

Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) en dos relictos boscosos del sur del Ecuador

Evaluation of population parameters and natural regeneration of *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) in two wooded relicts of southern Ecuador

Zhofre Aguirre Mendoza

Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, ECUADOR
zhofre.aguirre@unl.edu.ec

Adriana Encarnación Criollo

Ingeniera Forestal, consultora independiente, ECUADOR

Resumen

El conocimiento de la estructura y dinámica de la población de una especie son aspectos básicos para impulsar su manejo. *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) tiene importancia ecológica y económica a nivel local y nacional y, sus poblaciones han sufrido cambios drásticos, debido a la sobreexplotación de sus poblaciones. Por ello se estudió la distribución espacial, estructura de edad, proporción de sexos, densidad poblacional y la regeneración natural en dos relictos boscosos del sur del Ecuador. Se instalaron seis parcelas de 50 x 50 m en cada relicto de bosque para levantar datos del estrato arbóreo y cinco subparcelas anidadas de 10 x 10 m para evaluar la regeneración natural usando tres categorías: brinzal, latizal bajo y latizal alto. En el bosque Angashcola (Amaluza) el patrón de distribución espacial según el índice de Morisita (I), es agrupado; densidad de 136 individuos/ha; se identificaron 29 individuos de sexo femenino y 12 masculinos; en la regeneración natural predomina los brinzales con 91 individuos. En los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris (San Francisco) el patrón de disposición espacial según el índice de Morisita (I), es uniforme; la densidad es de 22,66 individuos/ha; se identificaron dos individuos de sexo femenino y dos masculinos. La categoría de latizal alto predomina con 16 individuos. Existe disimilitud de la dinámica poblacional de *Podocarpus oleifolius* en los dos relictos de bosque, evidenciado en sus parámetros poblacionales y en la regeneración natural, datos importantes para plantear propuestas de recuperación para la estabilidad ecológica de la especie.

Palabras clave: distribución espacial, estructura de edad, proporción de sexos, densidad poblacional, regeneración natural, relictos boscosos.

Abstract

Knowledge of the structure and dynamics of the population of a species are basic aspects to boost its management. *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) is ecologically and economically important at local and national levels and its populations have undergone drastic changes due to the overexploitation of their populations. Therefore, the spatial distribution, age structure, sex ratio, population density and natural regeneration in two wooded relics of southern Ecuador were studied. Six plots of 50 x 50 m were installed in each forest relic to collect data from the tree stratum and five nested subplots of 10 x 10 m to assess natural regeneration using three categories: brinzal, low latizal and high latizal. In the Angashcola (Amaluza) forest, the spatial distribution pattern according to the Morisita index (0.50) is grouped; density of 136 individuals / ha; 29 female and 12 male individuals were identified; in natural regeneration, the brinzales with 91 individuals predominate. On the grounds of the Rainbow Ecological Foundation (San Francisco) the spatial arrangement pattern according to the Morisita index (1), is uniform; the density is 22.66 individuals / ha; two female and two male individuals were identified. The high latizal category predominates with 16 individuals. There is dissimilarity of the population dynamics of *Podocarpus oleifolius* in the two forest relics, evidenced in their population parameters and in natural regeneration, important data to propose recovery proposals for the ecological stability of the species.

Keywords: spatial distribution, age structure, sex ratio, population density, natural regeneration, forested relics.

Citación: Aguirre, Z. & A. Encarnación. 2021. Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) en dos relictos boscosos del sur del Ecuador. *Arnaldoa* 28(1): 199-216. doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28112>

Introducción

En la zona sur de Ecuador integrada por las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe, los procesos de deforestación y degradación avanza aceleradamente. Según Orbe (2015) los bosques originales del sur de Ecuador están amenazados por el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, mineras, crecimiento urbano y la explotación maderera; este último considerado como una importante fuente de ingresos económicos (Aguirre *et al.*, 2015).

A pesar de las políticas gubernamentales del país para frenar la explotación de los recursos vegetales, la degradación de las especies con mayor demanda continua y se enfrentan a serios procesos de extinción local (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018). En particular, para los bosques donde existen poblaciones de *Podocarpus* ("romerillo") en la zona sur de Ecuador, que desde hace más de un siglo son objeto de explotación selectiva por el valor que representa su madera (Marín, 1998); su demanda en mercados nacionales ha provocado la degradación de su hábitat y la reducción de sus poblaciones, hasta el punto de que actualmente solo existen pequeños remanentes de bosques localizados en sitios inaccesibles y de fuertes pendientes y en zonas con alguna categoría de protección (Sinche *et al.*, 2007).

Para la conservación y manejo de *Podocarpus oleifolius* es necesario generar conocimientos sobre su ecología, que involucra componentes que determinan la abundancia relativa, tamaño poblacional; composición de edades, así como los factores causales de su distribución y abundancia; aspectos fundamentales en el estudio de la dinámica poblacional de especies vegetales (Smith & Smith, 2007).

La investigación tuvo como objetivos: evaluar la estructura poblacional actual a través de los parámetros: proporción de sexo, estructura de edades, distribución espacial y densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius*, en los dos relictos boscosos del Sur del Ecuador; y, conocer el estado de la regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* en dos relictos boscosos del Sur del Ecuador.

Este artículo presenta la distribución espacial, estructura de edades, proporción de sexos y la regeneración natural por categorías de *Podocarpus oleifolius* (Podocarpaceae) en dos relictos boscosos del sur del Ecuador: Angashcola y San Francisco.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos relictos boscosos del sur del Ecuador; en la reserva comunal bosque de Angashcola, Espíndola y el segundo relictos se localiza en el kilómetro 30 de la vía Loja-Zamora en los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris -San Francisco - (Figura 1).

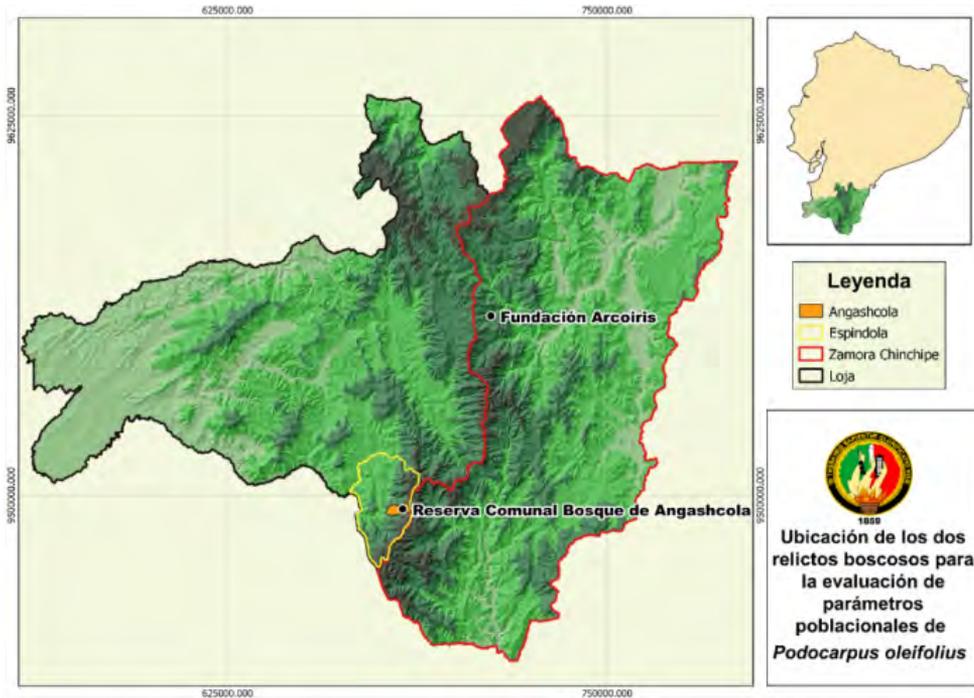


Fig. 1. Mapa de ubicación de la Reserva comunal bosque de Angashcola, Espindola y de los predios de la Fundación Ecológica Arcoiris (San Francisco), Zamora Chinchipe.

Metodología

Evaluación de parámetros poblacionales de *Podocarpus oleifolius* D. Don

Se instaló seis parcelas de 50 m x 50 m (0,25 ha) con una distancia de 250 m, ubicadas al azar para el registro de los individuos adultos de *Podocarpus oleifolius*; dentro de cada parcela se anidaron cinco subparcelas de 10 m x 10 m para el registro de la regeneración natural de la especie. Los datos que se registraron fueron: coordenadas geográficas, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, estado, sexo, forma del fuste, diámetro de copa y categoría de regeneración natural.

Disposición espacial

Usando las coordenadas geográficas (puntos GPS) registradas de todos los

árboles que se encontraron en el muestreo se generó el mapa distribución de los individuos a escala 1:500, utilizando SIG. Para determinar los patrones de distribución se utilizó el índice de Morisita (I_p) y análisis de vecino próximo del programa QGIS 3.4 (prueba de hipótesis en SIG).

Índice de Morisita

Se realizó el cálculo del Índice de Morisita (I_d) usando la expresión:

$$I_d = n \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i}{(\sum_{i=1}^n X_i)^2 - \sum_{i=1}^n X_i}$$

Dónde:

$\sum_{i=1}^n X_i^2$ = Sumatoria del número de individuos al cuadrado.

n = Tamaño de la muestra.

$\sum_{i=1}^n X_i$ = Sumatoria de todos los individuos.

Y se realizó el cálculo de los dos valores críticos para el Índice de Morisita (I_d)

Índice de Uniformidad:

$$M_u = \frac{\chi^2_{(0.975)} - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$$

Dónde:

$\chi^2_{(0.975)}$ = Valor de X^2 de la tabla (valores críticos de la distribución de Ji-Cuadrado) con n-1 grados de libertad, que tiene a la derecha el 97,5% del área.

X_i = número de individuos/cuadrante
 = tamaño de la muestra (número de " cuadrantes)

Índice de Agregación

$$M_c = \frac{\chi^2_{(0.025)} - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$$

Dónde:

$\chi^2_{(0.025)}$ = Valor de X^2 de la tabla (valores críticos de la distribución de Ji-Cuadrado) con n-1 grados de libertad, que tiene a la derecha el 2,5 % del área.

X_i = número de individuos/cuadrante
 n- = tamaño de la muestra (número de cuadrantes)

Una vez que se obtuvo los valores críticos, se realizó el cálculo del Índice de Morisita Estandarizado (I_p), el Índice de Morisita estandarizado varía entre -1 y 1, con límites de confianza del 95 % entre -0.5 y 0.5 y se interpretó el resultado de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 1. Interpretación del índice de Morisita estandarizado (I_p)

Cálculo		Interpretación	
		Valor	Significado
$I_d \geq M_c > 1.0$	$I_p = 0.5 + 0.5 \left(\frac{I_d - M_c}{n - M_c} \right)$		
$M_c > I_d \geq 1.0$	$I_p = 0.5 \left(\frac{I_d - 1}{M_u - 1} \right)$	$I_p = 0$	Disposición aleatoria
$1.0 > I_d > M_u$	$I_p = -0.5 \left(\frac{I_d - 1}{M_u - 1} \right)$	$I_p < 0$	Disposición uniforme
$1.0 > M_u > I_d$	$I_p = -0.5 + 0.5 \left(\frac{I_d - M_u}{M_u} \right)$	$I_p > 0$	Disposición agregada

3.4 Análisis de vecino más próximo QGIS

Se añadió el archivo con las coordenadas geográficas de los árboles de *Podocarpus oleifolius* de los sitios uno y dos en formato

CSV (texto delimitado). Luego en la barra de herramientas del programa se siguió el proceso: Vectorial > Herramienta de análisis > Análisis de vecino más próximo y se ejecuta (Figura 2).

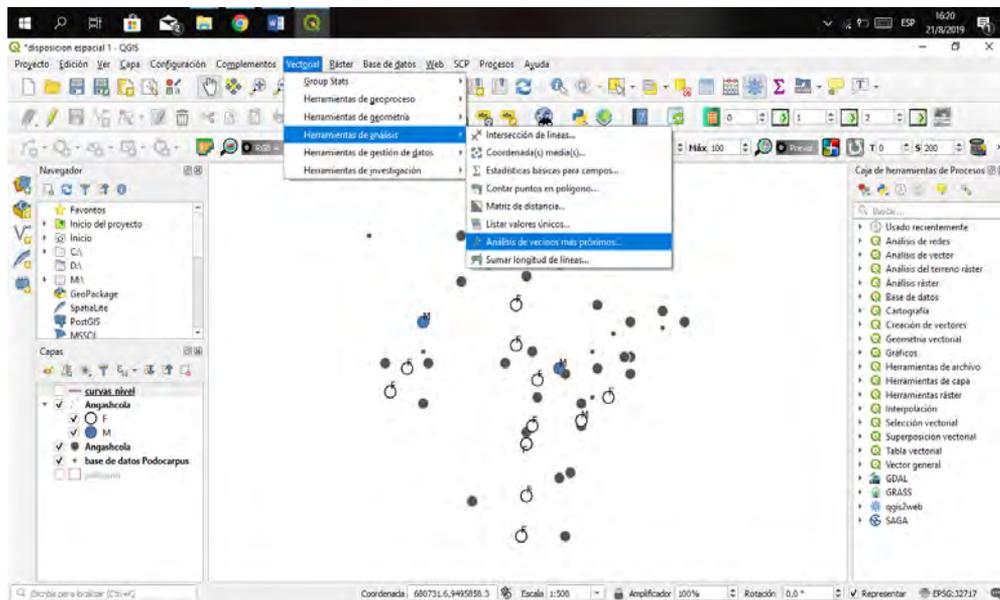


Fig. 2. Proceso para análisis de vecino más próximo en QGIS 3.4 para disposición espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don.

Estructura de edades

Para determinar la estructura de edades de *Podocarpus oleifolius* se utilizó los datos obtenidos de las mediciones del diámetro a la altura del pecho ($D_{1,30\text{ m}}$), a partir de éstos se agrupo los individuos por clase diamétrica y se elaboró la pirámide de distribución de edades.

Proporción de sexos

Para determinar la proporción de sexos se empleó el método de observación directa, para esto a cada uno de los individuos se identificó durante la edad reproductora, marcó con un aerosol de color rojo con los símbolos ♀ para macho y ♂ para hembra y se contabilizó. Para los cálculos de la proporción se utilizó la fórmula mencionada por Smith y Smith (2007):

$$\text{Razon de sexos} = \frac{\text{Número de machos}}{\text{N}^{\circ}\text{total de la muestra}}; \frac{\text{Número de hembras}}{\text{N}^{\circ}\text{ total de la muestra}}$$

Densidad poblacional

Para evaluar la densidad poblacional se inventarió todos los árboles de *Podocarpus oleifolius* dentro de cada cuadrante (0,25 ha) establecido en el área, contabilizando los individuos con diámetros mayores a 10 cm de $D_{1,30\text{ m}}$, luego se aplicó la fórmula de densidad absoluta, que indica la relación del número de individuos en el área total de las parcelas muestreadas (\sum^x), con el área total de estudio.

$$\text{Densidad individuo/m}^2 = \frac{N}{A}$$

Evaluación de la regeneración natural

En cada subparcela de 10 m x 10 m se evaluó la regeneración natural, para lo cual se usó las categorías de regeneración natural recomendadas por Orozco y Brumer (2002), considerado: brinzal de 0,30 a < 1,5 m altura; latizal bajo, 1,50 m altura

y 4,9 cm DAP y latizal alto; 5 cm a 9,9 cm DAP. Se contabilizo todos los individuos de regeneración de la especie considerando su respectiva categoría.

Resultados

Parámetros poblacionales de *Podocarpus oleifolius* D. Don en Angashcola y San Francisco

Disposición espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don.

Índice de Morisita estandarizado (I_p)

La disposición espacial obtenida mediante el índice de Morisita indica que *Podocarpus oleifolius* presenta una tendencia hacia un patrón agrupado (Figura 3) con un índice equivalente a para el sitio Angashcola; mientras que para San Francisco el índice es que indica un patrón uniforme (Figura 4).

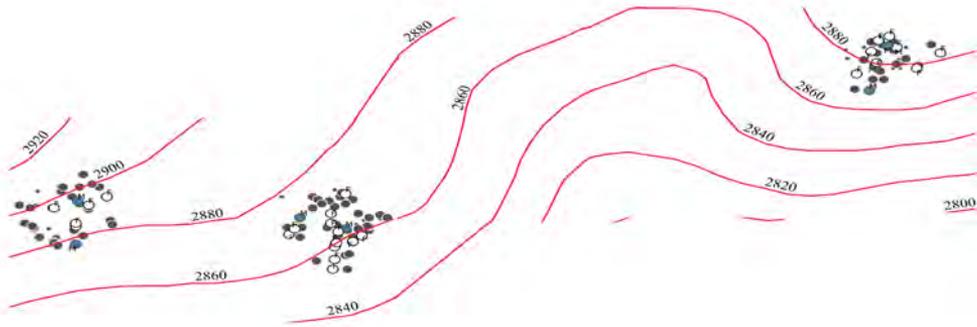


Fig. 3. Mapa de disposición espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don a escala 1:1500 que indica un patron agrupado en el bosque comunal Angashcola, Amaluza.

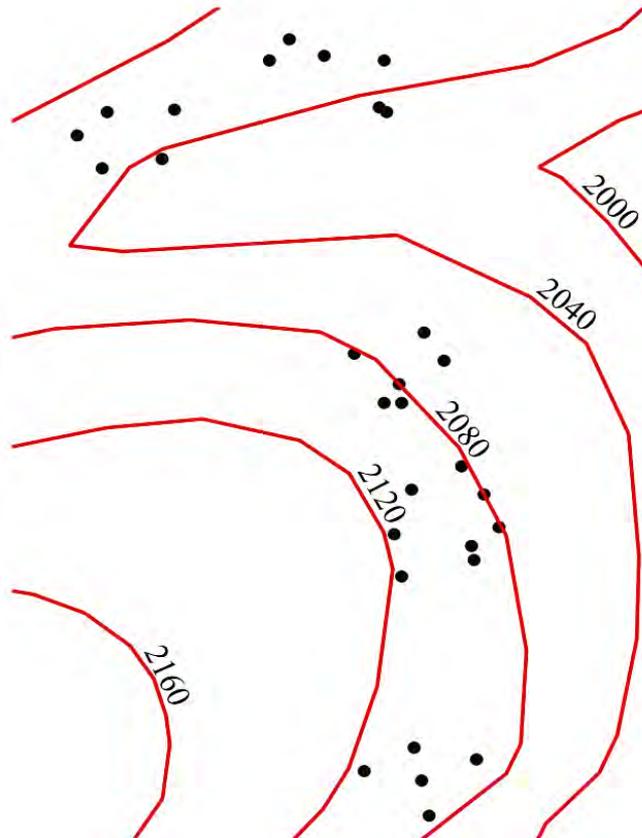


Fig. 4. Mapa de disposición espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don a escala 1:2550 que indica un patron agrupado en San Francisco (Fundación ecológica Arcoíris) Zamora Chinchipe.

3.18 Análisis de vecino más próximo QGIS

Al aplicar la herramienta de análisis vectorial de QGIS, se obtuvo la matriz de

la Tabla 2 en la que indica que el nivel de agregación para Angashcola es igual a y para el San Francisco es de que denota un patrón de distribución agrupado.

Tabla 2. Matriz de análisis del vecino próximo de *Podocarpus oleifolius* en la reserva comunal Bosque de Angashcola y en San Francisco predios de la Fundación Ecológica Arcoiris, utilizando el programa de información geográfica QGIS 3.4

Parámetro	Angashcola	Arcoiris
Distancia media observada	4,43 m	15,41 m
Distancia media esperada	28,29 m	38,94 m
Índice de vecino más cercano	0,15	0,39
Número de puntos	180	34
Z	-21,64	-6,74

Estructura de edades de *Podocarpus oleifolius* D. Don

La estructura de edades de *Podocarpus oleifolius* se grafica en una pirámide poblacional considerando el número de individuos por clase diamétricas y las categorías de regeneración natural de los dos sitios.

En la estructura de edad en Angashcola se observa que la mayor cantidad de individuos se concentra en estadios jóvenes con alturas que van de (brinzal) y diámetros(DAP) estas categorías representan el 23,70 % (91 registros) y 19,01 % (73 registros) cada una; mientras que para el sitio San Francisco, la mayor cantidad de individuos se concentran en clases de diámetros que van de 12,34 cm a 20,54 cm de DAP que representa el 52,63 % (20 registros).

La menor proporción de individuos en Angashcola se concentra en las tres últimas categorías de edad; mientras que para San Francisco, se concentran en la clase diamétrica: 45,14 cm a 53,34 cm de DAP (1 individuo).

La gráfica que se obtuvo para Angashcola, presenta forma piramidal, con base amplia, es decir con una proporción alta de individuos jóvenes (Figura 5a). Y para el sitio San Francisco el gráfico indica una pirámide de base y vértice estrecho con mayor cantidad de individuos adultos, característico de poblaciones que están declinando (Figura 5b).

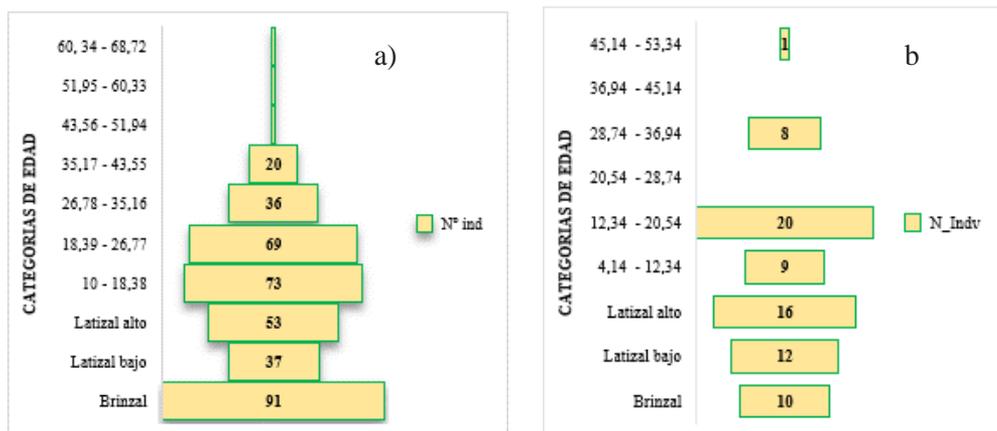


Fig. 5. Pirámide población que expresa la estructura de edad en centímetros (cm) de *Podocarpus oleifolius*, a) en la reserva comunal bosque de Angashcola, Amaluza [forma piramidal] y en (b) los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris.

Proporción de sexos de *Podocarpus oleifolius* D. Don

En el bosque de Angashcola el 72,75% de individuos identificados fueron de sexo femenino (29) y el 29,27% son masculinos (12), mientras que para el sitio San Francisco el 50% de los individuos identificados son de sexo femenino (2) y el otro 50% (2) pertenecen al sexo masculino (Figura 6). La dominancia de árboles de sexo femenino frente a los individuos de sexo masculino de *Podocarpus oleifolius* en los dos sitios de evaluación indica una proporción de

Las características fenotípicas de los individuos de las zonas estudiadas, indican que los individuos de sexo femenino presentan fuste recto, mientras que los individuos de sexo masculinos presentan fustes inclinados y bifurcados bajo 1,30 m. Referente al diámetro de copa los individuos de Angashcola está entre cuatro y seis metros (machos y hembras) y para San Francisco entre dos y cuatro metros.

La identificación del sexo de los árboles se realizó en los meses de noviembre, diciembre 2018 a enero 2019 y, se pudo observar que el periodo de floración en algunos árboles ya había terminado mientras que en otros iniciaba.

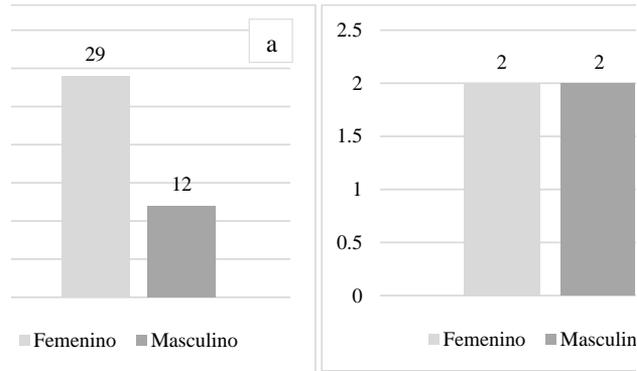


Fig. 6. Número de individuos de *Podocarpus oleifolius*, identificados como machos y hembras, a) en la reserva de bosque comunal de Angashcola, Amaluza y, b) predios de la Fundación Ecológica Arcoíris, Zamora Chinchipe.

Densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius* D. Don en los relictos boscosos de Angashcola y San Francisco.

La densidad de *Podocarpus oleifolius* para Angashcola es de 204 individuos en 1,5

hectáreas, lo que equivale a 136 individuos/hectárea; mientras que en los predios de la Fundación Arcoíris (San Francisco) es de 34 individuos que equivale a 26,6 individuos por hectárea (Figura 7).

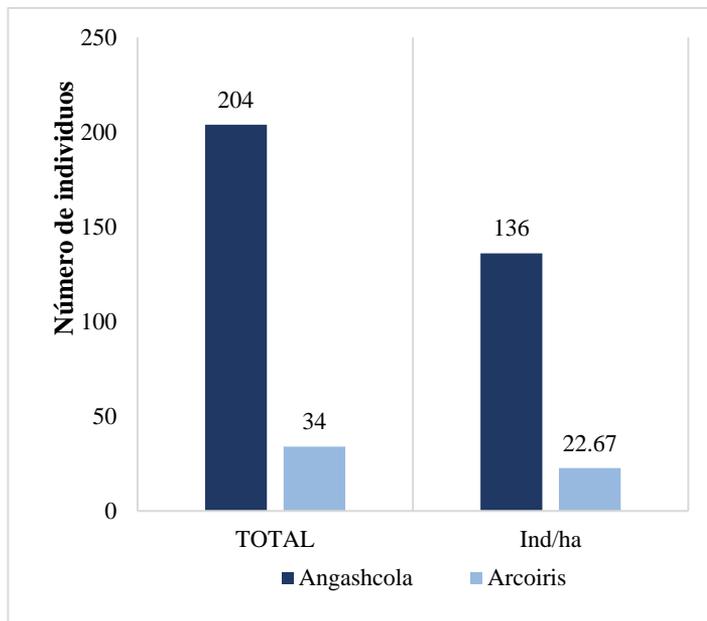


Fig. 7. Densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius*, se indica el total de individuos y el número de individuos por hectárea en los dos sitios de estudio (azul oscuro corresponde a Angashcola; celeste al sitio San Francisco).

Regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don en dos sitios de evaluación.

Reserva comunal bosque de Angashcola.

La regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* en la reserva comunal bosque de Angashcola es: en la categoría brinzal se registraron 91 individuos, seguido de latizal bajo con 37 individuos y para latizal alto 53 individuos. Se calculó una densidad de 303,3 individuos/ha para la categoría brinzal, 86,7 individuos/ha para latizal bajo y 56,7 individuo/ha para la categoría de latizal alto.

Predios de la Fundación Ecológica Arcoiris (San Francisco)

La regeneración natural es: en la categoría de brinzal se registraron 10 individuos, seguido de latizal bajo con 12 individuos y para latizal alto 16

individuos. Así mismo para cada categoría de regeneración se calculó la densidad, así 33,33 individuos/ha para brinzal, 40 individuos/ha para latizal bajo y 53,33 individuos/ha para la categoría de latizal alto de la especie *Podocarpus oleifolius*.

Comparación de la regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don en los dos sitios estudiados

En la Figura 8, se presenta el número de individuos por categoría de regeneración natural de cada sitio. El 50,28% representa la categoría brinzal en Angashcola con un total de 91 individuos; mientras que en el sitio San Francisco la categoría de latizal alto es la más abundante con 42,11% con 16 individuos. Las categorías de regeneración natural con número menor de individuos son: brinzal en los predios de la Fundación Arcoiris con el 26,32% y latizal bajo para el bosque de la reserva comunal de Angashcola con el 20,44%.

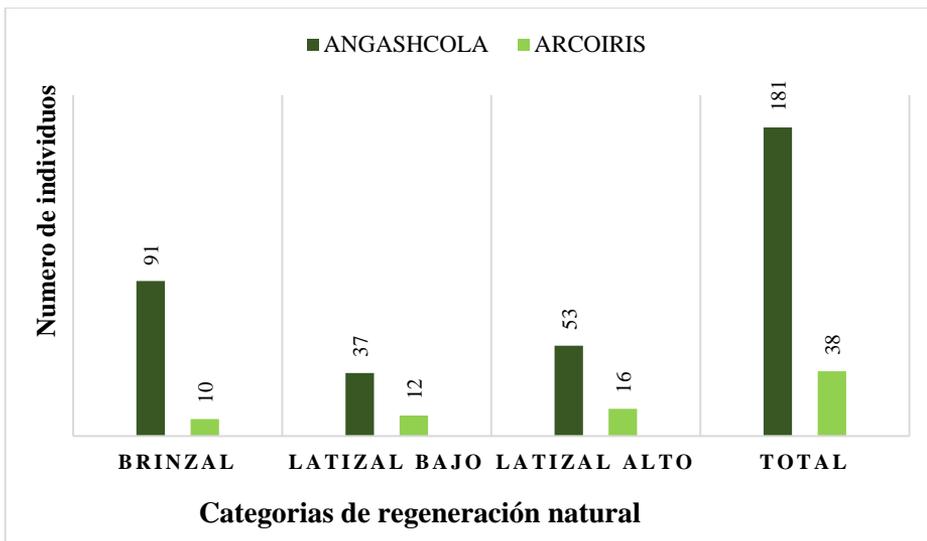


Fig. 8. Comparación del número de individuos de regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* presentes en cada categoría de regeneración natural en los dos sitios de evaluación.

Discusión

Parámetros poblacionales de *Podocarpus oleifolius* D. Don

Distribución espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don

Los estudios sobre patrones de distribución espacial de especies en Ecuador son escasos por eso resulta difícil la discusión; existen estudios que describen aspectos demográficos de algunas especies (Duque *et al.*, 2002; Vicuña, 2005; Ordoñez, 2011; Mejía *et al.*, 2018), pero éstos no detallan patrones de distribución utilizando índices de dispersión como en este estudio.

Para *Podocarpus oleifolius* el patrón de distribución espacial en el bosque Angashcola, Amaluza, es agrupado (Morisita: 0,50) y la herramienta QGIS (0,15); mientras que en San Francisco (Fundación Ecológica Arcoíris) el patrón de disposición espacial es agregado (Morisita: 1) y QGIS (); esto concuerda con lo reportado por Cabrera y Wallace (2007) en su estudio con nueve especies de palmeras arborescentes, encontraron un patrón de distribución espacial agregado () y uniforme () para una especie. Así mismo Montañez, Escudero y Duque (2010) determinaron un índice de para cinco especies de bosque húmedo montano y montano bajo.

Estos estudios señalan a diversos factores que provocan esta distribución, entre las que menciona: la relación entre altitud y la escala de análisis de los individuos (Montañez *et al.*, 2010), el grado de perturbación del bosque (Rivera *et al.*, 2012) y limitación en dispersión de semillas y la especialización de hábitat (Martínez & Álvarez, 1995; Morlans, 2004); cuando los individuos maximizan la distancia entre sus vecinos, generando mayor competencia entre ellos (Begon *et al.*, 2006; Smith &

Smith, 2007), tal como se observó en el sitio San Francisco donde el distanciamiento entre individuos fue mayor en comparación al bosque de Angashcola (15,41 m).

Estructuras de edades de *Podocarpus oleifolius* D. Don

En las poblaciones de plantas, la distribución en clases de edad, por lo general, es sesgada debido a que las copas de los árboles pueden inhibir la producción de plántones, el crecimiento y la supervivencia de los individuos jóvenes (Begon *et al.*, 2006). En el bosque de Angashcola, se encontró muchos juveniles (91 individuos), típico de poblaciones en crecimiento según lo señala Morlans (2004).

De acuerdo a Lamprech (1990), indica que al encontrar poblaciones juveniles en mayor proporción en su estructura, es indicativo de bosques que han sido intervenidos; en este caso el bosque de Angashcola desde su alianza con socio bosque no presentan intervenciones, debido a que cuentan con un sistema de zonificación que permite la extracción y utilización de recursos de forma estratégica y sostenible, aunque Rivera *et al.*, (2012) indica que en bosques conservados y perturbados la gráfica resultante es igual, lo único que difiere es la proporción de individuos en las primeras etapas de desarrollo, siendo esta mayor en los sitios de mejor conservación. En esta zona la extracción de *Podocarpus oleifolius* para fines comerciales o autoconsumo no es permitido, más bien existen actividades de propagación y venta de plántulas para asegurar la perpetuidad de la especie.

En los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris (San Francisco) la mayor cantidad de individuos se concentran en diámetros entre 12,34 cm a 20,54 cm (20 individuos), se observa mayor cantidad de especímenes adultos que jóvenes, característico de

poblaciones que están declinando, según lo sugiere Morlans (2004).

Sáenz *et al.* (2014) indica que la declinación en las especies vegetales puede deberse a factores naturales, como deslizamientos en laderas, provocando que los individuos de mayor tamaño y edad se tornen más escasos, producto del desacoplamiento de las poblaciones forestales con el clima al cual están adaptadas, las cuales sobrepasan los límites físicos de la migración natural (Granados y López, 2001). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, la declinación en *Podocarpus oleifolius*, se debe a los procesos antrópicos que han hecho que la especie sea susceptible a los cambios drásticos, que se evidencia en su comportamiento, como la baja capacidad de regeneración natural (Granados & López, 2001; Rivera *et al.*, 2012).

La notable disimilitud de *Podocarpus oleifolius* en su estructura de edades, tanto en Angashcola como en San Francisco, posiblemente se debe a las diferencias ecológicas de las zonas estudiadas y la posibilidad de encontrar parches de diferente tamaño y calidad ambiental-ecológica (Martínez & Álvarez, 1995), lo que pone en alerta a observar si la especie prevalece o desaparece en el tiempo (Maciel *et al.*, 2015).

Proporción de sexos de *Podocarpus oleifolius* D. Don

El conocimiento de la determinación sexual en plantas está estrechamente ligado a la comprensión de cómo ha evolucionado la separación de los sexos (Iglesias *et al.*, 2016). Estudios sobre bioecología de *Podocarpus oleifolius* reportados por Vásquez (1997); Gálvez *et al.* (2003); Aguirre *et al.* (2015) y CAR (2018) han generado información base de distribución, requerimientos ecológicos;

sin embargo, aún existen vacíos científicos sobre algunos parámetros que permitan conocer más sobre la especie.

En esta investigación se identificó que en el bosque de Angashcola existen menos individuos de sexo masculino que femeninos y, en los predios de la Fundación Arcoíris (San Francisco) se identificó igual número de plantas con sexo masculino y femenino. Estos resultados indican la dominancia de individuos de sexo femenino, posiblemente las condiciones ambientales favorecen la reproducción de *Podocarpus oleifolius*, tal como lo indica Domínguez & Cordero (1993) en su estudio con especies dioicas. La razón de esta respuesta adaptativa según Iglesias *et al.* (2016) es que las hembras requieren asignar más recursos durante su reproducción, que las plantas masculinas.

La conexión de la proporción de sexos con variables como densidad, estructura de edades y condiciones ambientales del sitio, provoca posiblemente que *Podocarpus oleifolius* en el sitio San Francisco presente problemas poblacionales en el bosque. Rivera *et al.* (2012), manifiesta que en sitios perturbados cuando se elimina individuos reproductivos la permanencia de la población se pone en riegos; además en este contexto, se evidenció en los dos sitios la ausencia de individuos reproductivos, probablemente producto del no desarrollo de sus estructuras reproductivas.

Densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius* D. Don

La densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius* en Angashcola (136 ind/ha), supera lo reportado por Castillo & Cuenca (2006) que fue de 96 ind/ha; y, en los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris (densidad 22,67 ind/ha), aunque no se tiene referencias del número de individuos de la especie en esta área, en zonas cercanas

Calva y Beltrán (2005) determinaron mayor porcentaje de individuos en una altitud de 2400 msnm y en etapas juveniles que se concentran en diámetros entre 5 a 14,9 cm de $D_{1,30m}$.

En contraste Yaguana *et al.* (2012) reporta una densidad de 5 ind/ha para *Podocarpus oleifolius* en el bosque nublado del río Numbala, esto puede relacionarse con el análisis propuesto por Serrada (2003) y Begon *et al.* (2006) que indican que a mayor densidad poblacional los recursos comienzan progresivamente a ser más escasos y la población responde con una desaceleración de su ritmo de crecimiento.

Regeneración Natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don

La regeneración natural es una característica fundamental para asegurar la sostenibilidad del recurso florístico a través del tiempo (Serrada, 2003), la falta de regeneración es un problema de una población, porque imposibilita el manejo sostenible de una especie.

Los resultados de esta investigación indican que para la reserva del bosque Comunal Angashcola, se registra 181 individuos de las categorías brinzal, latizal bajo y latizal alto, con una densidad de 603,3 ind/ha; datos menores a los reportados por Castillo y Cueva (2006) que estimaron 73 125 plantas/ha. En los predios de la Fundación Ecológica Arcoíris se registró solo 34 individuos en las tres categorías, corroborando el estudio realizado por Calva *et al.* (2007), que manifiestan que existe mayor concentración de regeneración natural cuando la intensidad lumínica es directamente proporcional a la altura, ya que la vegetación que se desarrolla dentro de los predios de Arcoíris es densa y dominada por especies distintas a la del estudio.

Al considerar la existencia de claros de bosque en el predio de la Fundación Arcoíris, que actúan como lugares de regeneración natural centralizada y de crecimiento, como lo indican Smith & Smith (2007) para instituir el equilibrio dinámico, es importante ya que aumenta la sobrevivencia de plántulas con gremios ecológicos diferentes (Cortez, 1997) es un desafío para *Podocarpus oleifolius*, pues de acuerdo a Lamprecht (1990), lo que crece dentro de un claro determina la composición del bosque a futuro.

Finalmente se evidenció que la regeneración natural en los dos sitios se comporta de manera diferente, pudiéndose atribuir esta situación al nivel sucesional en la que se encuentran cada ecosistema, así lo sostienen Factos & Montero (2009) y a las condiciones de sombra que necesita la especie para su regeneración y establecimiento, siendo este un factor establecido a base de tratamientos silviculturales (Toledo *et al.*, 2011; Muñoz & Muñoz, 2014) que no involucra la transformación de estructura espacial, abundancia y tampoco compromete el potencial de los bosques manejados (Leigue, 2011).

Conclusiones

La similitud en la distribución espacial de *Podocarpus oleifolius* D. Don en los dos sitios de evaluación, se debe posiblemente a las condiciones ambientales, físicas y ecológicas de cada relicto de bosque, no se descarta la posibilidad de que este patrón se vea afectado por las condiciones ambientales futuras que puedan soportar los sitios.

La densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius* D. Don, se ve afectada cuando las condiciones ambientales alteran procesos

reproductivos de la especie que perturba la dinámica de regeneración natural y, por la densidad de las especies existentes en el sotobosque y dosel que impiden la emergencia de plántulas.

La estructura de edad *Podocarpus oleifolius* D. Don está influenciado por las tasas de mortalidad que se dan en los primeros estadios de vida, pues disminuye a medida que las plantas avanzan en edad y, aquellos individuos que están en edades intermedias y adultas son las que han sobrevivido dentro del bosque y forman la estructura de la especie con sus diferentes edades.

La regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don, depende de las proporciones sexuales y del estado de conservación del bosque, las cuales favorecen que la especie se diversifique genéticamente evitando la endogamia. En especies dioicas es importante que exista equilibrio en proporciones sexuales para que su ciclo reproductivo no se vea alterado y la perpetuidad de la especie no sea afectada en su tamaño poblacional.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Literatura citada

- Aguirre, Z.; A. Loja; C. Solano & N. Aguirre.** 2015. Especies forestales más aprovechadas en la región sur de Ecuador. EdilLOJA. Loja, Ecuador.
- Cabrera, W. & R. Wallace.** 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino-amazónico de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 42(2), pp 121-135. Recuperado de: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/reb/v42n2/v42n2a04.pdf>
- Calva, O. & G. Beltrán.** 2005. Influencia de la luz sobre la regeneración natural de Podocarpaceas en los bosques de San Francisco y Numbala. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja
- Calva, O.; G. Beltran; S. Gunter & O. Cabrera.** 2007. Influencia de la luz sobre la regeneración natural de Podocarpaceae en los bosques de San Francisco y Numbala. *Bosques Latitud Cero*. Vol 3: 21-23. Recuperado de: <http://w3.forst.tu-muenchen.de/~waldbau/litorg0/2018.pdf>
- Cortez, J.** 1997. Caracterización ecológica-silvícola de *Podocarpus oleifolius* D. Don, bajo condiciones de bosque maduro de altura, en el cerro Yyuca, Honduras. (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana. pp 57. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3051/1/CPA-1997-T020>
- Domínguez, C. & C. Cordero.** 1993. Selección sexual en las plantas. IKOS. Universidad autónoma de México. Recuperado de: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/images/Pdfs/1993-2.pdf>
- Granados-Sánchez, D. & G. López-Ríos.** 2001. Declinación Forestal. *Revista Chapingo Series Ciencias Forestales y del Ambiente*. México. Vol.7(1).pp 5-13. Recuperado de: <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaVII339.pdf>
- Lamprecht, H.** 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para su aprovechamiento sostenido. Eschborn, Alemania, GTZ. 335 p.
- Leigue, J.** 2011. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. *Acta Amazónica* (online) Vol. 41(1). Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672011000100016&script=sci_arttext&lng=es
- Maciel, C.; N. Mariquez; P. Aguilar & G. Sánchez.** 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Scielo*, 25(2). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662015000200001
- Martínez, M. & E. Álvarez.** 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Bol. Soc. Bot.* 56 .pp.121-153. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260596882_Ecologia_de_poblaciones_de_plantas_en_selvas_humedas_de_Mexico
- Mejía, D.; M. Tonon & L. Abad.** 2018. Distribución potencial del género *Polylepis* en la Cuenca del río Paute bajo un escenario de cambio climático. *Revista de la facultad de ciencias químicas*.

ISSN: 1390-1869. Recuperado de: academia.edu/2215-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6330-2-10-20181129.pdf

- Morlans, M.** 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>
- Muñoz, J. & L. Muñoz.** 2014. 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. *ECOLOGIA FORESTAL* Vol 1(1). Pp 88-99. Recuperado de: https://mluisforestal.files.wordpress.com/2015/12/revista-cif_2010_vol-1-no-1.pdf
- 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). pp 14. ISSN: 2528-7818.
- Orbe, T.** 2015. Aumenta deforestación en el sur de Ecuador [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.scidev.net/america-latina/agropecuaria/noticias/aumenta-deforestacion-en-el-sur-de-ecuador.html>
- Ordoñez, O.** 2011. Propuesta de zonificación silvícola para áreas deforestadas de los bosques Montanos de la provincia de Loja, Ecuador. (Tesis de maestría). Universidad de La Habana. Cuba. pp 107.
- Orozco, N. & C. Brumer.** 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. CATIE. Costa Rica. Recuperado de: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2600/Inventarios_forestales_para_bosques_latifoliados.pdf
- Rivera, A.; P. Aguilar; N. Sánchez; L. Sánchez; S. Vázquez & L. Iglesias.** 2012. Estructura poblacional y distribución espacial de *Geratozamia mexicana* BRONGN. (ZAMIACEAE) en un ambiente conservado y en uno perturbado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 15(2), pp. 110-117. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93924626016.pdf>
- Sáenz, C.; R. Linding; D. Joyce; J. Beaulieu; S. Bradley & B. Jaquish.** 2014. Migración asistida de las poblaciones forestales para la adaptación de árboles ante el cambio climático. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol 22(3). pp 303-323. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v22n3/2007-4018-rcscfa-22-03-00303-es.pdf>
- Serrada, R.** 2003. Regeneración natural: Situaciones concepto, factores y evaluación. *Ciencias Forestales*, (15). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/40836433_Regeneracion_natural_situaciones_concepto_factores_y_evaluacion
- Sinche, L.; M. Castillo & O. Peralta.** 2007. Estado de conservación, propagación asexual y sexual en invernadero y laboratorio de dos especies de Podocarpaceas, procedentes de la Reserva Comunal Angashcola. Tesis de grado Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Smith, T. & R. Smith.** 2007. Ecología. Recuperado de http://www.geografafisica.org/sem_2016_02/geo131/fuentes/SMITH-Ecologia.PDF
- Toledo, M.; Z. Villegas; J. Licona; A. Alarcón; M. Soriano; Y. Bustamante & V. Vroomans.** 2011. Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la mara (*Swietenia macrophylla* King). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/263041126_Densidad_poblacional_y_efecto_del_aprovechamiento_forestal_en_la_regeneracion_natural_y_el_crecimiento_diametrico_de_la_mara_Swietenia_macrophylla_King
- Vásquez, R.** 1997. Formula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Missouri Botanical Garden Press/ Volumen63/Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 1046 pp.
- Yaguana, C.; D. Lozano; D. Neill & M. Asanza.** 2012. Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Rio Numbala, Zamora-Chinchiipe, Ecuador: "El bosque gigante" de *Podocarpus* adyacente al Parque Nacional *Podocarpus*. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología* 1(3), pp. 1-15. Recuperado de https://www.uea.edu.ec/cipca/images/revista-cientifica-articulo-5-vol-1-N-3_ASANZA.pdf

