chinchipe, Palanda, El Pangui, Centinela del Cóndor y Zaruma (FORAGUA, 2021).

Central Eólica Villonaco

Es el primer proyecto eólico en Ecuador continental, además de ser el primero en el mundo con una velocidad promedio anual del viento de 12,7 m/s. La Central Eólica Villonaco está ubicada a 6 km del centro de la ciudad de Loja, a una altitud de 2 700 m s.n.m. Está compuesta por 11 aerogeneradores modelo GW70/1 500, que poseen una potencia instalada de 16,5 MW y la producción garantizada por la empresa constructora es de 60 GWh, que se corresponde a un Factor de Planta de aproximadamente 40 % (Ayala, 2018)

Ha recibido el reconocimiento por parte de la compañía constructora Goldwind, por ser el parque eólico con el factor de producción más alto del mundo, esto es superar su potencial de generación. Esto se debe principalmente a las condiciones geográficas y climáticas favorables, en las que está ubicada la central eólica.

Al ser un mecanismo de energía limpia, que aprovecha las condiciones orográficas del sitio, es una alternativa de producción eléctrica que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Según datos proporcionados por CELEC EP (2019), la central eólica Villonaco, con su producción permite la reducción de emisiones de 38 052 toneladas de CO₂/año. Además del impacto energético, también se registra un impacto social al generar investigación, turismo y mano de obra local; aunque existen

impactos negativos como es la contaminación auditiva a los asentamientos aledaños y personal que labora en la matriz; así como, desplazamiento y muerte de la avifauna, a causa de la colisión con los aerogeneradores (CELEC EP, 2019).

Proyecto Eólico Minas de Huascachaca (PEMH)

En el año 2021 se inicia la construcción de la segunda central eólica en la provincia de Loja, en la zona que Uchuzay, ubicado en las parroquias San Sebastián de Yuluc y Sumaypamba, cantón Saraguro, con una capacidad de producción media de 50 MW de energía limpia anual, que empezará a producir desde julio del 2022. La producción eléctrica de estos aerogeneradores permitirá la reducción de 76 625 toneladas de CO₂/año, y sigue posicionado a Loja como la provincia pionera en este tipo de iniciativas, el proyecto es impulsado por la Compañía Electroenergética del Austro (Elecaustro).

En lo que respecta al detalle técnico del Proyecto Eólico Minas de Huascachaca (PEMH) de 50 MW, las torres tendrán una altura de 90 metros y la generación estará a cargo de 14 aerogeneradores de 3,571 MW cada uno, que se conectarán a una línea de transmisión doble circuito que une a la ciudad de Cuenca con la ciudad de Loja (Energía Estratégica, 2021).

Vía lateral de paso de Loja, alumbrada con energía solar

La provincia de Loja registra altos índices de radiación solar. Según datos del CONELEC, en el año 2008 se reportó 5 153 kWh/m²/día, de radiación solar (Orellana y Sarango, 2015). Con estos antecedentes, se construyó la primera vía en Ecuador con una extensión de 15,8 km, alumbrados totalmente con energía solar; lo cual demuestra que es posible utilizar fuentes alternativas de energía eléctrica y contribuir a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero; y, con ello la contaminación del planeta.

Taxis eléctricos y electro-gasolinera

En la ciudad de Loja se implementa la primera flota de taxis eléctricos. Según Jaramillo (2019), el reemplazo de un vehículo a gasolina por uno a electricidad, permite evitar la emisión de 13,5 toneladas de CO₂ por año. Según la Corporación Eléctrica del Ecuador -CELEC EP- (2019), la energía que requieren estos vehículos la produce el parque Eólico Villonaco. Asimismo, la empresa BYD instaló una electrolinera en la Av. Emiliano Ortega y Azuay, junto al Estadio Federativo “Reina del Cisne”, que sirve como punto de carga de vehículos eléctricos; adicionalmente, los propietarios tienen en sus domicilios puntos de carga, que utilizan en el horario de 22h00 a 08h00 para acogerse a los beneficios establecidos en la Resolución ARCONEL 5/18 (Jaramillo, 2019).

Ciclo vía y uso de bicicleta en las calles de Loja

En la ciudad de Loja se ha incrementado el uso de bicicletas como transporte sostenible, al no generar contaminantes se convierte en un tipo de transporte amigable con el ambiente, y contribuye a mantener una adecuada actividad física de quienes hacen uso de este transporte. Con este propósito se han adecuado senderos en parques y riberas del río, así como ciclo vías en el casco céntrico de la ciudad, para incentivar al uso de bicicletas y reducir el uso transporte contaminante. En la actualidad, a raíz de la pandemia ha sido notorio la demanda de este transporte como alternativa para prevenir aglomeraciones y con ello los contagios por el COVID 19 (Municipio de Loja, 2014; Rojas, 2019).

Uso de fundas oxobiodegradables en centros comerciales

Según datos del Municipio de Loja, el uso de fundas de plástico de polietileno, cuya elaboración demanda energía, están compuestas de sustancias derivadas del petróleo y su desintegración promedia entre 150 a 500 años, asciende a 200 toneladas anuales. Frente a esta problemática, el municipio del

cantón Loja pionero en el país, en el manejo de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, propone regular el uso excesivo de este tipo de contaminante, y en el año 2017 mediante la ordenanza para implementar políticas orientadas a promover prácticas amigables, que permitan reducir la huella ecológica se aprueba la ley que restringe el uso de fundas plásticas tradicionales, reemplazándolas con fundas oxobiodegradables, que tienen la capacidad de degradarse en un tiempo de 18 a 24 meses, en cualquier ambiente, interior o exterior, incluso en ausencia de agua, factores abióticos como la luz y el calor, aceleran el proceso de degradación convirtiéndose en biomasa (Municipio de Loja, 2017)

Espacios para recreación, interpretación y educación ambiental

En el año 2020, se elabora el Plan del Sistema Verde Urbano de Loja. La propuesta contempla una superficie de 875 ha con un incremento del 89,9 % de superficie total. Por lo tanto, el índice verde urbano llegaría a 54,66 m²/habitante con las incorporaciones de núcleos y conectores en especial, los parques urbanos accesibles y equitativos en toda el área urbana y el gran núcleo de agricultura urbana, superando lo propuesto por la OMS que es de 9-13 m²/habitante (Municipio de Loja *et al.*, 2020). Entre las áreas que integran este verde urbano de Loja sobresalen:

Bioparque Orillas del Zamora- La Banda.- Fue creado por el Ilustre Municipio de Loja en el año 2004, con la finalidad de generar un espacio para la exposición de la diversidad faunística nacional y extranjera, así también un refugio para especies que están siendo amenazadas. Este parque está ubicado a 2030 msnm, al norte de la ciudad a 3 km del centro, cuenta con una extensión de 7 ha. Este espacio presenta una interesante muestra de diversidad florística y faunística, que ayuda a la concientización en el cuidado de estos recursos por parte de los que visitan.

Orquideario municipal.- Fue creado en el año 2002, está ubicado dentro del parque lineal Orillas del Zamora en el norte de la ciudad, su objetivo principal es la conservación de más de 400 especies de orquídeas y bromelias nativas y endémicas principalmente del sur del Ecuador, está abierto a especialistas y público en general que desean estudiarlas o simplemente admirar su belleza. Cuenta con tres espacios en condiciones climáticas controladas, (cálido, frío y templado) para generar microclimas naturales, de acuerdo a los requerimientos de las especies.

Parque recreacional-cultural Jipiro.- Ubicado al norte de ciudad de Loja, cuenta con una extensión aproximada de 10 ha, constituye uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad, es considerado como el parque de la universalidad cultural, ya que en él se alberga las más destacadas expresiones arquitectónicas y culturales de la humanidad, razón por la que es el primer parque temático del Ecuador, sobresalen réplicas de: Catedral de San Basilio, La Pagoda China, Templo Budista, Templo Indomaláico, La Mezquita Árabe, la Torre Eiffel.

El objetivo del parque es valorar la diversidad cultural del mundo, cuenta con áreas deportivas, espacios para camping, senderos, piscinas con patos, cisnes, juegos infantiles, pista de patinaje, entre otros, espacios dedicados a la unidad familiar. Además, se conservan especies de flora nativas y exóticas, configurando una belleza escénica interesante, que se constituye en uno de los principales atractivos para el visitante que hace uso de la potencialidad del parque para alejarse de la rutina diaria (Vivanco, 2016)

Parque Lineal La Tebaida.- El parque lineal La Tebaida, está ubicado al sur de la ciudad de Loja entre las avenidas 18 de noviembre y Pío Jaramillo Alvarado, cuenta con una extensión aproximada de 6,4 ha, fue construido en el año 2003, para facilitar a la población un espacio que permita realizar actividades recreativas, esparcimiento y físicas a través de su circuito de senderos construidos a cada lado del río Malacatos.

El parque cuenta con canchas deportivas, un muelle bar restaurant, senderos, un área con equipos para realizar actividades físicas, juegos infantiles, zonas de camping y pista para bicicletas. También se pueden apreciar una interesante diversidad de especies de flora y aves que habitan en el parque. Otro importante componente del parque es el embalse de agua empleado en la regulación del caudal del río Malacatos y para la extracción de materiales pétreos empleados para las obras municipales. El parque cuenta con servicio de cabalgata para quienes quieran disfrutar de este deporte (Carrera, 2013)

Parque Recreacional Daniel Álvarez. Ubicado al suroccidente de la ciudad de Loja, en la ciudadela Daniel Álvarez tiene una extensión aproximada de 4,5 ha con un clima templado y una temperatura promedio anual de 16,23 °C. El principal atractivo turístico de la zona es la laguna de aproximadamente una hectárea de extensión y una profundidad de 6 a 12 m.

El parque cuenta con parqueadero, depósitos de residuos sólidos, áreas de juegos infantiles y recreación, áreas de expendio de alimentos, canchas deportivas y senderos, para el deleite de la ciudadanía que visita el parque. También en este parque existen 57 especies de plantas, perteneciente a 55 géneros y 39 familias, que albergan 16 especies de aves, lo cual lo convierte en un área potencial para el avistamiento de aves (Bustamante, 2009)

Senderos ecológicos: Ruta de la cascarilla-Caxarumi.- El sendero es un espacio diseñado para recorrer lugares de intereses paisajísticos, culturales, turísticos, históricos y sociales y servirán para disfrutar del área, a un ritmo que permita una relación íntima con el entorno natural, respetando los patrones y los hábitats de la flora y fauna existentes en estos espacios (Municipio de Loja, 2021)

Los senderos ecológicos se han convertido en atractivo ecoturístico y en un espacio preferido por los ciudadanos para caminar, especialmente por salud, recreación, y turismo; por esta razón el municipio de Loja una vez más siendo pionero en la creación de ordenanzas y políticas que permita disfrutar de la naturaleza en un ambiente de respeto, confraternidad y seguridad.

El sendero Caxarumi, es uno de los más extensos dentro del cantón Loja, cuenta con una distancia aproximada de 60 km desde la ciudad de Loja, hasta las parroquias rurales de Malacatos y Vilcabamba, permite realizar actividades como ciclo turismo, cabalgata, caminatas para disfrutar de miradores, avistamiento de flora y fauna y la belleza escénica presente a lo largo del sendero; además, se puede encontrar especies de flora emblemáticas como los *Podocarpus* spp. y *Cinchona officinalis* y *Cinchona pubescens* (cascarilla) (Chamba, 2018).

Jardín botánico “Reinaldo Espinosa” (JBRE).- El Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” fundado en el año de 1949, lleva el nombre de este insigne profesor de la Universidad Nacional de Loja, es el más antiguo del Ecuador, propiedad de la Universidad Nacional de Loja. Cuenta con una extensión de 7 ha donde se conservan 1 385 especies vegetales representativas de los tipos de vegetación del sur del Ecuador, y es el hábitat de importantes especies de fauna, aves principalmente.

A partir del año 1998 el JBRE abre sus puertas al público para el deleite y admiración de quienes tienen la oportunidad de visitarlo, siendo un espacio de recreación y educación ambiental por su potencialidad en las siete secciones temáticas que está organizado este jardín botánico, convirtiéndose en un importante atractivo turístico de Loja y del país.

El JBRE cumple tres objetivos: Apoyar la formación académica de los futuros profesionales de las ciencias forestales y ambientales de la Universidad Nacional de Loja; realizar investigación y conservación *ex situ* de especies nativas y amenazadas; y, facilitar el escenario para la interpretación y educación ambiental de la población lojana y ecuatoriana.

El Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, a partir del 26 de octubre del 2000, forma parte de la Red de Jardines Botánicos del Ecuador, de la Red Latinoamericana de Jardines Botánicos y de Red Mundial de Jardines Botánicos (Aguirre y Gutiérrez, 2011)

Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC).- Ubicado en la ciudadela Universitaria “Guillermo Falconi Espinosa”, parroquia San Sebastián, cantón Loja. Es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, localizado a 5 km de la ciudad de Loja, con una extensión aproximada de 99 ha en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm, temperatura media anual de 16,6 °C, precipitación anual de 955 mm/año. Se diferencian cinco ecosistemas: bosque secundario, matorral alto y bajo, páramo antrópico y plantaciones forestales. Se encuentra entre las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223 N, 700 970 – 9 553 139 S - 701 309 – 9 553 171 E, 699 961 – 9 554 049 W (Aguirre *et al.*, 2016). En el área las familias representativas son Primulaceae, Araliaceae, Clethraceae, Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae, Poaceae y Cyperaceae. Las especies más abundantes son: *Alnus acuminata*, *Palicourea amethystina*, *Phenax laevigatus*, *Clethra revoluta* y *Clethra fimbriata* (Aguirre *et al.*, 2016). Existen dos pequeñas quebradas León Huayco, con un caudal promedio de 5,14 l/s, y Los Nogales, con un caudal promedio de 2,16 l/s (Samaniego, 2003).

Es considerado como un espacio destinado a la conservación, recreación, educación e investigación, que presta servicios desde 1983, su objetivo principal es: Contribuir a la conservación de los recursos naturales del Ecuador, a través de la concienciación y educación ambiental de la colectividad lojana y ecuatoriana, mediante el aprovechamiento de los diferentes espacios e infraestructura que posee el PUFVC. Cuenta con 7 km de senderos distribuidos en tres circuitos, un museo de aves disecadas, una sala de proyecciones, parqueadero, senderos, cabañas, miradores, lugar para camping, un centro de visitantes y dos miradores. En el patio exterior se encuentran carteles informativos e interpretativos con la información básica del parque (Aguirre *et al.*, 2016).

Parque Nacional Podocarpus (PNP).- El Parque Nacional Podocarpus, creado el 15 de diciembre de 1982, es uno de los principales centros de conservación de flora y fauna, ubicado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, cuenta con una extensión de 146 280 ha, donde se albergan gran biodiversidad y endemismo. Es parte del sistema nacional de áreas protegidas del Ecuador (PANE); además, de conformar el núcleo de la reserva de la biosfera Podocarpus – El Cóndor. En el PNP se han identificado algunas zonas en las cuales se permite realizar actividades recreativas y turísticas de acuerdo a su ubicación, es así que se permite realizar turismo, investigación, recreación, camping, senderismo, paseos de excursión y visitas al interior del parque con el acompañamiento de guías o guardaparques. Es una buena opción para que la población haga uso de este escenario como un espacio de recreación familiar (MAE, 2014).

Curia de penitencia mediante siembra de árboles.- El alto mando diocesano en Loja, dispone que como parte de la remediación espiritual, quienes se confiesen tendrán que plantar un árbol para que sus pecados sean absueltos. El Municipio y la prefectura, son los encargados de donar las plántulas que son plantadas en los parques Lineal del Sur, Bioparque Orillas del Zamora y unidad educativa Mater Dei, al sur occidente de la localidad (El Universo, 2019).

Reconocimientos por las actividades sobresalientes de Loja

Tercera Ciudad Ecológica.- La ciudad de Loja ha sido ampliamente reconocida a nivel mundial, por sus acciones innovadoras a favor del ambiente, respetando los derechos que salvaguardan la integridad de la naturaleza. En el año 2001, Loja obtiene el premio como la tercera ciudad ecológica del mundo, aunque este premio es cuestionado, ha servido para que Loja y los lojanos se motiven y se visualicen nacional e internacionalmente como una ciudad amigable con el ambiente en los últimos 20 años (La Hora, 2002).

Las actividades han continuado, según el Municipio de Loja (s.f.) actualmente en la ciudad de Loja existen 746,76 ha de áreas verdes, que significa un índice verde urbano de 34,19 m² por habitante, valor superior a lo recomendado por la OMS (9-15 m²/habitante); siendo una de las principales razones por las que ha sido reconocida como ciudad ecológica del Ecuador. Las actividades que se siguen desarrollando son: gestión integral de residuos sólidos, taxis eléctricos, uso de bicicletas, regeneración urbana, implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales, cambio de tecnología en iluminación pública, peatonización de calles, ciclo vías y senderos ecológicos, que contribuyen a la reducción de la contaminación local y ha marcado un hito en la historia de Loja. Además, Loja es una ciudad pionera en calcular su Huella de Carbono y Huella Hídrica.

Ciudad saludable.- En el artículo 14 de la constitución de la República del Ecuador se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garanticen la sostenibilidad y el buen vivir.

Desde 1988 se implementan acciones a favor del ambiente como la descontaminación de los ríos Malacatos y Zamora, se ejecutan los planes de agua potable, alcantarillado, clasificación domiciliar y reciclaje con el involucramiento directo de las familias lojanas en cada uno de sus domicilios, donde la basura se convierte en materia prima que mejora la vida de la población y ciudad. A través de este sistema se logra que sólo el 30 % de los desperdicios lleguen al relleno sanitario (Municipio de Loja, s.f.).

Además, en el año 2001, Loja recibió el primer lugar en el concurso Participación Ciudadana, por contar con extensas áreas verdes dedicadas a la recreación de turistas nacionales y extranjeros, pero principalmente a la niñez que acude a ellas, Loja se hizo acreedora al Primer Puesto del Concurso de Municipios Promotores de Ambientes limpios para la Recreación y la Actividad Física, organizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el premio se entregó en Santiago de Chile. Este concurso tuvo el propósito de estimular a aquellas municipalidades que estén trabajando por la actividad física de la población, destacándose los senderos para caminar, veredas, parques, áreas verdes, rutas, carriles para bicicletas, áreas recreacionales, zonas peatonales, bulevares, áreas deportivas, para crear condiciones que garanticen el bienestar general (La Hora, 2002).

Ciudad sostenible.- Gracias a las acertadas decisiones por parte de las autoridades y a su destacado desempeño en manejo de temas ambientales, la ciudad de Loja ha sido reconocida como la primera GEO Ciudad del Ecuador, por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Gracias a este proyecto, la ciudad de Loja ha sistematizado todos los datos e indicadores ambientales para proyectarse como una ciudad sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente *et al.*, 2007; Municipio de Loja, s.f.).

Otro premio importante para Loja es el alcanzado en la categoría “Mejoras de barrios, seguridad y espacio público» que entre 17 ciudades del Ecuador preseleccionadas en el concurso lleva adelante la Cooperación Técnica Alemana, denominada “Ciudades Intermedias Sostenibles», de esta manera la ciudad de Loja se constituye en un referente de desarrollo, progreso e innovación (Municipio de Loja, 2017).

Recientemente Loja participó para el reconocimiento en la iniciativa ‘We love cities’, como una de las 54 ciudades que compiten por este reconocimiento que resalta el trabajo por lograr espacios más equitativos en el mundo para un futuro sostenible de su gente. En este concurso se argumentan y exponen las diferentes acciones sustentables que se han implementado en la ciudad a través de los años, entre ellas: avanzar en la descarbonización del transporte público, implementación del sistema de ciclo vía, el manejo responsable de desperdicios y el uso de energías limpias como la Central Eólica Villonaco.

Estas son acciones para la sostenibilidad en esta ciudad del sur del país, donde el propósito es mantener y desarrollar una cultura sostenible, con miras a dejar a las futuras generaciones un ambiente en mejores condiciones que las que existen hoy (El Comercio, 2020).

Un proyecto importante en Loja

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, son elementos que deben estar incluidos en todo proyecto, esto es importante para el desarrollo de la sociedad, el propósito es una mentalidad más verde y empática con el entorno, siendo el motor para mejorar un planeta en deterioro.

En este sentido, la Universidad Técnica Particular de Loja, con el apoyo del GAD Municipal de Loja y la Organización de las Naciones Unidas (UNESCO), promueve la iniciativa “Loja Sostenible 2030”, una propuesta que busca lograr un crecimiento económico sostenido, promover el mejoramiento de la sociedad local, combatir el cambio climático e impulsar un compromiso global con la naturaleza. La iniciativa se ejecuta a través de 10 líneas estratégicas que proponen la ejecución de proyectos para aprovechar la energía de fuentes renovables, facilitar el acceso a mercados e intercambio de bienes y servicios tecnológicos, éstas son: Patrimonio natural y cultural, Emprendimiento social y con base tecnológica, Agricultura orgánica, Turismo sostenible e industrias creativas y del ocio, Energías limpias, Territorio binacional, Hub de conectividad física y digital, Salud y medicina preventiva, Gobierno abierto y transparencia, y Territorio a escala humana (Gallo, 2019).

CONCLUSIONES

Loja es una ciudad amigable con el ambiente y avanza hacia la sustentabilidad, se evidencia una clara transición cultural de su población hacia el cuidado del ambiente y la naturaleza; sus actuales generaciones son actores principales que promueven el cuidado y conservación ambiental a través de la aplicación práctica de actividades que ayudan al cuidado de la naturaleza (ecosistema). Aunque cabe una crítica, que pese a que se ha avanzado, la mayoría de la ciudadanía de Loja, aún no ha incorporado en su cotidianidad el cuidado del ambiente urbano. Un ejemplo de esto, es la cantidad de basura que arrojan a las calles y ríos los estudiantes a la salida de escuelas y colegios y, la gente que participa de eventos masivos genera considerable cantidad de desechos como plásticos, fundas y vajilla desechable.

Las acciones y actividades desarrolladas por organismos locales, universidades, organizaciones no gubernamentales, y los escenarios disponibles en la ciudad y provincia de Loja, han propiciado y posicionado a la ciudad de Loja como un referente a nivel nacional e internacional en temas ambientales y ecológicos.

La participación activa de la ciudadanía lojana, su tradicional apego a las letras, la cultura y su solidaridad, has sido factores fundamentales para la transformación y desarrollo de Loja como una ciudad culta ecológicamente saludable y haber avanzado con los primeros pasos hacia la sustentabilidad.

Es necesario indicar que aunque se ha avanzado falta mucho por hacer, es importante considerar este documento como sustento para realizar más gestiones en favor del ambiente en la ciudad de Loja; y, será valioso conocer el criterio de expertos que hagan un análisis de lo aquí escrito y se mejore.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, M. (2018). *Consumos eléctricos de la ciudad de Loja – Ecuador y la incidencia del parque eólico Villonaco*. [Tesis doctoral. Universidad Politécnica De Cataluña. Instituto universitario de investigación en Ciencia y Tecnologías de la Sostenibilidad]. Barcelona – España.
- Aguirre, Z., y Gutiérrez, M. (2011). *Jardín botánico “Reinaldo Espinosa” un centro de conservación e investigación en el sur del Ecuador*. Universidad nacional de Loja. Loja – Ecuador. <https://jbreinaldoespinosa.files.wordpress.com/2012/11/jardinbotanico.pdf>
- Aguirre, Z., Yaguana, C., & Gaona, T. (2016). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Bustamante, C. (2009). *Plan de manejo ambiental de la laguna Daniel Álvarez Burneo y su zona de influencia*. [Trabajo de grado, Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5052/1/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20DE%20LA%20LAGUNA%20DANIEL%20LVAREZ%20BURNEO.pdf>
- Carrera, J. (2013). *Análisis fotométrico del parque “Lineal La Tebaida” de la ciudad de Loja*. [Trabajo de grado, tecnólogo en electricidad y control industrial. Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital de la Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18081/1/Carrera%20Torres%20Jaime%20Pa%20C3%BA1.pdf>
- Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP GENSUR). (2019) *Central Eólica Villonaco*. <https://www.celec.gov.ec/gensur/index.php/cev/gestion-ambiental-de-la-central-villonaco>.
- Chamba, R. (2018). *Ciclo ruta turística para las parroquias Malacatos y El Tambo de los cantones Loja y Catamayo de la provincia de Loja*. [Trabajo de titulación, Ingeniera en Administración Turística. Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional: <file:///C:/Users/VEL-USER/Downloads/ROSA%20ZULEY%20CHAMBA%20QUI%20C3%91ONEZ.pdf>
- CONELC. (2013). *Estudio y gestión de la demanda eléctrica*. Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, 2
- El Universo. (7 de abril 2007). <https://cutt.ly/TAjAmyr>
- El Universo (27 de octubre del 2019). A fieles católicos de Loja se los envía a sembrar un árbol como penitencia. <https://cutt.ly/TAPpC6A>
- El Comercio. (16 de septiembre de 2020). Loja compete por ser la ciudad más sostenible del mundo, ¿cómo votar por ella?. <https://cutt.ly/sSMK7uy>
- Energía Estratégica. (8 de diciembre del 2021). <https://cutt.ly/qAkhPmI>
- Fondo Regional del Agua (2021). FORAGUA, 80 años para hacer la diferencia. <http://www.foragua.org/?p=668>.
- Gallo, K. (22 de febrero 2019). Loja, Sostenible 2030: una iniciativa para alinear a Loja a los ODS. Blog de la UTPL. <https://noticias.utpl.edu.ec/loja-sostenible-2030>
- Jaramillo, W. (2019). Taxis eléctricos en la ciudad de Loja, Ecuador. *Revista espacios*, 40 (18). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p27.pdf>

- La Hora (01 de enero 2002). Loja, la tercera ciudad más ecológica. <https://cutt.ly/5SMJTVH>
- La Hora (18 de junio 2002). Se oficializa premio a Loja por promover ambientes naturales. <https://cutt.ly/DSMZf1f>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2014). *Plan de manejo del parque nacional Podocarpus*. <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/Plan%20de%20Manejo%20Podocarpus%2017abril2014%20FIN.pdf>
- Municipio de Loja. (2014). *Ordenanza que crea el sistema municipal de movilidad alternativa no contaminante de transporte terrestre no motorizado en la ciudad de Loja*. <https://cutt.ly/aAPp3gV>.
- Municipio de Loja (2016). <https://www.loja.gob.ec/noticia/2016-02/loja-un-referente-ecologico-nivel-nacional>
- Municipio de Loja. (2017). *Reforma a la ordenanza n°. 044-2017 que regula la implementación de prácticas amigables para reducir el índice de la huella ecológica en el cantón Loja*. <https://cutt.ly/3APp6tC>.
- Municipio de Loja. (05 de diciembre del 2017) De entre 17 ciudades Loja gana premio. <https://cutt.ly/vSMKr1O>.
- Municipio de Loja, UTPL y GIZ (2020). Plan del Sistema Verde Urbano de Loja. Loja, Ecuador.
- Municipio de Loja. (2021). *Ordenanza que regula la implementación, manejo y mantenimiento de senderos ecoturísticos del cantón Loja*. <https://cutt.ly/CAPaenp>.
- Municipio de Loja. (s.f). *Ciudad ecológica y competitiva*. <https://docplayer.es/163458600-Loja-ciudad-ecologica-y-competitiva.html>
- Orellana, A., y Sarango, J. (2015). *Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de integración barrial, sector el Plateado servido por empresa eléctrica regional del sur*. [Trabajo de grado, Ingeniero Eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7872/1/UPS-CT004708.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja*. <https://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf>
- Rojas, G. (2019). *Evaluación y rediseño de la ciclo vía en el casco central de la ciudad de Loja*. [Trabajo de titulación, arquitecto. Universidad Internacional del Ecuador – Loja escuela para la ciudad, el paisaje y la arquitectura. <file:///C:/Users/VEL-USER/Downloads/T-UIDE-0803.pdf>
- Samaniego, C. (2003). *Valoración Ecológica-Económica del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” y del Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”*. [Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja]. Loja-Ecuador.
- Vivanco, J. (2016). *Rediseño del parque recreacional Yamburara, parroquia Vilcabamba, cantón y provincia de Loja*. [Trabajo de grado, arquitecto. Universidad Internacional del Ecuador, escuela para la ciudad, el paisaje y la arquitectura]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1328/1/T-UIDE-0594.pdf>



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Revista científica digital de publicación periódica semestral, editada por docentes de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, cuyo objetivo es contribuir al conocimiento científico y tecnológico, con enfoque multidisciplinario en los campos de la Silvicultura, Recursos Naturales Renovables, Producción Forestal, Biodiversidad, Productos Forestales Maderables y No Maderables, Tecnologías de la Madera, Cuencas Hidrográficas, Recursos Hídricos, Industrias Forestales, Agroforestería y Silvopasturas, Desarrollo Socioeconómico Rural, Genética y mejoramiento Forestal-Agrícola, Plagas y Enfermedades Agrícolas, Ordenamiento Territorial, Restauración Ecológica y Cambio Climático, entre otros, aportando al desarrollo y fortalecimiento de la investigación en el país.

“Bosques Latitud Cero” publica trabajos originales, bajo la responsabilidad de sus autores de temas académicos y de investigación científica. Es un espacio para la difusión y transferencia de resultados de conocimiento e innovación, cuya cobertura temática va dirigida a profesionales y estudiantes que gustan de estas ciencias.

Volumen Doce, Número 1

ISSN: 2528-7818

Periodicidad: Semestral

Publicación: Digital

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia

PBX: (593) 07 - 2547252

Página Web: www.revistas.unl.edu.ec

e-mail: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Indizada/Resumida en Latindex-Catálogo 2.0

Folio: 16056

2022

Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento No Comercial/Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons.

Para ver una copia de esta licencia visite:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

LOJA-ECUADOR



REVISTA INDEXADA
BOSQUES LATITUD CERO

latindex
catálogo 2.0

REDIB
Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

Google
Scholar

ROAD
DIRECTORY
OF OPEN ACCESS
SCHOLARLY
RESOURCES

BASE

Diseño, Diagramación y Portada:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Diseño de logotipo:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Fotografía:

Dr. Zhofre Aguirre

Revisión de Abstract:

Ing. Clemencia Herrera

Institución Editora:

Universidad Nacional de Loja

Código Postal:

110150

Ciudad:

Loja

Parroquia: San Sebastián

Teléfono: (+593) 07 - 2547275

HERBARIO REINALDO ESPINOSA
LA ARGELIA LOJA - ECUADOR