



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

## **Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” Loja, Ecuador**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL

**Autor:**

Byron Fernando Cabrera Sinche

**Director:**

Ing. Luis Muñoz Chamba Mg. Sc.

Loja – Ecuador  
2020



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Loja, 28 de agosto de 2020

Ing. Luis Muñoz Chamba Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

**CERTIFICA:**

Haber revisado la presente tesis titulada: **Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” Loja, Ecuador** realizada por el Sr. **BYRON FERNANDO CABRERA SINCHE**, la misma que **CULMINÓ DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO**, cumpliendo con todos los lineamientos establecidos en la reglamentación vigente de la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, **SE AUTORIZA LA CONTINUACIÓN DEL TRAMITE DE GRADUACIÓN.**

Atentamente,



Ing. Luis Muñoz Chamba Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**



Loja, 01 de diciembre de 2020

Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS**

En calidad de presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada: **Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” Loja, Ecuador**; de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Byron Fernando Cabrera Sinche, portador de la cédula N° 1105964769, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Atentamente. –



Firmado electrónicamente por:  
**ZHOFRE HUBERTO  
AGUIRRE MENDOZA**

Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza Ph.D.

**PRESIDENTE**



Firmado electrónicamente por:  
**DARIO ALFREDO  
VEINTIMILLA  
RAMOS**



Firmado electrónicamente por:  
**NOHEMI DEL  
CARMEN JUMBO  
BENITEZ**

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc. Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez. Mg.Sc.

**VOCAL**

**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo, Byron Fernando Cabrera Sinche declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**BYRON FERNANDO  
CABRERA SINCHE**

Autor: Byron Fernando Cabrera Sinche

Cédula: 1105964769

Fecha: 01/12/2020

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo Byron Fernando Cabrera Sinche, declaro ser autor, de la tesis titulada **Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” Loja, Ecuador** como requisito para optar al grado de Ingeniero Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de diciembre de dos mil veinte, firma el autor.

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**BYRON FERNANDO  
CABRERA SINCHE**

Autor: Byron Fernando Cabrera Sinche

Número de cédula: 1105964769

Dirección: Esmeraldas (35-85) y Marcabeli Barrio El Valle

Correo electrónico: bfcabreras@unl.edu.ec

Teléfono: 2-720962

Celular: 0982520612

### DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Zhofre Huberto Aguirre Mendoza, PhD. Presidente

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos, Mg. Sc. Vocal

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc. Vocal

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis papás y mis abuelitos quienes me supieron guiar en todo este camino para lograrlo, mostrándome que con responsabilidad y dedicación se puede conseguir todas las metas que me plantee.

A toda mi familia por el apoyo incondicional en todo momento durante toda esta etapa.

Agradezco al Ing. Luis, director de tesis, a la Ing. Johana, Ing. Jaime e Ing. Zhofre, quienes me brindaron sus conocimientos y apoyo para la realización del presente trabajo.

A los docentes y técnicos de la carrera de Ing. Forestal por aportar con sus conocimientos en mi formación profesional.

Agradezco a mis amigos por el apoyo y por los buenos momentos compartidos dentro y fuera de las aulas en los cinco años de carrera.

**Byron Fernando**

## **DEDICATORIA**

A mis papás, Yovany Augusto y Miriam del Carmen, y a mis abuelitos Sergio Alberto y Carmen Victoria quienes han sido pilares fundamentales en mi vida, al educarme con el ejemplo día a día, para ser siempre un buen profesional lleno de valores y ética y siempre un mejor ser humano.

A mi tío Javier Francisco, mi querido Chino quien ya no está conmigo físicamente, pero siempre tendré presente su gran ejemplo, sus enseñanzas y sus consejos para no rendirme y hacer frente a las circunstancias que se puedan presentar en la vida.

A mis hermanos Yovany y Rubén por acompañarme y apoyarme en esta etapa de mi vida.

A toda mi familia quienes me han demostrado que la unión es fundamental para alcanzar todas las metas que nos propongamos.

**Byron Fernando**

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA _____	i
CERTIFICACIÓN _____	ii
APROBACIÓN _____	iii
AUTORÍA _____	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN _____	v
AGRADECIMIENTO _____	vi
DEDICATORIA _____	vii
ÍNDICE GENERAL _____	viii
ÍNDICE DE FIGURAS _____	xi
ÍNDICE DE TABLAS _____	xii
ÍNDICE DE ANEXOS _____	xiii
TÍTULO _____	xiv
RESUMEN _____	xv
ABSTRACT _____	xvii
<b>1. INTRODUCCIÓN _____</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA _____</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Poblaciones forestales _____</b>	<b>4</b>
2.1.1. Estudio de poblaciones forestales _____	5
<b>2.2. Características poblacionales _____</b>	<b>5</b>
2.2.1. Densidad poblacional _____	5
2.2.2. Estructura por edades _____	6

2.2.3.	Disposición espacial	6
2.2.3.1.	Métodos para evaluar la disposición espacial en especies vegetales.	8
2.2.3.2.	Índices para determinar la disposición espacial.	8
<b>2.3.</b>	<b>Procesos poblacionales</b>	<b>11</b>
<b>2.4.</b>	<b>Importancia de la regeneración natural en poblaciones forestales</b>	<b>12</b>
<b>2.5.</b>	<b>Investigaciones realizadas sobre poblaciones forestales</b>	<b>14</b>
<b>2.6.</b>	<b>Descripción de las especies forestales de estudio</b>	<b>15</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>3.1.</b>	<b>Área de Estudio</b>	<b>21</b>
<b>3.2.</b>	<b>Criterios de selección de las especies forestales de estudio</b>	<b>22</b>
<b>3.3.</b>	<b>Diseño del Muestreo</b>	<b>22</b>
3.3.1.	Unidades de muestreo, forma y tamaño	22
3.3.2.	Tamaño de la población y número de unidades de muestreo	23
<b>3.4.</b>	<b>Metodología para evaluar la estructura poblacional de tres especies arbóreas</b>	<b>23</b>
3.4.1.	Densidad poblacional	25
3.4.2.	Estructura por edades	26
3.4.3.	Disposición espacial	26
<b>3.5.</b>	<b>Metodología para evaluar el estado poblacional de la regeneración natural de las tres especies en estudio</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
<b>4.1.</b>	<b>Evaluación de parámetros poblacionales de <i>Clethra fimbriata</i>, <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i>.</b>	<b>33</b>
4.1.1.	Densidad poblacional	33
4.1.2.	Estructura de edad	33
4.1.3.	Disposición espacial de las tres especies en estudio	36
<b>4.2.</b>	<b>Estado Poblacional de la Regeneración Natural de las tres especies en estudio</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>47</b>
<b>5.1.</b>	<b>Parámetros poblacionales de <i>Clethra fimbriata</i>, <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i></b>	<b>47</b>
5.1.1.	Densidad Poblacional de <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i>	47

5.1.2.	Estructura de edades de <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i> _____	48
5.1.3.	Disposición espacial de <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i> _____	50
<b>5.2.</b>	<b>Regeneración Natural de <i>Clethra fimbriata</i>, <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i></b> _____	<b>52</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> _____	<b>55</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> _____	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> _____	<b>57</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b> _____	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Modelos de distribución espacial.....	7
Figura 2. Muestra botánica de <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.....	15
Figura 3. Muestra botánica de <i>Nectandra Laurel</i> Klotzsch ex Nees.....	17
Figura 4. Muestra botánica de <i>Clethra fimbriata</i> Kunth.....	18
Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio y distribución de las parcelas de muestreo en el parque universitario "Francisco Vivar Castro".....	21
Figura 6. Forma y tamaño de unidades de muestreo.....	22
Figura 7. Estructura de edad en función de clases diamétricas de A) <i>Clethra fimbriata</i> , B) <i>Nectandra laurel</i> y C) <i>Prunus opaca</i> en el bosque nativo del parque universitario "Francisco Vivar Castro".....	35
Figura 8. Índice Moran para <i>Clethra fimbriata</i> Kunth dentro del bosque andino del PUFVC.	37
Figura 9. Índice Moran para <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees dentro del bosque andino del PUFVC.....	38
Figura 10. Índice Moran para <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp. dentro del bosque andino del PUFVC.....	39
Figura 11. Disposición espacial de <i>Clethra fimbriata</i> Kunth en el bosque nativo del parque universitario Francisco Vivar Castro.....	40
Figura 12. Disposición espacial de individuos de <i>Clethra fimbriata</i> dentro de las parcelas: a) parcela B; b) parcela H.....	41
Figura 13. Disposición espacial de <i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees en el bosque nativo del parque universitario Francisco Vivar Castro.....	41
Figura 14. Disposición espacial de individuos de <i>Nectandra laurel</i> dentro de las parcelas: a) parcela N; b) parcela D.....	42
Figura 15. Disposición espacial de <i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp. en el bosque nativo del parque universitario "Francisco Vivar Castro".	43
Figura 16. Disposición espacial de individuos <i>Prunus opaca</i> dentro de las parcelas: a) parcela D; b) parcela H.....	43
Figura 17. Estado poblacional de la regeneración natural de las especies A) <i>Clethra fimbriata</i> , B) <i>Nectandra laurel</i> y C) <i>Prunus opaca</i> , en el bosque nativo del parque universitario "Francisco Vivar Castro".	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Registro del número de individuos por parcela.....	25
Tabla 2. Categorías de disposición espacial en función de la variación de número de individuos por parcela. ....	27
Tabla 3. Cálculo e interpretación del índice de Morisita estandarizado (Ip) .....	28
Tabla 4. Tabla resumen para la interpretación de resultados de las entidades p y z .....	30
Tabla 5. Categorías de regeneración natural utilizadas para evaluar el estado poblacional de las especies forestales.....	31
Tabla 6. Hoja de campo para la recolección de datos en parcelas de estudio de la regeneración natural.....	32
Tabla 7. Parámetros estructurales de la vegetación aplicados a la regeneración natural. ....	32
Tabla 8. Número de individuos y densidad poblacional de <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i> en el bosque nativo del parque universitario Francisco Vivar Castro. ....	33
Tabla 9. Valores de los índices y tipos de disposición espacial para las especies forestales <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i> en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. ....	36
Tabla 10. Parámetros estructurales de la regeneración natural de las especies forestales <i>Clethra fimbriata</i> , <i>Nectandra laurel</i> y <i>Prunus opaca</i> en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Anexo 1. Hoja de campo para la recolección de datos dentro de las parcelas de muestreo.....	64
Anexo 2. Hoja de campo para la recolección de datos de regeneración natural dentro de las parcelas de muestreo .....	65
Anexo 3. Base de datos de individuos mayores a 10 cm de DAP dentro de la zona de estudio .....	67
Anexo 4. Base de datos de regeneración natural de las especies en estudio.....	72
Anexo 5. Tablas resumen para cálculo de la disposición espacial a través de los índices aplicados.....	77
Anexo 6. Cálculo del índice de varianza media e índice estandarizado Morisita .....	78

**Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque  
andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” Loja,  
Ecuador**

## RESUMEN

El conocimiento de los parámetros poblacionales de las especies forestales favorece a la comprensión de sus procesos ecológicos y a conocer su papel ecológico dentro del bosque. Las especies nativas *Clethra fimbriata* Kunth, *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees y *Prunus opaca* (Benth.) Walp son especies poco estudiadas, pero poseen un gran potencial para diferentes usos dentro del sector forestal.

Por ello la presente investigación realizada en el periodo académico octubre 2019 – marzo 2020 tuvo como objetivo estudiar la densidad poblacional, estructura de edad, distribución espacial (parámetros poblacionales) y el estado de la regeneración natural de las tres especies en el bosque andino dentro del Parque universitario “Francisco Vivar Castro” en Loja, Ecuador, para lo cual se establecieron 24 parcelas de 20 m x 20 m; dentro de ellas se levantó información del estrato arbóreo: coordenadas geográficas, DAP, altura, posición de la copa; además 72 subparcelas (3 en cada parcela) de 5 m x 5 m y 120 subparcelas (5 en cada parcela) de 2 m x 2 m para levantar información de regeneración natural. La estructura de edades se realizó en función de clases diamétricas, para determinar la disposición espacial se utilizó varios índices como: índice de varianza media, índice de Morisita estandarizado, índice Moran I y mediante el método de interpolación estadística. Para las tres especies forestales se consideraron tres categorías de regeneración natural: Brinzal, latizal bajo y latizal alto. Se calculó parámetros estructurales para la regeneración natural: densidad, densidad relativa, frecuencia relativa y el índice de valor de importancia simplificado IVI. Las especies forestales *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* presentaron una densidad poblacional de 32 ind/ha, 9 ind/ha y 23 ind/ha respectivamente. La estructura en edad de las tres especies, en función de clases diamétricas permitió distinguir la formación de una curva en forma de “J” invertida, que en el caso de *Nectandra laurel* los individuos se concentran en las dos primeras clases diamétricas, lo cual es característico de las especies esciófitas, a diferencia de *Clethra fimbriata* y *Prunus*

*opaca* que poseen distribución de individuos en clases superiores al ser especies de semiluz. La disposición espacial fue agregada para *Clethra fimbriata* y *Nectandra laurel*, mientras que para *Prunus opaca* el resultado varió según el índice, obteniendo una disposición aleatoria y agregada. Se registró regeneración natural en todas las categorías de regeneración en estudio; el cálculo del índice de valor de importancia (IVI) determinó que para *Clethra fimbriata* y *Prunus opaca* la categoría que posee el mayor IVI es brinzal, para *Nectandra laurel* la categoría con mayor IVI es latizal bajo. Los resultados de esta investigación brindan pautas importantes para conocer las estructuras poblacionales de las especies forestales y de esta manera contar con insumos que permitan conocer los procesos ecológicos que ocurren en los bosques para su manejo y conservación.

**Palabras clave:** Ecología, parámetros poblacionales, distribución espacial, estructura, densidad poblacional, regeneración natural.

## ABSTRACT

The knowledge of the population parameters of forest species favors the understanding of their ecological processes and to know their ecological role within the forest. The native species *Clethra fimbriata* Kunth, *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees and *Prunus opaca* (Benth.) Walp are species that have not been studied much, but have great potential for different uses within the forest sector.

For this reason, the present investigation carried out in the academic period October 2019 - March 2020 had the objective of studying the population density, age structure, spatial distribution (population parameters) and the state of natural regeneration of the three species in the Andean forest within the "Francisco Vivar Castro" University Park in Loja, Ecuador, for which 24 plots of 20 m x 20m were established; within these plots information was collected on the tree stratum: geographic coordinates, WTP, height, crown position; in addition 72 sub-plots (3 in each plot) of 5 m x 5 m and 120 sub-plots (5 in each plot) of 2 m x 2 m were established to collect information on natural regeneration. The age structure was made according to diameter classes, to determine the spatial arrangement was used several indexes such as: mean variance index, standardized Morisite index, Moran index I and by the method of statistical interpolation. For the three forest species, three categories of natural regeneration were considered: Brinzal, low latizal and high latizal. Structural parameters for natural regeneration were calculated: density, relative density, relative frequency and the simplified importance value index IVI. The forest species *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* and *Prunus opaca* presented a population density of 32 ind/ha, 9 ind/ha and 23 ind/ha respectively. The age structure of the three species, according to diameter classes, allowed distinguishing the formation of an inverted "J" curve. In the case of *Nectandra laurel*, individuals are concentrated in the first two diameter classes, which is characteristic of scyophyte species, unlike *Clethra fimbriata* and *Prunus opaca*, which have a distribution of individuals in higher classes because

they are semi-light species. The spatial arrangement was added for *Clethra fimbriata* and *Nectandra laurel*, while for *Prunus opaca* the result varied according to the index, obtaining a random and aggregated arrangement. Natural regeneration was registered in all the categories of regeneration under study; the calculation of the importance value index (IVI) determined that for *Clethra fimbriata* and *Prunus opaca* the category that has the highest IVI is brinzal, for *Nectandra laurel* the category with the highest IVI is low latizal. The results of this research provide important guidelines to know the population structures of the forest species and in this way to have inputs that allow to know the ecological processes that occur in the forests for their management and conservation.

**Key words:** Ecology, population parameters, spatial distribution, structure, population density, natural regeneration.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los bosques andinos, considerados entre los sistemas biológicos más complejos y diversos del planeta (Aguirre et al., 2018; Tejedor et al., 2012), cumplen funciones ecosistémicas importantes para satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas, al proveer bienes y servicios ambientales, tales como frutos, madera, leña, fibras, medicinas, fauna silvestre, captura de CO<sub>2</sub>, regulación del clima y del agua, entre otros (López Camacho, 2007). La atención de los científicos hacia estos ecosistemas ha sido escasa en comparación para otros ecosistemas como los bosques húmedos tropicales (Bussmann, 2005). A pesar de su importancia, estos bosques son fuertemente degradados por distintas amenazas antrópicas, especialmente ganadería, cambio de uso del suelo para la agricultura, extracción de madera y, consecuentemente, deforestación; por lo tanto, son pocos los remanentes de este tipo de bosque que quedan en Ecuador, existiendo una reducción considerable de su diversidad biológica y de los bienes y servicios que proveen (Tejedor et al., 2012). En consecuencia, son ecosistemas con prioridad de conservación, por lo que se requiere generar conocimiento científico que permita entender aspectos de su dinámica, estructura y funcionamiento, a fin de proponer estrategias efectivas para su manejo y conservación.

Cabe destacar que, la dinámica de los ecosistemas andinos se basa en factores biológicos relacionados con la dinámica de crecimiento de especies vegetales, sobrevivencia, respuesta a factores exógenos y también en los procesos sucesionales que se dan luego de alteraciones antrópicas (Fournier, 1976; Fournier y Champartier, 1978; Aguirre et al., 2014). Estos procesos, a su vez, dependen de factores ambientales y características propias de las especies como su composición genética, tolerancia fisiológica a las condiciones ambientales, estrategias de adaptación y su interacción con otras especies (Smith y Smith, 2007).

Es importante, por lo tanto, que se generen conocimientos sobre los procesos biológicos y ecológicos que afectan las características estructurales de las poblaciones de especies vegetales que conforman el bosque andino. Los parámetros estructurales más importantes que se han usado para caracterizar poblaciones vegetales y que han permitido entender sus respuestas a las distintas condiciones ambientales, son cuatro: densidad poblacional, disposición espacial, estructura de la población y estado de la regeneración natural (Smith y Smith, 2007).

Dentro de los bosques andinos se encuentra alrededor de 9 865 de especies vasculares, la mitad de todas las especies de flora del Ecuador (Webster, 1995; MAE y FAO, 2015); además, alberga gran cantidad de especies endémicas. Muchas de estas especies se pueden aprovechar de manera sustentable conociendo todos los usos que se puede dar a las especies que aún no han sido estudiadas. Las especies nativas del bosque andino en el sur de Ecuador como *Clethra fimbriata* Kunth, *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees y *Prunus opaca* (Benth.) Walp, son especies de importancia ecológica y potencial económico para la región, por los usos que se puede dar a sus productos.

Las poblaciones de estas especies aún no han sido abordadas en estudios ecológicos en el sur de Ecuador. Por lo tanto, para cubrir este vacío de información, en esta investigación se realizó la caracterización de parámetros estructurales para las poblaciones forestales de *C. fimbriata*, *N. laurel* y *P. opaca*, especies que habitan en un área del bosque andino dentro del parque universitario “Francisco Vivar Castro” del sur de Ecuador

La presente investigación de tesis es parte del proyecto de investigación institucional denominada: “Procesos Ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro”, Fase II; que tiene por finalidad generar conocimientos científico-técnicos relacionados con la sucesión vegetal, dinámica poblacional, fenología y bancos de semilla; que servirán para recomendar protocolos de producción, uso y manejo de recursos vegetales.

Para el desarrollo de esta investigación de tesis se plantearon los objetivos:

#### Objetivo general

Evaluar la estructura poblacional de tres especies arbóreas y su regeneración natural mediante el estudio de parámetros poblacionales del bosque andino en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

#### Objetivos específicos

- Evaluar la estructura poblacional de tres especies forestales del bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, a través del estudio de la densidad poblacional, estructura de edades y disposición espacial.
- Evaluar el estado poblacional de la regeneración natural de tres especies forestales en el bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Poblaciones forestales**

Según Krebs (1993), Begon et al. (1998), Conner y Hartl (2004), Campbell y Reece (2005), Haeckel y Odum (2006) una población se define como un grupo individuos de la misma especie que se reproducen entre sí y que ocupan un espacio geográfico particular en un tiempo determinado. Por su parte Morlans (2004) menciona que una población es un grupo de individuos de la misma especie que viven en un espacio y momento determinados, ocupando un área generalmente heterogénea en cuanto a la disponibilidad de recursos. En una población local los individuos son más semejantes reproductivamente, que los individuos de otra población de la misma especie.

Hurtado (2012) y Encarnación (2019) al definir la ecología de poblaciones hacen referencia al estudio de la dinámica poblacional y a los factores que determinan ciertos aspectos como la abundancia y el tamaño poblacional en determinado lugar, así mismo las poblaciones poseen una estructura la cual está relacionada al porcentaje de individuos en varias clases de edades y al espacio que existe entre estos individuos. Según Terradas (2001), Heredia y Gil (2006) Las especies arbóreas son los vegetales que han alcanzado un mayor grado de control sobre el ambiente y tienen un papel predominante en la parte terrestre de la biósfera, siendo la base sobre la que se sustentan el resto de componentes de los ecosistemas forestales. El efecto de perturbaciones de origen antrópico y recurrente (por ej. fuego seguido de pastoreo) suponen la fragmentación de las masas y ponen en peligro la capacidad de cambio adaptativo y el mantenimiento a escala local de estas especies.

Según Guariguata (2002), Quesada y Quiros (2003) un fenómeno grave que está en la actualidad afectando el tamaño de la población efectiva es la fragmentación, pues las poblaciones de ciertas especies han quedado o se encuentran disyuntas, provocando la pérdida de su variabilidad genética.

### ***2.1.1. Estudio de poblaciones forestales***

El estudio de poblaciones forestales comprende el análisis de varias de sus características o propiedades de la población, según Morlans (2004) para el análisis de una población se estudian varios factores determinantes como la dimensión espacial, que hace referencia a la distribución de organismos en el espacio, y la dimensión temporal, que se manifiesta a través del cambio en sus atributos espaciales a través del tiempo. Una población posee características estructurales y dinámicas, las características estructurales se refieren al número de individuos (abundancia y densidad), biomasa total, proporción de edades y sexos, y distribución horizontal; mientras que, la dinámica se refiere a la curva e índice de crecimiento, tasa de mortalidad/natalidad, migraciones y supervivencia.

## **2.2. Características poblacionales**

Según Morlans (2004), Smith y Smith (2007) las poblaciones poseen varios caracteres entre los cuales se puede destacar cinco, éstos son: Abundancia: Total absoluto de individuos de una población; abundancia relativa: permite comparar dos o más situaciones; densidad: el número de individuos por unidad de área o espacio; proporción de edades y sexos; y, distribución espacial.

### ***2.2.1. Densidad poblacional***

La densidad poblacional, de manera general, se refiere al número de individuos por unidad de área, y es un parámetro muy importante para tener información sobre una serie de factores naturales o antrópicos que pueden afectar el tamaño de las poblaciones y su continuidad (Smith y Smith 2007). Aguirre y Aguirre (1999) proponen la fórmula para calcular la densidad poblacional.

$$Densidad\ absoluta = \frac{N^{\circ}\ total\ de\ individuos\ por\ especie}{Total\ del\ área\ muestreada}$$

### ***2.2.2. Estructura por edades***

La estructura etaria o de edades describe la proporción en la que se encuentra representadas cada una de las clases de edades en una población, y se corresponde con las tres etapas principales que definen el ciclo de vida de cualquier especie: etapa pre-reproductiva, reproductiva y pos-reproductiva; cuyo análisis ayuda a entender como es el crecimiento futuro de las poblaciones, es decir si estas están en crecimiento, en disminución o en una condición estable de sus tamaños en el tiempo (Smith y Smith 2007). Una gran cantidad de individuos de la clase de edad joven comparado con las clases de edad más viejas indica que la población está en crecimiento. Por el contrario, una gran proporción de individuos de las clases de edad más vieja comparada con las clases de edad joven sugiere que la población disminuye y que puede estar en peligro de desaparecer en un determinado sitio.

Según Morlans (2004) la clasificación de individuos por edades requiere de un buen conocimiento de la biología de la especie y generalmente se suele recurrir a ciertas características anatómicas como los anillos de crecimiento. Para el caso de especies arbóreas la estructura etaria se ha estudiado indirectamente a través de la organización de los individuos en clases diamétricas (Yaguana, Lozano y Aguirre, 2010). Un aspecto de interés en el estudio de la estructura etaria es que permite conocer el estado de la regeneración natural de una especie en un ecosistema.

### ***2.2.3. Disposición espacial***

La disposición espacial expresa la manera como los individuos de una población se ubican en el espacio (Figura 1), lo cual es un parámetro fundamental para entender las distintas estrategias que utilizan las especies para aprovechar los recursos del medio, especialmente tomando en cuenta que los paisajes no son homogéneos y por lo tanto no toda el área es un hábitat apropiado para el establecimiento de los individuos de una determinada especie (Smith y Smith 2007).

Según Morlans (2004) existen varios tipos de disposición espacial:

- Disposición al azar o aleatoria: sin regularidad o grado de afinidad alguna, sólo se da donde el ambiente es muy homogéneo y no hay atracción social. Caso raro en la naturaleza ya que necesitaría un medio totalmente homogéneo y que los individuos no mostraran ninguna tendencia a la agregación.

- Disposición uniforme: puede observarse cuando la competencia por los recursos es muy aguda (plantas de semidesierto). Una distribución uniforme tiene lugar cuando los animales maximizan la distancia entre sus vecinos y tiene lugar cuando existe una fuerte competencia entre los individuos o cuando hay un antagonismo que obliga a una separación regular entre ellos. Esto implica el establecimiento de territorios.

- Disposición agrupada: es irregular y no fortuita. Ocurre como respuesta a diferencias locales de hábitat (micro hábitat) en donde los individuos encuentran la mejor combinación de factores. La agregación responde también al modo de reproducción y dispersión de propágulos, comportamiento social, discontinuidad de ecotopos favorables, fuego recurrente, inundaciones recurrentes. La distribución agregada es la más frecuente en la naturaleza, y se produce por la tendencia a la agregación que hay en los individuos, así tanto las plantas como los animales tienden a esparcir sus semillas, colocar sus nidos o sus crías, en sus proximidades o en el mismo lugar habitado por ellos. Además, las agregaciones usualmente implican alguna clase de parche ambiental, o los organismos podrían ser atraídos por la reproducción, o forman agregados para reducir la depredación (ver Figura 1).

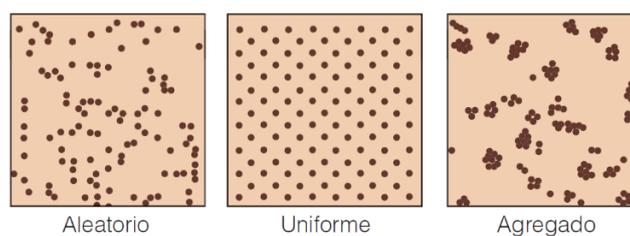


Figura 1. Modelos de distribución espacial.

Fuente: (Smith y Smith, 2007).

### **2.2.3.1. Métodos para evaluar la disposición espacial en especies vegetales.**

Autores como Juárez (2003), Martella (2012) y Encarnación (2019) realizaron una recopilación de algunos de los métodos que se emplean desde 1999 para determinar el tipo de disposición espacial de la vegetación, entre ellos están:

- a) Método de individuo más cercano: Se ubican puntos al azar y se miden las distancias entre cada punto y el individuo más cercano a él. Se obtienen tantas distancias como puntos al azar y se registra igual número de individuos.
- b) Método del vecino más cercano: Se elige el árbol más cercano al punto al azar y se mide la distancia entre el árbol y su vecino más cercano. Se obtienen tantas distancias como puntos y se registran dos veces más árboles que en el método anterior.
- c) Método de pares al azar: Se traza una línea imaginaria entre el punto de muestreo y el individuo más próximo a él, para luego trazar una perpendicular a esta línea que pase por el punto. Se mide entonces la distancia entre el individuo más próximo al punto, pero por fuera del ángulo de exclusión de  $180^\circ$ , del cual la primera línea imaginaria es la bisectriz ( $2^\circ$  integrante del par) y el primero individuo
- d) Métodos de los cuadrantes centrados: Con cada punto de muestreo como centro, se traza un par de coordenadas ortogonales; se mide la distancia entre el punto los cuatro árboles más cercanos ubicados encadenan uno de los cuadrantes. Por cada punto se obtienen cuatro distancias que se promedian y se registran cuatros árboles, se considera un número mínimo.

### **2.2.3.2. Índices para determinar la disposición espacial.**

#### **a) Coeficiente de Dispersión o índice de varianza media**

El índice de varianza/media (I) mide la desviación de un arreglo de los datos de la aleatoriedad. En este índice, los valores iguales a la unidad indican disposición espacial al azar o aleatorio; a los valores menores que la unidad indican disposición espacial regular o uniforme, y los valores

significativamente superiores a 1 muestran disposición agregada o contagiosa (Rabinovich, 1980). De acuerdo con la variación del número de individuos por parcela, si la distribución se asemeja a una distribución de Poisson la disposición es al azar, si es mayor a lo esperado ( $S^2 > \bar{X}$ ), la distribución es agregada y si la variación del número de individuos es menor a lo esperado ( $S^2 < \bar{X}$ ), es uniforme.

El coeficiente de dispersión o índice de varianza media (I) (Kerbs, 1999), explora un patrón de puntos mediante el recuento de estos por parcela aplicando la fórmula:

$$I = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

Donde

$S^2$  = Varianza de los organismos

$\bar{X}$  = Media de los organismos

Para determinar si el valor del coeficiente de dispersión ( $I$ ) se desvía significativamente de la unidad, es decir si efectivamente la varianza es mucho mayor que la media y que tal diferencia no es por errores aleatorios de medición se efectúa una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ : aplicando el estadístico de prueba:

$$t = \frac{\left(\frac{S^2}{\bar{X}}\right)}{\sqrt{\frac{2}{(n-1)}}}$$

### **b) Índice Morisita**

Debido a que el tamaño del cuadrante (UM) puede afectar la estimación del contagio, es deseable entonces tener una medida de dispersión independiente del tamaño de la unidad muestral. Supóngase que la población consiste en manchones de individuos de diferentes densidades y dentro de cada manchón los individuos están distribuidos de forma aleatoria; para situaciones como ésta se puede usar el modelo de Morisita (1959):

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

Dónde:

$I_d$  = Índice Morisita

$\sum X^2$  = Sumatoria de las frecuencias observadas al cuadrado

n = Número de muestra

### c) Índice Moran I

El Índice Moran I analiza el patrón de distribución de los valores de la entidad analizada, no de la entidad en sí misma, esta herramienta calcula el valor medio y la varianza del atributo que estamos evaluando y deduce si el patrón de distribución que presentan los datos es agrupado, disperso o aleatorio midiendo la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Esto implica que, siempre que los valores z y p obtenidos revelen que podemos rechazar la hipótesis nula, un índice de Moran mayor que 0 indicará una tendencia de los valores hacia la agregación (clustering); por el contrario, un índice menor que 0 indicará una tendencia de los valores hacia la dispersión (Baneya, 2016).

Siempre se parte de una hipótesis nula que establece que las entidades o los valores de las entidades se distribuyen de manera aleatoria; al realizar el análisis, obtendremos unos parámetros "z" y "p" que nos indicarán si esta hipótesis se cumple o no, es decir, si debemos rechazar la hipótesis nula (Baneya, 2016).

El índice de autocorrelación de Moran está dado por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2}$$

Donde  $z_i$  es la desviación de un atributo para la entidad i de su media ( $x_i - \bar{X}$ ),  $w_{ij}$  es el peso espacial entre la entidad i y j, n es igual al número total de entidades y  $S_0$  es el agregado de todos los pesos espaciales:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j}$$

Los análisis de patrones no generan capas si no informes que se pueden visualizar mediante un navegador de internet, seleccionando el archivo HTML de la ventana "Resultados" (Baneya, 2016).

### 2.3. Procesos poblacionales

Los procesos poblacionales hace referencia al estudio de dinámica de poblaciones y según Haeckel y Odum (2006) existen varios procesos poblacionales objeto de estudio, conocidos por sus iniciales como NIME (N: natalidad, I: inmigración, M: migración, E: emigración), además de la curva de crecimiento.

Según Begón et al. (1998), Campbell y Reece (2005) citado por Haeckel y Odum (2006) definen a estos procesos poblacionales como:

- Natalidad, comprende el origen de nuevos individuos vivos por parto, incubación, y por reproducción asexual como la germinación y/o escisión. La natalidad también se refiere a la tasa de nacimiento y puede expresarse como el número de organismos nacidos por hembra o por unidad de tiempo.
- La mortalidad es el número de individuos que mueren en una población, esta se encuentra relacionada con el tiempo de vida o longevidad de los individuos y por las condiciones del medio en el que la población habita.
- La inmigración es el movimiento de individuos en un solo sentido de una o varias poblaciones hacia una población receptora. Este movimiento produce el crecimiento de la población receptiva. La inmigración sucede cuando las condiciones fuera de la población original son mejores para la supervivencia de los organismos (es decir, alimento, espacio o época reproductiva).

- La emigración es el movimiento de individuos en un solo sentido hacia afuera de la población, produciendo la pérdida de individuos, esta sucede cuando las poblaciones son muy grandes y el hábitat no posee la capacidad para soportar el aumento en el número de individuos.
- Curvas de crecimiento: existen dos maneras de representar de forma gráfica el aumento de una población, la curva en “J”, que corresponde a un crecimiento de tipo exponencial, y la curva sigmoide o en “S”, que corresponde al llamado crecimiento logístico. El crecimiento exponencial se refiere al aumento proporcional de forma constante de una población es decir el 10 %, 50 %, lo cual induce a una superpoblación de individuos. El crecimiento logístico posee una fase de crecimiento lento lo cual provoca a una aceleración, luego en la fase de crecimiento se produce una desaceleración lo que ocasiona que finalmente el tamaño de la población se estabilice.

#### **2.4. Importancia de la regeneración natural en poblaciones forestales**

La regeneración natural es el proceso de producción, dispersión de semillas, germinación y establecimiento de la plántulas dentro de un ecosistema sin intervención antrópica, es fundamental para mantener la diversidad de especies dentro de los ecosistemas (Norden, 2014; Pérez, López, García, González y Rodríguez, 2013).

Al conocer el estado de la regeneración natural se puede tener una idea del estado actual de las especies y su proyección a futuro, es decir, si su regeneración natural es abundante significa que la especie no posee peligro alguno y que las condiciones del sitio son las óptimas para que esta se desarrolle, por el contrario, si su regeneración natural es escasa significa que la especie está siendo afectada por algún factor externo que puede causar la disminución de los individuos de una población.

Diversas son las investigaciones realizadas sobre regeneración natural de especies forestales, por ejemplo, Muñoz y Muñoz (2010) evalúan la regeneración natural de especies forestales en áreas sometidas a intervención y áreas no intervenidas con tratamientos silviculturales, analizaron variables como densidad, abundancia, tasa anual de reclutamiento y mortalidad. En sus resultados destacan la abundancia de regeneración natural de especies no comerciales, típicas del sotobosque mientras que las especies forestales, de interés comercial y objeto de estudio, su regeneración es escasa, solo el caso de *Nectandra membranacea* presentó una respuesta favorable a los tratamientos silviculturales con respecto a su regeneración natural; no obstante, aclara que el género *Nectandra* se desarrolla mejor bajo condiciones bajo sombra por lo que se considera una especie esciófita.

Jiménez (2015) evaluó la regeneración natural en tres ocasiones posteriores a la aplicación de tratamientos silviculturales, menciona que la aplicación de tratamientos silviculturales influye en la composición florística y en el número de individuos de regeneración natural, entre las familias más representativas en términos de especies fueron: Solanaceae, Lauraceae, Piperaceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Meliaceae. Además, considera que el proceso de regeneración en bosques tropicales de montaña es un proceso complicado, especialmente bajo efectos de la aplicación de tratamientos silviculturales.

Encarnación (2019) estudio de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don, en dos relictos boscosos del sur del Ecuador, determinó que la categoría de regeneración brinzal en el sitio I y el latizal alto en el sitio II presentaron el mayor número de individuos, concluyendo la importancia de tomar medidas para evitar el declive de la población de la especie en el sitio II.

## 2.5. Investigaciones realizadas sobre poblaciones forestales

Las investigaciones sobre poblaciones forestales son muy puntuales y para pocas especies, los estudios se centran en comunidades vegetales donde se estudian características a nivel de comunidad y no propiedades a nivel de población, estudios fenológicos, crecimiento inicial, dinámica poblacional, entre otros. Las investigaciones que centran sus estudios en poblaciones forestales, lo hacen para conocer características estructurales como disposición espacial, densidad y estructura de las mismas.

Palacios, Perea, Bellido, Caicedo y Abadia (2017) estudian la estructura poblacional de ocho especies maderables amenazadas en el departamento del Chocó-Colombia, caracterizan las poblaciones forestales a través de su disposición espacial, densidad y estructura por edades. Los principales resultados son los siguientes: para la disposición espacial utilizan el índice de dispersión Morisita con los siguientes resultados: *Cedrela odorata* (0,1), *Terminalia oblonga* (0,14), *Humiriastrum procerum* (0,067), *Dipterix oleífera* (0,059) *Hymenaea oblongifolia*, (0,607), *Carapa guianensis* (0,02) *Huberodendron patinoi* (0,025), en las cuales se evidencia una distribución uniforme y la especie *Anacardium excelsum* (1,02) es la única especie con una distribución agregada. En lo que respecta a densidad poblacional y estructura de edades, el resultado obtenido fue de 19,8 ind/ha, la mayor cantidad de individuos se ubicó en la categoría plántulas con 400 individuos. A nivel de especie, la más sobresalientes fueron *D. oleífera* (58,4 ind/ha) *H. oblogifolia* (58,8 ind/ha) y *A. excelsum* (54 ind/ha).

Encarnación (2019) estudió parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don en dos relictos boscosos del sur del Ecuador, utilizó el índice de Morisita estandarizado y obtiene como resultado un patrón de distribución agrupado para la especie, con un índice equivalente a 0,50 para el sitio I y 1,00 para el sitio II. Con respecto a la densidad poblacional los resultados obtenidos fueron de 136 ind/ha en el sitio I y 22 ind/ha en el sitio II. Y con respecto a la estructura de edad se obtuvo que en el sitio I la mayor cantidad de individuos

se encuentran en estadios jóvenes en la categoría brinzal y  $\leq 18,38$  cm (DAP), mientras que en el sitio II la mayor cantidad de individuos se encuentran en diámetros que van desde los 12,34 cm a 20,54 cm de DAP.

## 2.6. Descripción de las especies forestales de estudio

### a) *Prunus opaca* (Benth.) Walp.

- Taxonomía

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Prunus*

Epíteto específico: *opaca*

Autor: (Benth.) Walp. (Trópicos, 2020).

- Descripción Botánica

Según Minga y Verdugo (2013) es un árbol cilíndrico, leñoso; presenta numerosas ramificaciones de color gris oscuro visible; corteza gris oscuro, delgada, con ritidoma de color blanquecino; hojas alternas, helicoidales, ovadas o subcordiformes, base acorazonada de 4 – 10 cm de largo, y 3 – 5 cm de ancho, ápice ligeramente redondeado presentando dimorfismo foliar, borde entero sinuoso, nervadura reticular, pecíolo desde ovalo-lanceolado a ampliamente ovado, el haz es brillante de color verde oscuro, el envés de color verde azulado más claro, con venas prominentes; inflorescencia paniculada, consta de capullos de flores ovoide; flores principalmente pentámeras, sépalos de 4-5 libres de base, pétalos ovados con 3 lóbulos amplios de 5 mm de largo, su color va de rosado púrpura a rosado pálido de 15-60 mm; de 4 - 5 pétalos, lámina del pétalo con 3 lóbulos redondeados, androceo con estambres agrupados en cimas



Figura 2. Muestra botánica de *Prunus opaca* (Benth.) Walp.

Fuente: (Trópicos, 2020).

axilares, presenta de 3-4 o 5 lóculos, bifurcaciada en el estigma; el número de óvulos proporcional al número de lóculos con un ovario súpero (Figura 2).

- Fenología

Flores presentes durante todo el año

- Tipo de bosque:

Bosque siempreverde montano de la Cordillera Oriental y Occidental de los Andes.

- Distribución Geográfica:

En Ecuador se registra en las provincias de Carchi, Imbabura, Loja, Pichincha, Sucumbíos y Zamora, sobre los 2 500 msnm.

- Categoría

Nativo

- Usos

Producción de leña y carbón, maderable (construcción de casas), alimentación en estado tierno para ganado ovino.

- Ecología

Según Minga (2000) es un árbol poco común en la región, es poco frecuente en el bosque primario y secundario, al parecer no posee capacidad de rebrote y su regeneración natural es muy exigua y está restringida a sitios sombríos u húmedos principalmente de bosque primario. Sus fragantes y vistosas flores atraen a muchos insectos y sus hojas presentan herbivoría por parte de larvas de insectos.

**b) *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees**

- Taxonomía

Reino: Plantae

Phylum: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Nectandra*

Epíteto específico: *laurel*

Autor: Klotzsch ex Nees (Trópicos, 2020)

- Descripción Botánica

Según Minga y Verdugo (2013) es un árbol de hasta de 40 m de altura y diámetros hasta 100 cm, tronco cilíndrico y recto, con contrafuertes de 1 a 2 m, tabulares y planos, de 5 a 8 por tronco, copa densa redondeada, ramas ascendentes; corteza escamosa color café oscuro a negra, presenta escamas irregulares y granuladas y marcas protuberantes en el tallo; ramas verdes grisáceas con marcas protuberancias pálidas; hojas simples verdes oscuras y brillantes se distribuyen en espiral de 11 a 30 cm de largo y entre 4 a 10 cm de ancho, margen liso o entero, parte terminal en punta aguda; nervadura muy marcada en el envés, tienen fuerte olor a aguacate cuando se muele o estruja con las manos; hojas jóvenes color rosado a rojizo; flores en racimos de 15 a 25 cm de largo, muy pequeñas, menores a 1 cm de diámetro, forma de estrella color rosa y perfumadas; frutos globosos con promedio de 3 cm de largo y de 2 a 2,5 cm de ancho, superficie rugosa color morado oscura y brillante con una copa roja que contiene al fruto globoso, fruto comestible de sabor similar al aguacate, interior carnoso color verde amarillento y sabor dulce; semilla de forma ovoide de 18 a 25 mm de largo, color café verdoso (Figura 3).



Figura 3. Muestra botánica de *Nectandra Laurel* Klotzsch ex Nees.

Fuente: (Trópicos, 2020).

- Fenología

Fase de floración se presenta en el mes de noviembre

- Tipo de bosque:

Bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes;

Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes.

- Distribución Geográfica

Desde el Sur de México hasta Honduras, En Ecuador desde 1800 hasta 2500 msnm. En las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Loja, Napo y Pichincha.

- Categoría

Nativo de los Andes

- Usos

Maderable usado en construcción de casas, muy apreciado por la duración de su madera y el color amarillo claro del mismo, además es usada en la elaboración de muebles. Como postes para cercas.

### c) *Clethra fimbriata* Kunth

- Taxonomía

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Clethraceae

Género: *Clethra*

Epíteto específico: *fimbriata*

Autor: Kunth (Trópicos, 2020).



Figura 4. Muestra botánica de *Clethra fimbriata* Kunth.

Fuente: (Trópicos, 2020).

- Descripción Botánica

Según Minga y Verdugo (2013) es un árbol perennifolio de hasta 15 m de alto; corteza que se desprende en escamas; hojas simples, alternas, elípticas, de hasta 14 cm de largo x 6 cm de ancho, margen aserrado, haz verde oscuro, envés color café, con pubescencia, más densa a lo largo de los nervios; inflorescencias en forma de racimos de unos 10 cm de largo; flores de color crema de unos 8 mm de diámetro; frutos en forma de cápsulas redondas con 3 cavidades que se abren por sí solas para liberar las semillas, miden unos 5 mm de diámetro (Figura 4).

- Fenología

Fructificación y floración presentes durante todo el año.

- Tipo de bosque:

Bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental de los Andes; Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental de los Andes.

- Distribución Geográfica

Especie nativa de los Andes, distribuida entre 2000 a 3600 msnm. En Ecuador en las provincias de Loja, Azuay, Cañar y Pichincha.

- Categoría

Nativa

- Usos

Madera usada como leña y para la elaboración de carbón vegetal. La madera puede ser usada en carpintería y ebanistería.

- Ecología

Según Minga (2000), *Clethra fimbriata* es un elemento importante de los bosques andinos del sur del país, crece particularmente en sitios de vegetación secundaria y es muy frecuente observarla en las riberas de pequeños ríos y quebradas, no presenta capacidad de rebrote y su

regeneración natural es muy escasa. Sus fragantes flores atraen a muchos insectos que aparentemente le ayudan en su polinización

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el periodo académico octubre 2019- marzo 2020, el área de muestreo fue el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, que está ubicado en La Argelia, parroquia San Sebastián, cantón Loja, es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, a 5 km de la vía Loja-Vilcabamba, tiene una superficie de 99,2 ha, se desarrolla en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm. Localizado entre las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223N, 700 970 – 9 553 139S - 701 309 – 9 553 171E, 699 961 – 9 554 049W (Figura 5). En su extensión existen cinco ecosistemas: bosque andino con una superficie de 16,24 hectáreas, matorral, páramo antrópico, bosque mixto de *Juglans neotropica*, plantaciones de pino y eucalipto (Aguirre *et al.*, 2016).

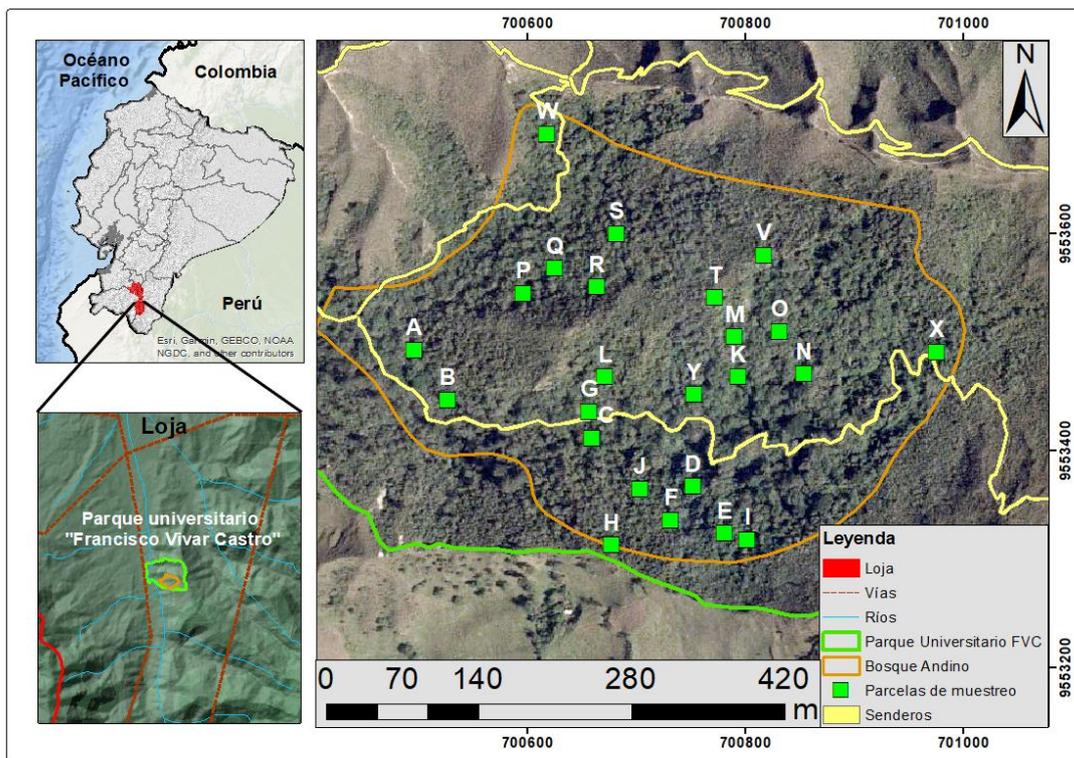


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio y distribución de las parcelas de muestreo en el parque universitario "Francisco Vivar Castro".

### 3.2. Criterios de selección de las especies forestales de estudio

Se seleccionaron tres especies forestales en función de su importancia ecológica, densidad para el bosque andino y por sus potenciales usos. Estas especies fueron *Clethra fimbriata* Kunth, *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees y *Prunus opaca* (Benth.) Walp. El valor ecológico de las especies se obtuvo de la investigación realizada por Reyes (2017), sobre levantamiento florístico, estructura y endemismo del componente leñoso del bosque montano del parque, seleccionando las especies con el índice de valor de importancia ecológica más alto y densidades superiores a 50 ind/ha. El uso de las especies fue consultando en el Catálogo de Plantas Útiles del Ecuador; esta publicación ratificó la importancia de las especies para la sociedad, pues todas tienen una utilidad en diferentes categorías como: combustibles, materiales, alimentos, medicina y usos medioambientales (De la Torre et al, 2008).

### 3.3. Diseño del Muestreo

Se utilizó un diseño de muestreo sistemático, para lo que sobrepuso una malla de 20 x 20 metros sobre toda la superficie del bosque nativo. Esto se realizó con la ayuda del software libre Qgis.

#### 3.3.1. Unidades de muestreo, forma y tamaño

Las unidades de muestreo fueron parcelas temporales, de forma cuadrada y de tamaño 20 x 20 metros, dentro de las mismas se consideraron también parcelas anidadas de tamaño 5 x 5 metros y de 2 x 2 m (Figura 6).

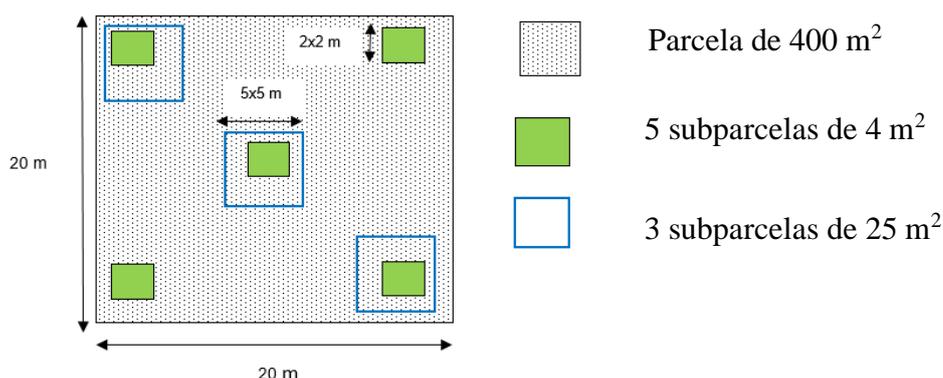


Figura 6. Forma y tamaño de unidades de muestreo.

### ***3.3.2. Tamaño de la población y número de unidades de muestreo***

El tamaño de la población estadística (N) se definió con la fórmula:  $N = (\text{Área total a muestrear}) / (\text{Área de la parcela})$ . Para el presente estudio se obtuvo un total de 406 parcelas, de 20 m x 20 m, esto producto de sobreponer una cuadrícula sobre la superficie del bosque. Para contar con unidades de muestreo completas y evitar efecto de borde se excluyeron todas las parcelas que intersecaron con el perímetro del bosque nativo y con los senderos que lo atraviesan, quedando un N de 239 parcelas.

El número de unidades de muestreo o tamaño de la muestra se determinó en función de la fórmula  $n = N \cdot i$ , donde (n) es la unidad de muestreo, (N) es el tamaño de la población estadística e (i) es la intensidad de muestro. Se trabajará con una intensidad de muestreo de 10 %. En este sentido, el tamaño de la muestra para el estudio poblacional de las tres especies forestales fue de 24 parcelas (0,96 ha).

### **3.4. Metodología para evaluar la estructura poblacional de tres especies arbóreas**

La estructura poblacional de las tres especies arbóreas se evaluó mediante el estudio de la densidad poblacional, estructura de edades y disposición espacial.

En territorio la información se registró en un formulario de campo, considerando las siguientes variables (Anexo 1):

- **Número de árbol:** corresponde al número de árbol por especie encontrado en cada parcela de muestreo.
- **Número de faja:** corresponde al área donde está ubicado el árbol dentro de la parcela de 20 x 20 m.
- **Ubicación del árbol respecto de X e Y:** corresponde a la ubicación geográfica de cada árbol, respecto del eje Y, orientado al Norte, y el eje X que corresponde a la distancia de un árbol respecto al eje Y. Esta información servirá para generar la georreferenciación de cada uno de los árboles.

- **DAP:** significa diámetro a la altura del pecho, se medirá a 1,30 m de la superficie del suelo. Su medición se realizó con una cinta diamétrica y se expresa en centímetros. Se midieron todos los árboles con diámetro igual o superior a 10 cm.
- **Altura total:** representa la altura total del árbol medido desde el nivel del suelo hasta la parte alta de la copa del árbol. Su medición se realizó con un hipsómetro y se expresó el valor en metros.
- **Posición de la copa:** se refiere a la ubicación de la copa en la estructura vertical del bosque, pudiendo ser: i) dominantes, árboles con copas que se extienden sobre el nivel general del vuelo y que reciben plena luz desde arriba y parcialmente desde los lados; ii) codominantes, árboles con copas formando el nivel general del vuelo y que reciben luz plena desde arriba pero relativamente escasa desde los lados; iii) intermedias, árboles más cortos que los de las dos clases precedentes pero cuyas copas se extienden en el vuelo formado por los pies codominantes y los dominantes; reciben luz directa escasa desde arriba y ninguna desde los lados; generalmente de copas pequeñas y apretadas por los lados; iv) suprimidos, árboles con copas enteramente por debajo del nivel general del vuelo, recibiendo poco luz de arriba y de los lados.
- **Diámetro de la copa:** es una forma de estimar el área de la copa en función de la medición de los diámetros de la misma. Se tomó como referencia las proyecciones de los extremos de la copa del árbol sobre el suelo y se midieron estas distancias en dos direcciones: Norte-Sur y Este-Oeste. El promedio entre las dos medidas constituyó el diámetro promedio de la copa.
- **Observaciones:** se registró cualquier otra característica o particularidad identificada en campo y que pudo resultar útil para la investigación.

### 3.4.1. Densidad poblacional

La densidad poblacional se obtuvo a partir de la abundancia o número total de individuos de cada especie, el mismo que se determinó a partir del muestreo realizado en las 24 parcelas de 20 x 20 m, distribuidas en el bosque nativo.

El registro de la densidad poblacional se realizó mediante el conteo de cuadrantes, que consistió en demarcar la parcela de forma precisa y luego se registraron todos los árboles con DAP  $\geq 10$  cm. Para facilitar el cálculo de la densidad poblacional se ordenó la información según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Registro del número de individuos por parcela.

Cód. de parcela	Especie	Número de individuos
1		$x_1$
2		$x_2$
3		$x_3$
$n \dots$		$x_n$
Total		$\sum_{i:1,2,\dots,n} x_i$

En base a los datos de la tabla 1 se obtuvo la abundancia o número de individuos de la población, que constituye la sumatoria del número de individuos de cada especie en todas las parcelas de estudio. La densidad poblacional se obtiene en función de la relación del número total de individuos de una especie encontrados ( $\sum x_i$ ) y la superficie muestreada (A) (Aguirre y Aguirre, 1999)

$$D = \frac{\text{Número total de individuos de la especie}}{\text{Total de área muestreada}}$$

### ***3.4.2. Estructura por edades***

Para este estudio, el criterio para clasificar los individuos de las especies forestales por edad fue en función de la madurez sexual dada por el agrupamiento de los individuos en clases diamétricas, información obtenida de las mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles  $\geq$  a 10 cm.

La información se graficó en un plano cartesiano colocando en el eje de las abscisas la distribución de individuos por clase diamétricas, y en el eje de las ordenadas se representó el número total de individuos de las especies.

### ***3.4.3. Disposición espacial***

La disposición espacial de las especies arbóreas se estudió por cuatro métodos: coeficiente de dispersión o índice de varianza media, índice de Morisita estandarizado, el índice Moran I y por el método de interpolación estadística.

#### **a) Coeficiente de dispersión o índice de varianza media**

El coeficiente de dispersión o índice de varianza media ( $I$ ) (Kerbs, 1999), explora un patrón de puntos mediante el recuento de estos por parcela, se aplicó la fórmula:

$$I = \frac{S^2}{X}$$

Donde

$S^2$  = Varianza de los organismos

$X$  = Media de los organismos

Para determinar si el valor del coeficiente de dispersión ( $I$ ) se desvía significativamente de la unidad, es decir si efectivamente la varianza es mucho mayor que la media y que tal diferencia no es por errores aleatorios de medición se efectuó una prueba de hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ : aplicando el estadístico de prueba:

$$t = \frac{(S^2/\bar{X}) - 1}{\sqrt{2/(n-1)}}$$

El tipo de dispersión o distribución espacial fue en función de la tabla 2

Tabla 2. Categorías de disposición espacial en función de la variación de número de individuos por parcela.

Disposición	Variación de número de individuos por parcela		
	Azar	Distribución de Poisson	Varianza = media
Agregada	Mayor a lo esperado	Varianza > media	>1
Uniforme	Menor a lo esperado	Varianza < media	<1

#### b) Índice de Morisita estandarizado

Primero se realizó el cálculo del Índice de Morisita (1959) con la siguiente 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:

Id= Índice de Morisita

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

$n$  = Tamaño de la muestra.

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

Posteriormente, se realizó el cálculo de los dos valores críticos para el Índice de Morisita (Id), que fueron:

- Índice de Uniformidad:

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

Dónde:

$X^2_{(0.975)}$  = 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

n = Tamaño de la muestra (número de cuadrantes)

- Índice de Agregación

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

Dónde:

$X^2_{(0.975)}$  = 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 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 ( $I_p$ ), es importante saber que 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 con la Tabla 3.

Tabla 3. Cálculo e 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 al azar
$1.0 > I_d > M_u$	$I_p = -0.5 \left( \frac{I_d - 1}{M_u - 1} \right)$	$I_p < 0$	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

La significación estadística de la desviación del índice con respecto al cero se probó mediante la aplicación del estadístico Chi-cuadrado ( $X^2$ ) con la siguiente fórmula:

$$X^2 = I_d * (\sum X - 1) + n - \sum X$$

Donde,

$X^2$ : Estadístico Chi-cuadrado

$I_d$ : Índice de Morisita

X: número de individuos de la especie i

### c) Índice de Moran I

El índice de Moran I, constituye un análisis de autocorrelación espacial, constituye una herramienta de análisis de patrones, del conjunto de herramientas de estadísticas espaciales del programa Arcgis. Los datos utilizados fueron los individuos mayores a 10 cm de DAP, en la base de datos a las especies de interés se asignó el valor "1" individualmente en cada proceso y a los demás individuos se asignó el valor "0", una vez subido al software Arcgis se seleccionó el campo y el dato para analizar y se activó la casilla para que el programa genere el informe de resultados correspondiente ('Generate report'), el resto de parámetros aparecen por defecto. Se parte de una hipótesis nula que establece que las entidades o los valores de las entidades se distribuyen de manera aleatoria o al azar; al realizar el análisis, se obtendrá los parámetros "z" y "p" que indicarán si esta hipótesis se cumple o no, es decir, si se debe rechazar la hipótesis nula (Baneya, 2016). Cuando el valor "p" que devuelve esta herramienta es estadísticamente significativo, puede rechazar la hipótesis nula (Tabla 4).

Tabla 4. Tabla resumen para la interpretación de resultados de las entidades p y z

<p>El valor p no es estadísticamente significativo.</p>	<p>No puede rechazar la hipótesis nula. Es posible que la distribución espacial de los valores de entidades sea el resultado de procesos espaciales aleatorios. El patrón espacial observado de los valores de entidades podría ser cualquiera de las tantas versiones posibles de aleatoriedad espacial completa (CSR).</p>
<p>El valor p es estadísticamente significativo y la puntuación z es positiva.</p>	<p>Puede rechazar la hipótesis nula. La distribución espacial de los valores altos y los valores bajos en el dataset está más agrupada espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios.</p>
<p>El valor p es estadísticamente significativo y la puntuación z es negativa.</p>	<p>Puede rechazar la hipótesis nula. La distribución espacial de los valores altos y los valores bajos en el dataset está más dispersa espacialmente de lo que se esperaría si los procesos espaciales subyacentes fueran aleatorios.</p>

#### d) Interpolación estadística

La interpolación estadística se utilizó para validar la disposición espacial obtenida por medio de los índices analizados. El método de interpolación estadística utilizado fue el IDW (Inverse Distance Weighting) del módulo de análisis geo estadística del software Qgis. Este método se basa en el principio que cada punto ejerce una influencia sobre el punto a determinar y disminuye en función de la distancia, el cual utiliza un algoritmo simple basado en distancias donde asume que cada punto de entrada tiene una influencia local que disminuye con la distancia (Chamorro, 2011).

### 3.5. Metodología para evaluar el estado poblacional de la regeneración natural de las tres especies en estudio

Para evaluar la regeneración natural, en las parcelas temporales, se instalaron unidades de muestreo de diferentes tamaños, dependiendo de la categoría de regeneración natural analizada. Se evaluó la regeneración natural del bosque, considerando las especies arbóreas y arbustivas. Posteriormente, se contabilizaron todos los individuos de las tres especies arbóreas en estudio, agrupando en categorías de regeneración (Cárdenas, 2008), que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Categorías de regeneración natural utilizadas para evaluar el estado poblacional de las especies forestales.

<b>Categorías de regeneración</b>	<b>Descripción de la categoría</b>	<b>Tamaño de la unidad de muestreo</b>
Brinzal	0,30 a 1,5 m de altura	2 m x 2 m
Latizal bajo	Mayor a 1,50 m de altura y hasta 4,99 cm de DAP	5 m x 5 m
Latizal alto	Mayor o igual a 5 cm hasta 9,99 cm DAP	20 m x 20 m

Para regeneración natural se registraron las siguientes variables:

- **Nombre científico:** se registra el nombre científico, común o morfoespecie de la categoría de regeneración natural.
- **Número de individuos de regeneración natural por categoría:** corresponde al nombre de la categoría de regeneración considerada para las tres especies arbóreas, que son tres: brinzal, latizal bajo y latizal alto.
- **Número de individuos totales:** se registra el número de individuos por categoría de regeneración encontrada en la parcela anidada (Tabla 6).

Tabla 6. Hoja de campo para la recolección de datos en parcelas de estudio de la regeneración natural

Nombre científico	Número de individuos de regeneración natural por categoría			Número total de individuos
	Brinzal	Latizal bajo	Latizal alto	

Con estos datos se calculó los parámetros estructurales para la regeneración natural: densidad, densidad relativa, frecuencia y el índice de valor de importancia IVI por especie y categoría, aplicando las expresiones recomendadas por Aguirre (2019); Orozco y Brumer (2002), descritos en la tabla 7.

Tabla 7. Parámetros estructurales de la vegetación aplicados a la regeneración natural.

Parámetro	Fórmula
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	$D = \frac{\text{Número de individuos por categoría}}{\text{Total área muestreada}}$
Densidad relativa (%)	$DR = \frac{\text{Número de Individuos de la especie por categoría}}{\text{Número total de individuos de todas las categorías}} \times 100$
Frecuencia relativa (%)	$FR = \frac{\text{Número de parcelas en las que se inventaria las categorías}}{\text{Sumatoria de frecuencia de todas las categorías}} \times 100$
Índice valor de importancia simplificado (%)	$IVI = \frac{DR + FR}{2}$

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Evaluación de parámetros poblacionales de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca*.

#### 4.1.1. Densidad poblacional

Se registran 62 individuos con diámetro a la altura del pecho superior e igual a 10 cm (ver Anexo 5). El 50 % de los individuos corresponde a *C. fimbriata*, el 15 % a *N. laurel* y el 35 % a *P. opaca*. En la Tabla 8 se presenta el número de individuos y densidad poblacional para cada una de las especies.

Tabla 8. Número de individuos y densidad poblacional de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nombre científico	Área de muestreo (ha)	Número de individuos	Densidad poblacional (ind/ha)	Desviación estándar
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	0,96	31	32	± 69,74
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	0,96	9	9	± 31,11
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp	0,96	22	23	± 29,41

#### 4.1.2. Estructura de edad

La estructura de edad en función de clases diamétricas para *C. fimbriata*, *N. laurel* y *P. opaca* se presenta en la Figura 7. Para *C. fimbriata*, la mayor cantidad de individuos se concentran en las dos primeras clases diamétricas, de 10 cm a 20 cm, que representa el 87 % (27 individuos) del total de registros para esta especie; mientras que el 13 % restante de individuos se distribuyen en las clases de 20 cm a 30 cm, con un vacío en la clase diamétrica de 25 a 29,99 cm. Para *N. laurel*, los individuos se concentran en las dos primeras clases de DAP, que va en el rango de 10 cm a 20 cm (Figura 7).

*Prunus opaca* posee mayor número de individuos en la primera clase diamétrica, en el rango de 10 cm a 14,9 cm presenta el 50 % (11 individuos) del total de registros para esta especie; en las siguientes clases diamétricas que va desde 15 cm y mayores a 30 cm presenta el 50 % (11 individuos), con un vacío en la clase diamétrica de 25 a 29,99 cm (Figura 7).

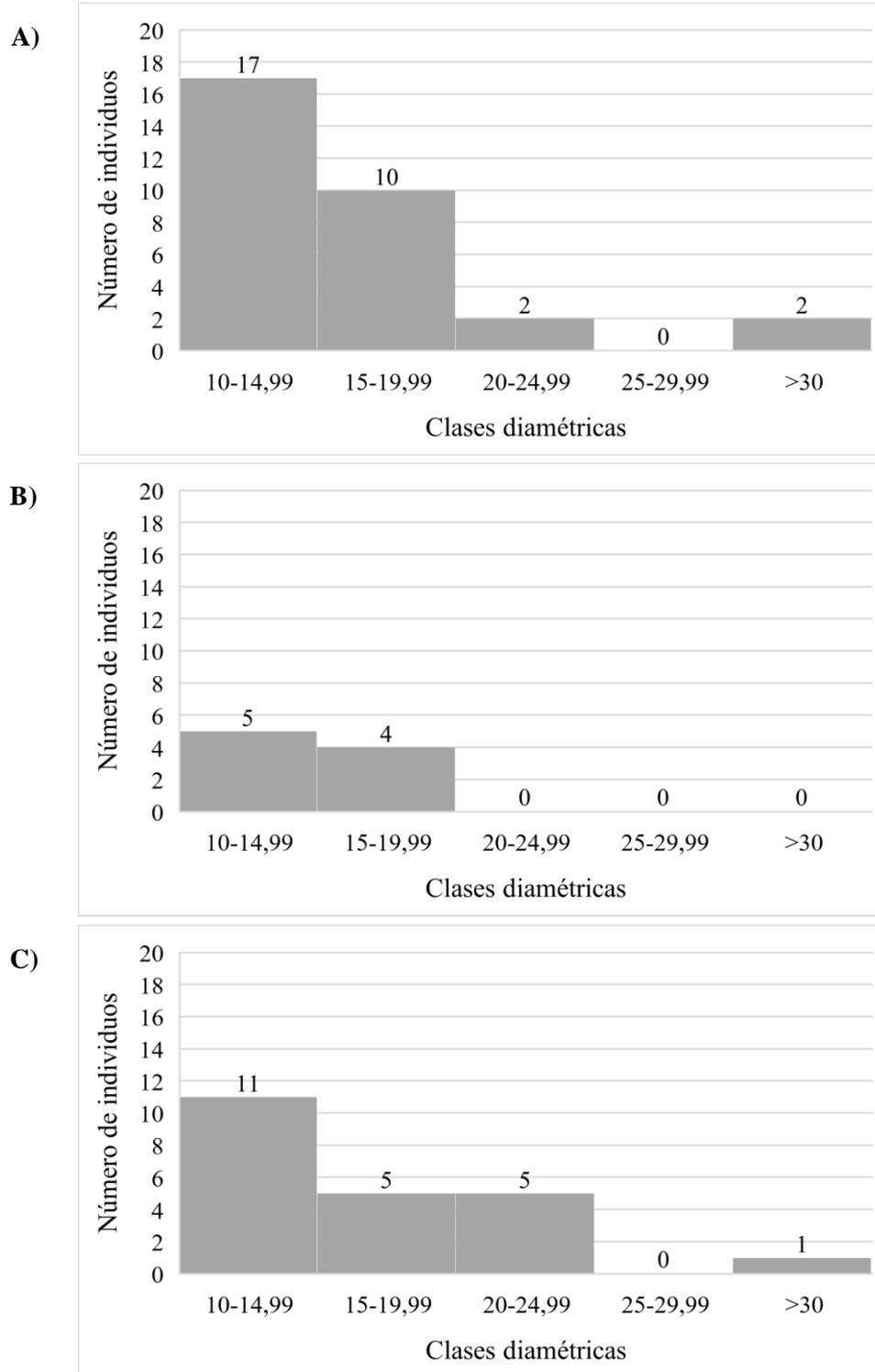


Figura 7. Estructura de edades en función de las clases diamétricas de A) *Clethra fimbriata*, B) *Nectandra laurel* y C) *Prunus opaca* en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

### 4.1.3. Disposición espacial de las tres especies en estudio

En la Tabla 9 se presenta el tipo de disposición espacial para las tres especies forestales en estudio. Los tres índices utilizan pruebas de hipótesis para comprobar que la disposición espacial de cada una de las especies es verdaderamente diferente al azar.

De acuerdo al coeficiente de dispersión o índice de varianza media, los valores obtenidos fueron mayores a 1 y aplicando la prueba estadística “t” ratificó como resultado un patrón de disposición espacial agregado para *C. fimbriata* y *N. laurel*, mientras que para *P. opaca* el patrón de disposición fue al azar (ver Anexo 6).

Los valores obtenidos con el índice Morisita estandarizado fueron de 0,57, 0,67 y -0,52 para *C. fimbriata*, *N. laurel* y *P. opaca* respectivamente y aplicando la prueba estadística Chi-cuadrado ratificó como resultado un patrón de disposición espacial agregado para *C. fimbriata* y *N. laurel*, mientras que para *P. opaca* el patrón de disposición fue al azar (ver Anexo 6).

Tabla 9. Valores de los índices y tipos de disposición espacial para las especies forestales *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nombre científico	Coeficiente de dispersión o Índice de varianza media		Índice Morisita estandarizado ( $I_p$ )		Índice de Moran I	
	Resultado	Patrón de Distribución	Resultado	Patrón de Distribución	Resultado	Patrón de Distribución
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	6,02	Agregado	0,57	Agregado	0,369	Agregado
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4,13	Agregado	0,67	Agregado	0,218	Agregado
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp	1,51	Al azar	-0,52	Al azar	0,036	Agregado

Mediante la aplicación de índice de Moran I, para *C. fimbriata*, se obtuvo un valor de 0,369 con un valor  $Z = 16,34$  y  $P = 0,00$ , concluyendo así que el patrón de distribución es agregado, con una probabilidad de menos del 1 % de que este patrón agregado podría ser el resultado de una probabilidad aleatoria (Figura 8).

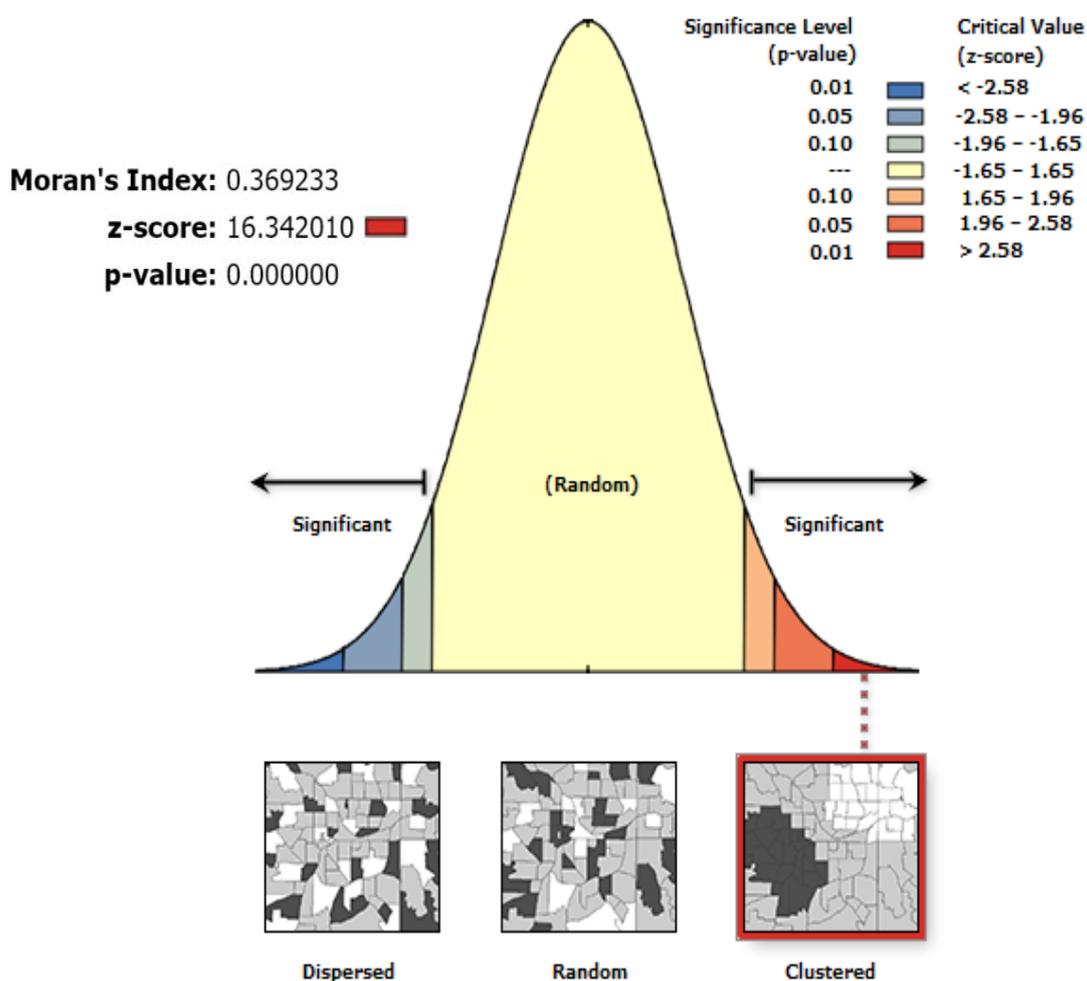


Figura 8. Índice Moran para *Clethra fimbriata* Kunth dentro del bosque andino del PUFVC.

Para *Nectandra laurel*, el índice de Moran I fue de 0,218; con un valor  $Z = 10,15$  y  $P = 0,00$ , concluyendo que el patrón de distribución es agregado, con una probabilidad de menos del 1 % de que este patrón agrupado podría ser el resultado de una probabilidad aleatoria (Figura 9).

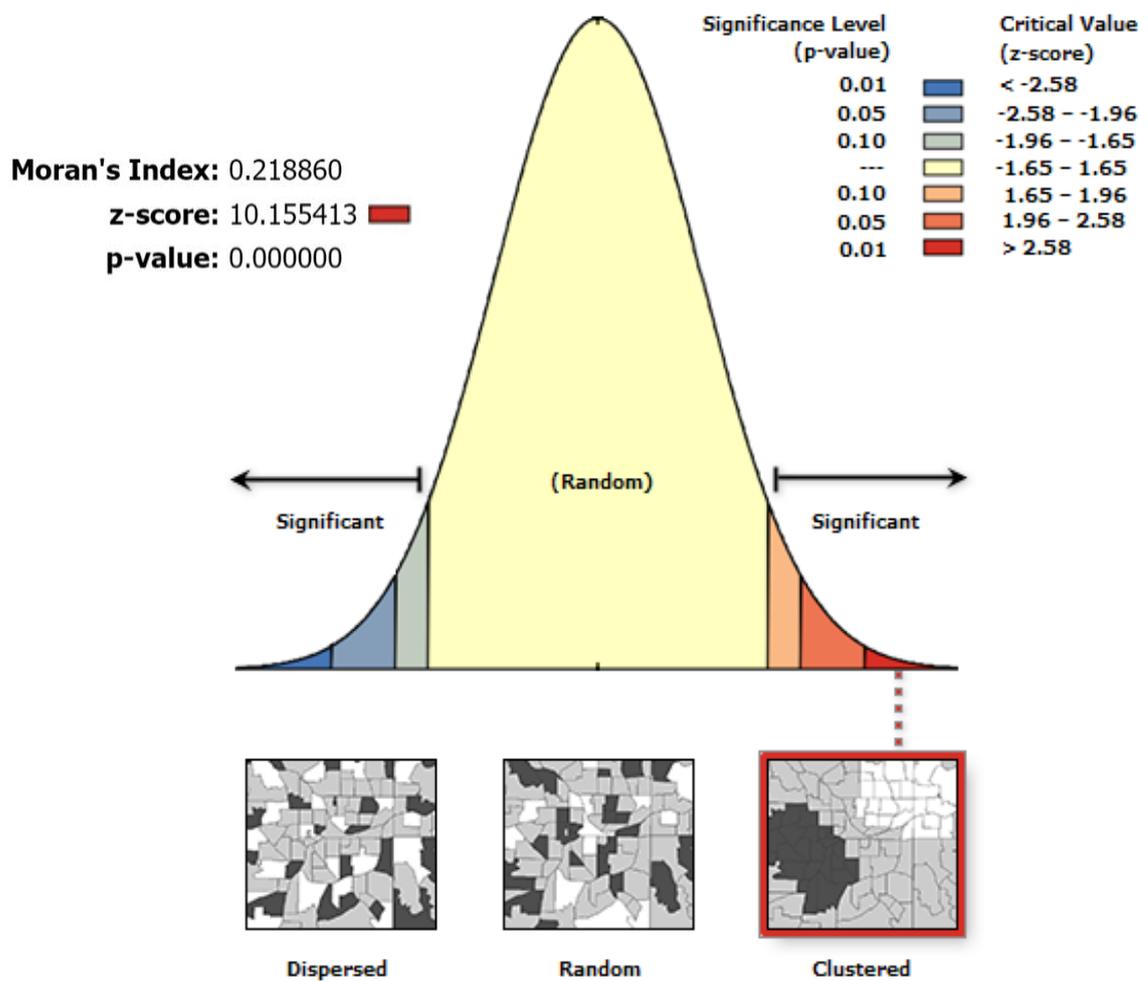


Figura 9. Índice Moran para *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees dentro del bosque andino del PUFVC.

Para *Prunus opaca* el índice de Moran I fue de 0,036; con un valor  $Z = 1,726$  y  $P = 0,08$ , la disposición espacial es agregada, con una probabilidad de menos del 10 % de que este patrón agrupado podría ser el resultado de una probabilidad aleatoria (Figura 10).

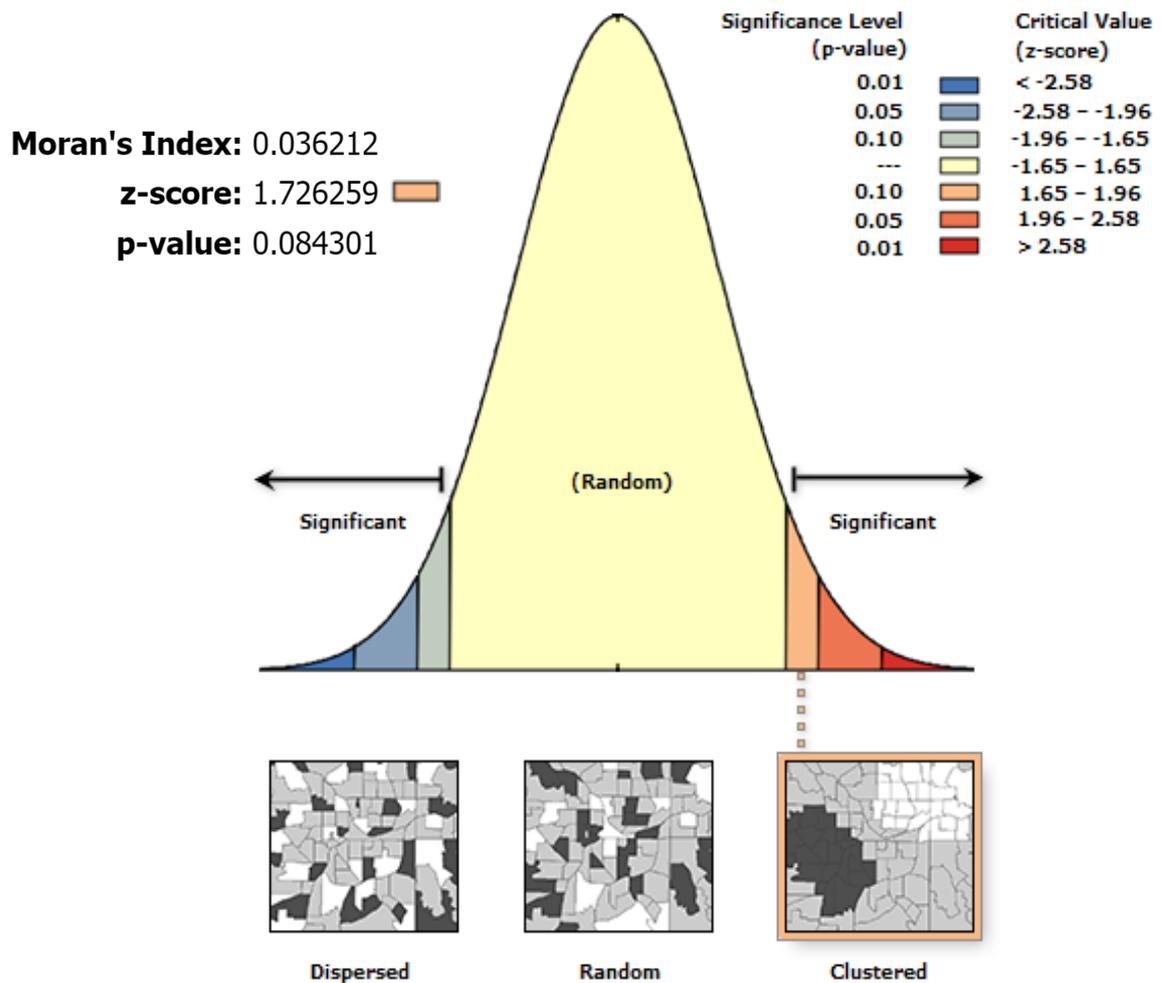


Figura 10. Índice Moran para *Prunus opaca* (Benth.) Walp. dentro del bosque andino del PUFVC.

Con el método de interpolación estadística IDW se trató de validar el tipo de disposición espacial obtenido con los índices. La interpolación se realizó para el área total de estudio y para diferentes parcelas representativas para cada una de las especies estudiadas.

Para *Clethra fimbriata*, con presencia en 8 parcelas de las 24, da como resultado una distribución agregada, ya que se observa la formación de islas o grupos (Figura 11).

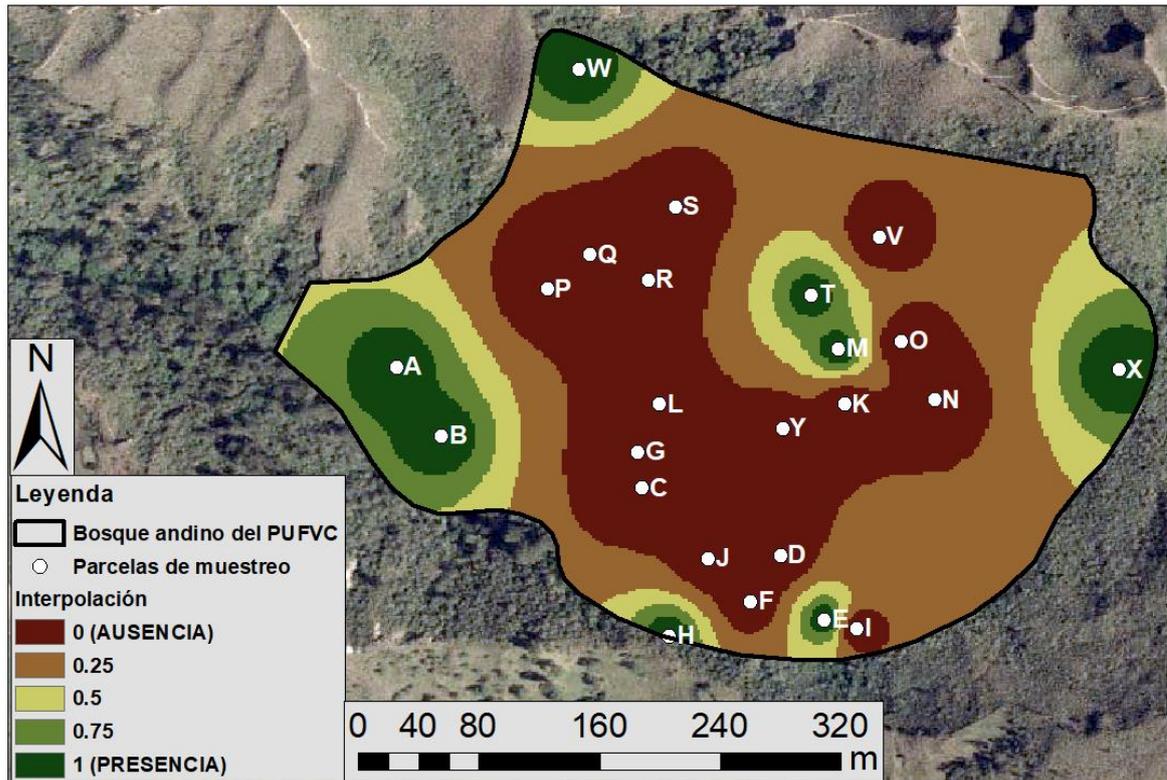


Figura 11. Disposición espacial de *Clethra fimbriata* Kunth en el bosque nativo del parque universitario Francisco Vivar Castro.

Dentro de las parcelas donde existe *C. fimbriata*, los individuos tienden a ubicarse en una posición cercana, por ejemplo, en la parcela B se evidencia el mayor número de individuos de la especie con 11 individuos (Figura 12 a); en la parcela H con un total de 6 individuos también se evidencia la cercanía entre individuos (Figura 12 b).

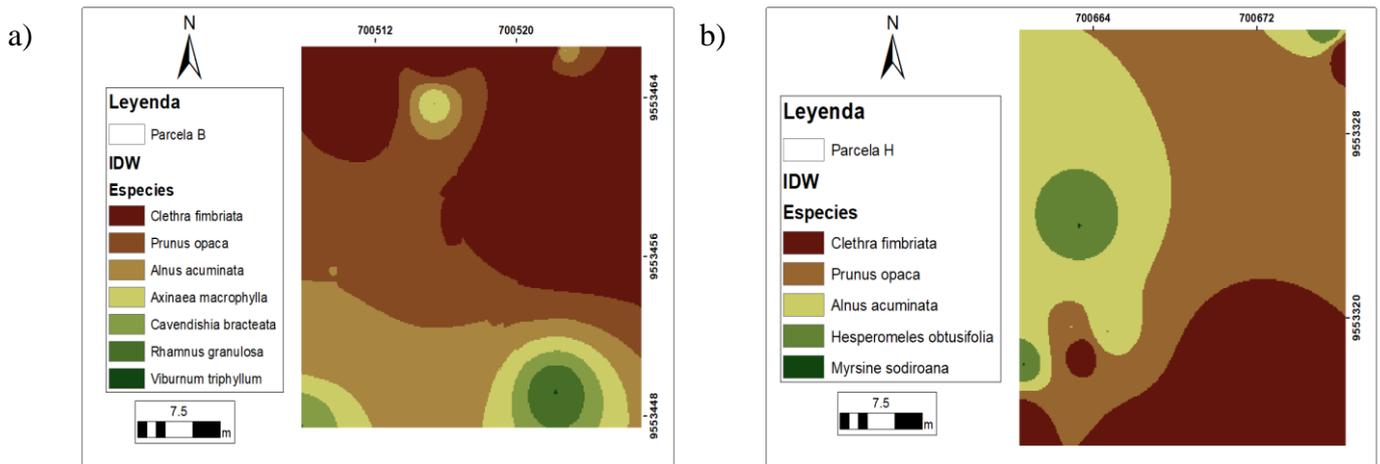


Figura 12. Disposición espacial de individuos de *Clethra fimbriata* dentro de las parcelas: a) parcela B; b) parcela H.

Para *N. laurel*, presente en cuatro parcelas, al momento de extrapolar los valores para toda el área de estudio se evidencia también una agrupación de la especie similar a una disposición agregada (Figura 13).

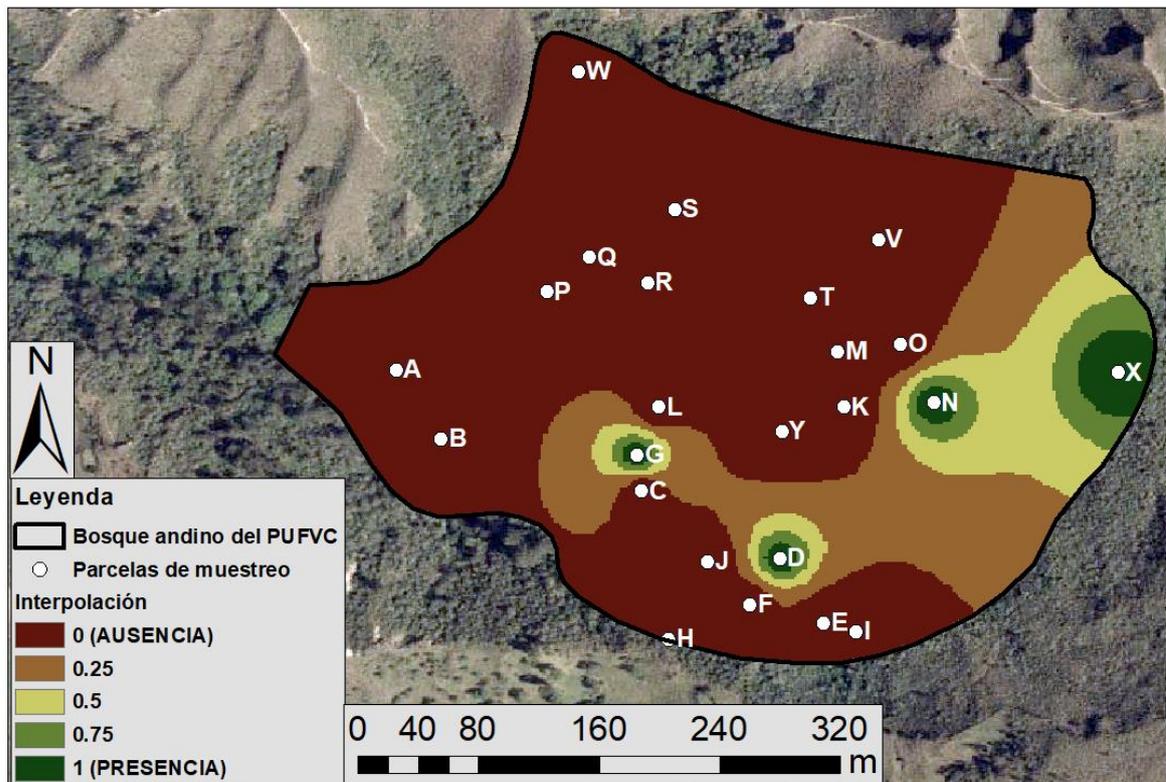


Figura 13. Disposición espacial de *Nectandra laurel* Klotzsch ex Nees en el bosque nativo del parque universitario Francisco Vivar Castro.

A nivel de parcela, con el método de interpolación, la especie presenta una disposición semejante al azar. En la Figura 14, se presenta esta distribución de la especie en las parcelas N y D, con un número de individuos de 6 y 1 respectivamente.

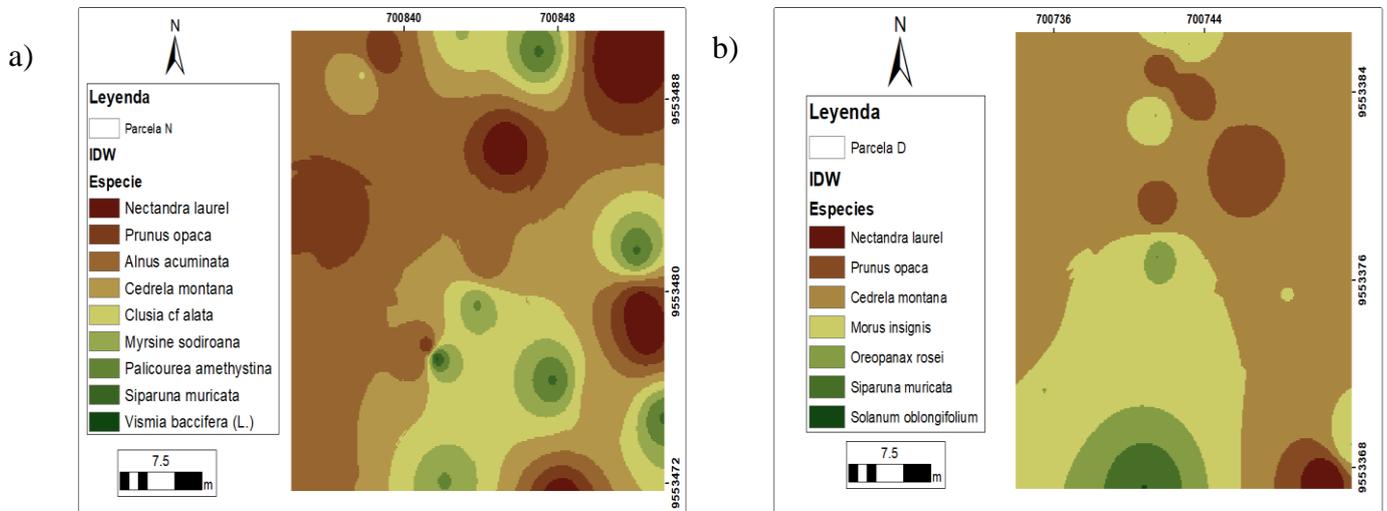


Figura 14. Disposición espacial de individuos de *Nectandra laurel* dentro de las parcelas: a) parcela N; b) parcela D.

*Prunus opaca* está presente en 11 parcelas dentro de la zona de estudio, la interpolación generó la formación de áreas regulares, pequeñas islas y más dispersas por el área de estudio que se asemeja a una disposición más aleatoria que agregada (Figura 15).

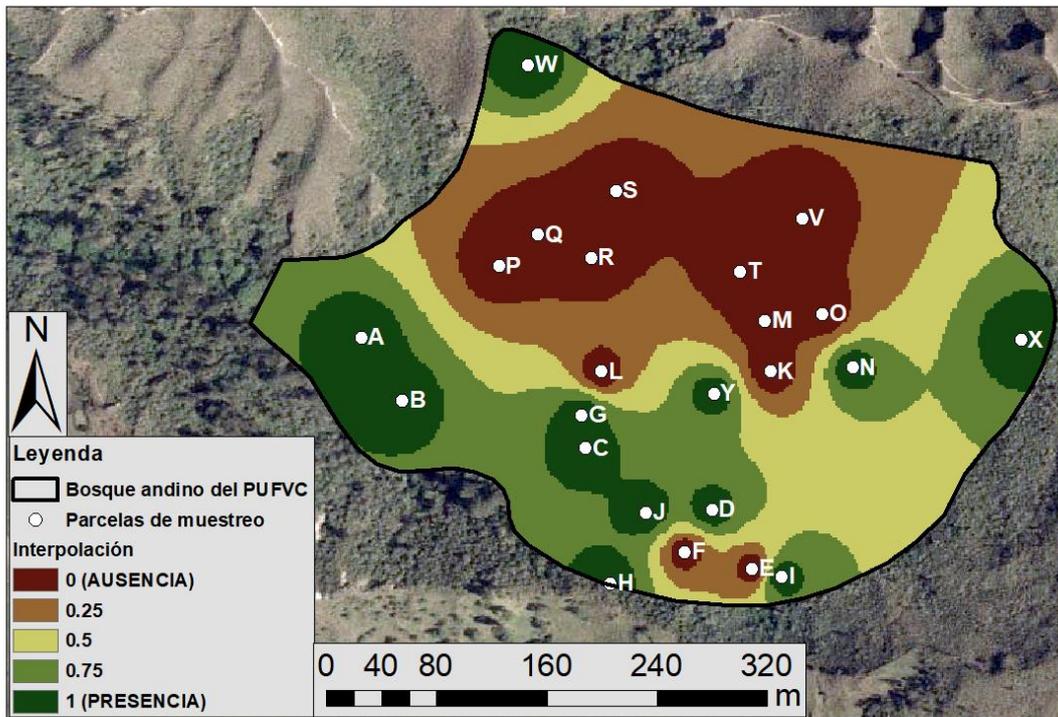


Figura 15. Disposición espacial de *Prunus opaca* (Benth.) Walp. en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

A nivel de parcela, la interpolación genera pequeñas áreas concentradas con formas regulares (Figura 16 a) y un área grande (Figura 16 b), con un número de 4 y 3 individuos respectivamente.

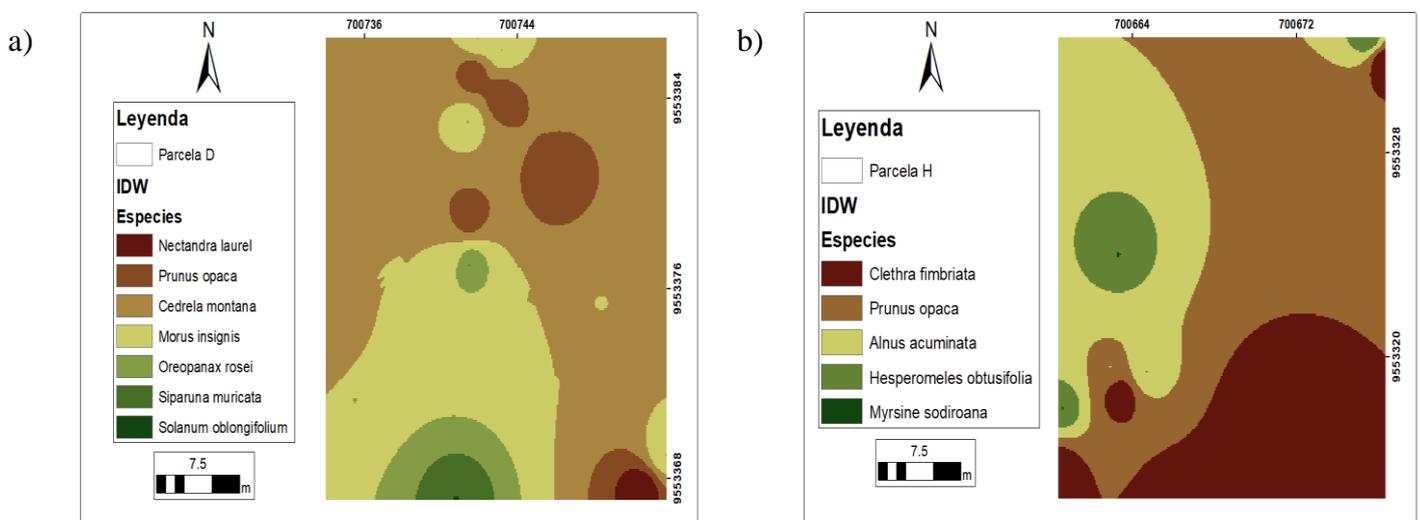


Figura 16. Disposición espacial de individuos *Prunus opaca* dentro de las parcelas: a) parcela D; b) parcela H

#### **4.2. Estado Poblacional de la Regeneración Natural de las tres especies en estudio**

En la Figura 17 se presenta la distribución poblacional de la regeneración natural para las tres especies forestales en estudio. Se observa individuos distribuidos en las tres categorías de regeneración analizadas, con diferentes abundancias (ver Anexo 4). Para *C. fimbriata* se obtuvieron un total de 141 individuos de regeneración natural, distribuidos 95 en la categoría brinzal (67,4 %), 27 en latizal bajo (19,1 %) y para la categoría latizal alto un total de 19 individuos (13,5 %).

Para *N. laurel* se registró 63 individuos, en la categoría brinzal se registraron 17, seguido de latizal bajo con 34 y para la categoría de latizal alto 12 individuos; el mayor porcentaje es de la categoría latizal bajo con el 54 % y el menor para la categoría latizal alto con el 19 % (Figura 17).

Para *P. opaca* se registraron 83 individuos en total, 30 en la categoría brinzal, 27 en latizal bajo y para la categoría latizal alto un total de 26 individuos; el mayor porcentaje se encontró en la categoría brinzal con el 36,1 % y el menor porcentaje en la categoría latizal alto con el 31,3 % (Figura 17)

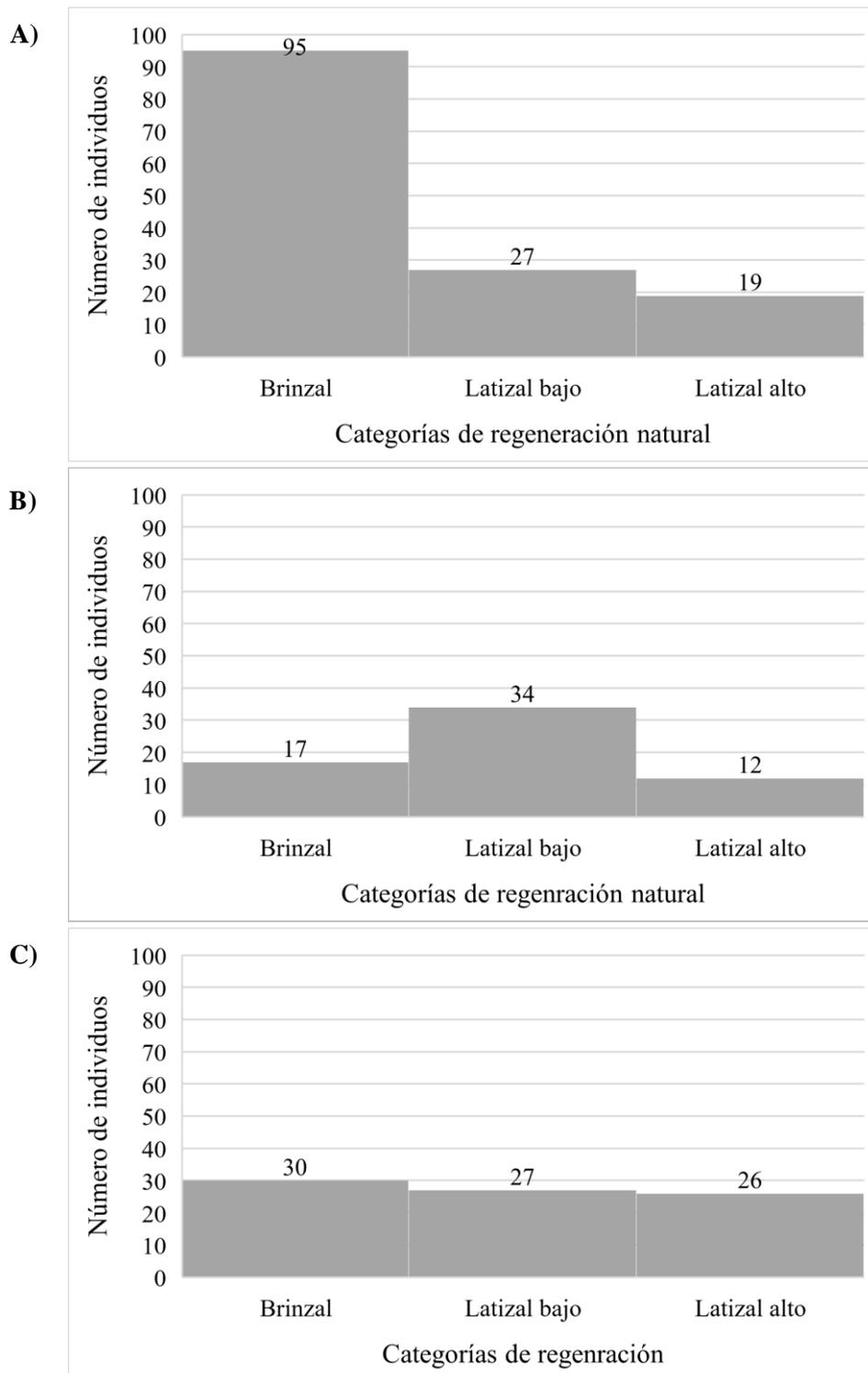


Figura 17. Estado poblacional de la regeneración natural de: A) *Clethra fimbriata*, B) *Nectandra laurel* y C) *Prunus opaca*, en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Con relación a los resultados sobre los parámetros estructurales de la regeneración natural, estos se presentan en la Tabla 9. Para *C. fimbriata* y *P. opaca* la categoría brinzal constituyó la más importante en densidad, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI. En el caso de *N. laurel* la categoría de regeneración más importante fue latizal bajo, debido a que esta especie es esciófita, y por competencia entre individuos en cada una de las categorías de crecimiento.

Tabla 10. Parámetros estructurales de la regeneración natural de las especies forestales *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* en el bosque nativo del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Nombre Científico	Categoría de regeneración natural	Número de individuos	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI simplificado
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Brinzal	95	1979	67,38	37,50	52,44
	Latizal bajo	27	150	19,15	31,25	25,20
	Latizal alto	19	20	13,48	31,25	22,36
<b>Total</b>		141	2149	100	100,00	100,00
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	Brinzal	17	354	26,98	33,33	30,16
	Latizal bajo	34	189	53,97	44,44	49,21
	Latizal alto	12	13	19,05	22,22	20,63
<b>Total</b>		63	556	100	100,00	100,00
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp	Brinzal	30	625	36,14	32,50	34,32
	Latizal bajo	27	150	32,53	35,00	33,77
	Latizal alto	26	27	31,33	32,50	31,91
<b>Total</b>		83	802	100	100,00	100,00

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Parámetros poblacionales de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca*

#### 5.1.1. Densidad Poblacional de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca*

La densidad poblacional es una propiedad o característica estructural de un grupo de individuos de una especie, su conocimiento indica cómo se distribuyen los individuos por una unidad de superficie y el estado de una población (Smith y Smith, 2007; Martella et al., 2012).

Los valores de densidad encontrados en esta investigación para *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* pueden ser considerados como densidades bajas según lo propone Aguirre (2019), al considerar como especies raras aquellas que presentan entre 0 a 300 ind/ha. Según Martini et al. (1994) una gran proporción de especies arbóreas en los bosques tropicales son limitadas por el área, es decir, se asume que si se obtiene densidades bajas se puede atribuir a que los espacios donde se desarrollan estas especies son pequeños para sus exigencias individuales. Otras investigaciones realizadas en el parque universitario, encontraron valores diferentes para estas especies; por ejemplo, Reyes (2017) en una parcela permanente de una hectárea encontró densidades de 93 ind/ha, 79 ind/ha y 55 ind/ha para las especies *Clethra revoluta*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* respectivamente; mientras que, Medina (2017) en un área de bosque alterada reportó densidades de 10 ind/ha para *Nectandra laurel* y *Prunus opaca*. Estas diferencias en los valores de densidades se deben a factores como el tamaño de las parcelas, método de muestreo y selección del sitio de estudio. Un criterio de selección para el estudio de las poblaciones de *Clethra revoluta*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* fue de que se trataba de especies con densidades superiores a 50 ind/ha (Reyes 2017), por lo que es probable que sea necesario aumentar la intensidad de muestreo o el tamaño de las parcelas para registrar valores superiores a 50 ind/ha.

La densidad poblacional de especies vegetales también está influenciada por factores extrínsecos e intrínsecos; en este último, la reproducción y la dispersión de semillas influyen considerablemente sobre este parámetro, pudiendo garantizar la existencia de poblaciones y la composición de diversas comunidades vegetales (Encarnación, 2019 y Muñoz, 2017). En el caso de la dispersión de semillas, las especies en estudio presentan dispersiones a larga distancia, pues por el tipo de fruto y semilla, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* son dispersadas por la fauna existente y *Clethra fimbriata* es dispersada por el viento (Cuenca, 2019), por lo que parcelas de grandes dimensiones captarían mayor abundancia que parcelas de menores dimensiones, como la utilizada en el presente estudio.

Otros aspectos importantes que pueden estar influyendo en la densidad poblacional de las especies en estudio, constituye la competencia, densidad del dosel, densidad del sotobosque, tipo de suelo, y la heterogeneidad del bosque. La combinación de todos los factores antes mencionados, pueden estar creando diferentes escenarios para los que las especies tienen sus preferencias, tal es el caso de *Nectandra laurel* que presentó individuos en la parte más conservada del bosque nativo y con doseles cerrados, *Clethra fimbriata* está presente en las partes más abiertas del bosque y *Prunus opaca* se desarrolla en sectores del bosque con doseles intermedios.

### **5.1.2. Estructura de edades de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca***

La estructura poblacional es un atributo importante de las masas forestales y de las poblaciones forestales en particular, en especial al momento de su evaluación (Gallego y Finegan, 2004). Al momento de graficar la estructura por especies o poblaciones no siempre van a formar la jota invertida, esto producto de las características de cada especie. En la presente investigación las estructuras de las poblaciones en función de clases diamétricas, muestran comportamientos diferentes, observándose que el patrón de distribución de los individuos es en forma de J invertida. En el caso de *Nectandra laurel*, su población está presente en las dos primeras clases

diamétricas, lo que es característico de especies de sombra o esciófitas, ratificado por Finegan (1993), Muñoz y Muñoz (2010), quienes señalan que el género *Nectandra* posee esta característica; Para *Prunus opaca* y *Clethra fimbriata* sus individuos se presentan en casi todas las clases diamétricas formando una J invertida, lo que es característico de especies de semiluz (Lozada y Arends, 2000). Según Jirón (2017) y Louman et al. (2001) las especies clasificadas como especies esciófitas o tolerantes a la sombra se encuentran en menor proporción dentro de los bosques, dado que su crecimiento es más lento que las especies clasificadas como de semiluz, esto explica el menor número de individuos para *Nectandra laurel*.

Reyes (2017) señala que la estructura del bosque montano del parque universitario se caracteriza por la concentración de individuos en las primeras clases diamétricas, que van de 5 cm – 15,65 cm de DAP, con un total de 1179 individuos que representa el 86 % de este componente arbóreo, formando una jota invertida, lo que de acuerdo a Morlans (2004) es característico de poblaciones en crecimiento y que tienen garantizada el reemplazamiento de individuos en las clases diamétricas superiores.

Dentro de estudio de poblaciones forestales por estructura de edad se menciona que, por lo general, esta información puede ser sesgada debido a que las copas de los árboles existentes en el bosque pueden inhibir la supervivencia de árboles jóvenes y a su vez a la producción de plantones (Encarnación, 2019; Begon et al., 2006). No obstante, las especies en esta investigación presentaron en las clases diamétricas inferiores mayor número de individuos respecto a las clases diamétricas superiores, garantizando de esta manera la reposición de plantas en cada una de las categorías producto de la interacción de las especies en el medio donde se desarrollan.

Una razón para explicar la concentración de individuos en las primeras clases en la presente investigación, es que en bosques que han sufrido intervenciones es más frecuente encontrar poblaciones con individuos jóvenes en su mayoría, lo que es ratificado por Encarnación (2019)

y Lamprech (1990). En este sentido, el área de estudio se encuentra localizado dentro de la hoya de Loja, la misma que se caracteriza por una vegetación totalmente alterada por diferentes factores como incendios forestales, expansión de la frontera agrícola, plantaciones forestales; que han ocurrido durante años, existiendo pocos remanentes boscosos y uno de ellos lo constituye el parque universitario “Francisco Vivar Castro” (Aguirre y Yaguana, 2014). Si bien el área de estudio pertenece a la Universidad Nacional de Loja, y se encuentra bajo protección, es probable que antes de pasar bajo jurisdicción de la universidad, existiera el aprovechamiento de especies forestales valiosas.

### ***5.1.3. Disposición espacial de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca****

Al evaluar el grado de dispersión o agregación de las especies se pueden identificar algunos mecanismos y factores que mantienen y promueven una coexistencia entre las especies y a su vez a la diversidad en los ecosistemas vegetales (Chamorro, 2011). Los estudios sobre disposición espacial contribuyen al entendimiento de los diferentes procesos ecológicos por los que pasan las especies (Encarnación, 2019; Condit et al., 2000), es un atributo poblacional importante dentro del campo del manejo forestal. La disposición espacial de las especies forma parte del hábitat específico de cada una y su conocimiento facilita el desarrollo de programas de aprovechamiento y ofrece información para trabajos en campos como ordenación forestal, silvicultura, dendrología; con los cuales se puede realizar y desarrollar varias técnicas para el manejo de los bosques tropicales, los cuales poseen un alto grado de heterogeneidad y una compleja distribución de especies que pueden ser potencialmente aprovechables en cada región (Chamorro, 2011; Malleux, 2007).

Los resultados de los índices de disposición espacial determinaron un patrón de disposición agregado para *Clethra fimbriata* y *Nectandra laurel*, mientras que, para *Prunus opaca* el resultado difiere entre los índices, obteniéndose una distribución aleatoria y agregada. La aplicación del método de interpolación IDW, se hizo con la finalidad de validar los resultados

obtenidos con los índices y así contar con otro método que permita estimar la disposición espacial, a partir de puntos de presencia de los individuos. Los resultados se obtuvieron en dos escalas, a nivel de parcela y para toda el área de bosque nativo, ya que de acuerdo a Teixeira y Sánchez (2006) y Chamorro (2011) los resultados que se obtienen con los índices pueden variar según el número de individuos que se consideren en los análisis y la escala de trabajo.

A escala grande, como lo representa el área del bosque nativo, para *Clethra fimbriata* y *Nectandra laurel* la interpolación generó áreas con apariencia de islas, de formas regulares, pero de diferentes tamaños, esto producto de las abundancias utilizadas, ratificando de esta manera su influencia en la disposición espacial.

A nivel de parcela (20 x 20 m), la disposición espacial también estuvo influenciada por la abundancia y la ubicación de los individuos dentro de la misma. En el caso de *Clethra fimbriata* los individuos estuvieron siempre con tendencia al agrupamiento y las áreas que se generaron fueron de tamaños medianos y de forma irregular. Por su parte, *Nectandra laurel* que presentó menor número de individuos y con distribución no agrupada dentro de la parcela, la interpolación generó áreas muy puntuales en forma de pequeñas islas, dando una apariencia de distribución aleatoria.

En el caso de *Prunus opaca*, que presentó una disposición agregada y aleatoria con los índices aplicados, la interpolación a nivel del bosque permitió generar áreas regulares, pequeñas y bien dispersas asemejándose a una disposición espacial agregada. Mientras que, a nivel de parcela se formaron áreas regulares e irregulares con una tendencia a la aleatoriedad.

La disposición espacial es una propiedad de las poblaciones que se ve fuertemente influenciados por la abundancia o tamaño de las poblaciones y por las escalas de análisis, por lo que siempre que se realice estos cálculos es necesario considerar estas dos variables, por ejemplo, para la presente investigación si se considera individuos desde 5 cm de DAP va a influir en los resultados finales.

Alteraciones en las estructuras de las poblaciones de las especies, producto de aprovechamiento forestal, van a generar cambios en la disposición espacial de las poblaciones, formando patrones de disposición espacial similares, por ejemplo, Matteucci y Colma (1982) y Chamorro (2011) en sus investigaciones manifiestan que en bosques que han sido aprovechados, el patrón de distribución tiende a ser aleatorio o al azar en las especies, y a medida que los bosques se recuperan el patrón puede cambiar a regular o eventualmente agregado, esto podría explicar por una parte el patrón de distribución para *Prunus opaca*, puesto que gran parte del bosque donde se distribuyeron las parcelas se encuentra en proceso de recuperación.

A nivel local y nacional, no existen investigaciones específicas sobre los patrones de distribución para las especies en estudio, ya que no es un tema tratado con frecuencia; sin embargo, este tipo de investigaciones empiezan a tener importancia en el sur del Ecuador, tal es el caso de Encarnación (2019), quién analiza el patrón de distribución de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, en dos sitios de estudio (Angashcola y Fundación Ecológica Arcoíris), determinando un patrón de distribución agregado, lo que concuerda con este estudio en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

## **5.2. Regeneración Natural de *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca***

La regeneración natural de las especies forestales en estudio pueden considerarse buena, se encontraron individuos en todas las categorías de regeneración analizadas, esto indica que las condiciones dentro del bosque andino del parque universitario son óptimas para el desarrollo de las especies; en este sentido *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca* presentan un stock de individuos con diámetros menores a 10 cm que van a remplazar a los individuos de las clases diamétricas mayores a 10 cm, asegurando la sostenibilidad del recurso florístico a través del tiempo.

Generalmente el tipo de dispersión y una abundante producción de semillas pueden garantizar la ocupación de áreas por parte de las poblaciones forestales (Muñoz y Muñoz, 2010; Bueso,

1997). Por este motivo es importante conocer el tipo de dispersión de semillas para las especies forestales en estudio y justificar los resultados encontrados en esta investigación sobre regeneración natural. Cuenca (2019), para diferentes especies forestales del parque universitario, identifica rasgos funcionales a través de diferentes atributos y determina que para *Nectandra laurel* la dispersión de semillas y frutos se da por medio de la fauna, mientras que para el género *Clethra* la dispersión se da en mayor porcentaje por el viento.

Sobre las categorías de regeneración natural que definen la abundancia y estructura de la regeneración de las poblaciones forestales en estudio, los resultados están relacionados al tipo de temperamento identificado en la estructura de edad de las especies; por ejemplo, para *Clethra fimbriata* y para *Prunus opaca*, especies consideradas de semiluz (Lozada y Arends, 2000), la categoría más importante ecológicamente son los brinzales, pues la regeneración es abundante en esta categoría y una vez que se crean las condiciones necesarias en cuanto a luz, muchos individuos pasan a ocupar categorías de regeneración superiores. En el caso de *Nectandra laurel*, considerada como una especie esciófita, la categoría más importante ecológicamente es el latizal bajo, pues se trata de una especie que sí se desarrolla en condiciones bajo sombra (Ayma y Padilla, 2009).

La regeneración natural está limitada 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 (De la Cruz, 2013; Jirón, 2017). La abundancia de regeneración natural encontrada para las especies en estudio, puede explicarse por las exigencias en condiciones ambientales y de hábitat de cada una de las especies; por ejemplo, Díaz (2019) registró, bajo plantaciones de pino y eucalipto, regeneración natural de las especies *Clethra fimbriata* y *Prunus opaca*; pero no de *Nectandra laurel*, lo cuál puede ser porque las especies esciófitas son más exigentes a ciertas condiciones ambientales.

El conocimiento del estado de la regeneración natural permite conocer cómo se encuentran las especies y así poder establecer estrategias para asegurar su supervivencia. Diferentes estudios que han aplicado tratamientos silviculturales para mejorar la abundancia en la regeneración de especies de interés comercial o potenciales, han obtenido condiciones óptimas para ciertas especies, mejorando la abundancia y desarrollo de la regeneración y establecimiento (Toledo et al., 2011; Muñoz y Muñoz, 2014), por lo que se podría pensar a futuro en el uso de algún tipo de tratamiento silvicultural para el manejo de la regeneración natural de las especies en estudio.

## 6. CONCLUSIONES

- Las densidades poblacionales para *Clethra fimbriata* fue de 32 ind/ha, *Nectandra laurel* 9 ind/ha y *Prunus opaca* 23 ind/ha en el bosque montano del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. Los factores influyentes en estos resultados fueron el tipo de muestreo, tamaño de la muestra y las exigencias propias de cada especie como preferencias de luz, competencia y tipo de dispersión de semillas.
- La estructura de edades para las especies estudiadas determinó que se trata de poblaciones jóvenes, con alta concentración de individuos en las primeras clases diamétricas; y, también especies de dos tipos de temperamentos, semiluz para *Prunus opaca* y *Clethra fimbriata* y esciófita para *Nectandra laurel*.
- Se determinó una disposición espacial agregada para *Clethra fimbriata* y *Nectandra laurel*, mientras que para *Prunus opaca* la disposición espacial es aleatoria. Los factores influyentes en estos resultados, y que es necesario considerarlos en investigaciones futuras, son la abundancia y la escala de trabajo.
- La regeneración natural para *Clethra fimbriata*, *Nectandra laurel* y *Prunus opaca*, está representada en todas las categorías evaluadas, es decir, en brinzal, latizal y latizal alto; por lo qué, está garantizada la permanencia y el reemplazo de individuos jóvenes y maduros de las especies, en el bosque nativo del parque universitario.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios a largo plazo y a mayor escala sobre estas especies en diferentes puntos de la provincia de Loja, para conocer el estado de las poblaciones forestales, y comparar su comportamiento en sitios intervenidos y no intervenidos y a su vez conocer los cambios que pueden sufrir.
- Correlacionar la disposición espacial con variables edáficas y climáticas para explicar la influencia de estas en los patrones de distribución espacial de las tres especies estudiadas.
- Implementar estudios de disposición espacial mediante Sistemas de información geográfica (SIG) y softwares estadísticos (R) para promover un mejor manejo de las mismas usando metodologías más actualizadas que podrían proporcionar mayor información sobre este campo de la investigación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Z. (2019). *Métodos para medir la biodiversidad*. Primera edición. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z. y Aguirre, N. 1999. *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*. Herbario Loja # 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z., Quizhpe, W., y Pinza, D., 2018. Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino Francisco Vivar Castro, Ecuador Recibido: Recibido: 20-VIII-2018; aceptado: 25-IX-2018; publicado online: 30-XI-2018; publicado impreso: 31-XII-2018
- Aguirre-Mendoza Z., y C. Yaguana. 2014. Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Beneyas Polo, R. (2016). Análisis de patrones espaciales con ArcGIS. GEASIG.  
<https://www.geasig.com/analisis-de-patrones-espaciales-con-arcgis/>
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1998. *Ecology 6 th edith: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Boston.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203–216.  
<https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2394>
- Campbell, N. & J. Reece. 2005. *Biology*. Benjamín Cummings Publication, San Francisco. Conner
- Cárdenas. I., Martínez, J., Iglesias, A. Barrizonte y R. Caballero. 2008. *Manejemos el bosque*. Biblioteca ACTAF. La Habana, Cuba. 66 p.

- Condit, R., P.S. Ashton, P. Baker, S. Bunyavejchewin, S. Gunatilleke, N. Gunatilleke, S.P. Hubbell, R.B. Foster, A. Itoh, J.V. Lafrankie, H.S. Lee, E. Losos, N. Manokaran, R. Sukumar and T. Yamakura. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288(5470): 1414-1418.
- Conner, J.K. & D.L. Hartl. 2004. *A Primer of ecological genetics*. Sinauer Associates, Estados Unidos.
- Cuenca, H. P. (2019). *Caracterización de tipos funcionales de plantas como especies indicadoras para el manejo y conservación de la Zona Intangible del Bosque Montano del Parque Universitario de Educación y Recreación Ambiental "PUEAR", provincia de Loja* Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22716/1/Henrry%20Paul%20Cuenca%20Suing.pdf>
- Chamorro, R. (2011) *Patrón de distribución espacial de siete especies de valor comercial en áreas de bosques intervenidos y no intervenidos en tres comunidades del municipio en El Castillo, río San Juan*. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Nacional Agraria.
- 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 (en línea). Turrialba, CR. Consultado 29 ago. 2016. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10790e/A10790e.pdf>
- Encarnación, A. N. (2019). *Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de Podocarpus oleifolius D. Don, en dos relictos boscosos del Sur del Ecuador* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22610/1/Adriana%20Nohem%c3%ad%20Encarnaci%c3%b3n%20Criollo.pdf>

- Finegan, B. 1993. *Bases ecológicas para la silvicultura*. Los Gremios de especies. CATIE.
- Gallego-Castillo, B., & 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.
- GUARIGUATA, M. & CATAN, G. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional (EULAC-GTZ). 1. ed. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica. 614 p.
- Haeckel, E., & Odum, E. (2006). *Ecología de poblaciones y comunidades*.
- Heredia, U. L. De, & Gil, L. (2006). La diversidad en las especies forestales : un cambio de escala . El ejemplo del alcornoque. *Revista Ecosistemas* 15(2), 24–33.
- Hubbell, SP; Foster, RB. 1986. Commonness and rarity in a neotropical rain forest: implications for tropical tree conservation. In Soulé, ME ed. Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Massachusetts, USA, Sinauer Associates. p. 205-232.
- Hurtado, I. (2012). La ecología como ciencia, su historia, campo de estudio e importancia. <http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/130/LaEcologiaComocienciaSuHistoriaCampoDeEstudioeImportancia.pdf>
- Jaramillo, L. y Muñoz, L. (2019) *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* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5362/1/Jaramillo%20S%c3%a1nchez%20Lenin%20%26%20Mu%c3%b1oz%20Chamba%20Luis.pdf>

- JIMÉNEZ, L. A. (2015). “*Evaluación de parámetros ecológicos de la regeneración natural en los claros, del bosque tropical de montaña, en la estación científica San Francisco*” [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11318/3/LEONARDO%20AGUSTIN%20JIMENEZ%20LARGO.pdf>
- Jirón, J. (2017). *Análisis de la diversidad de la regeneración natural y su relación con variables biofísicas en la Reserva Silvestre Privada Quelantaro, Managua, 2015-2016*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua
- Juárez, M. (2003). *Ecología y Análisis estructural de los bosques de la sierra de San Carlos, Tamaulipas (tesis de maestría)*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp.96. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/5374>
- Krebs, C.J. 1994. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collins College Publishers, Nueva York
- Lamprech, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Trad. Dr. Antonio Carrillo. Sección de biometría forestal de la Universidad de Freigung, Alemania.
- López Camacho, René, 2018 PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: IMPORTANCIA E IMPACTO DE SU APROVECHAMIENTO Colombia Forestal, vol. 11, diciembre, 2008, pp. 215-231 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia
- Louman, B. Quirós, D. Nilsson, M. 2001. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en America Central*. Turrialba, CR. 261p. (serie técnica. Manual técnico/CATIE, no. 46).
- Lozada, J. R., & Arends, E. (2004). Clasificación ecológica de especies arbóreas, con fines de aprovechamiento forestal, en la Estación Experimental Caparo. *Revista forestal Venezolana* 44(1), 81–91.

- Martella, B. Trumper, E. Bellis, L. Reinoson, D. Giordano, P. Bazzano, G y Gleise, R. (2012). Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca* 5(1), p.31.  
<http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/905/918&a=bi&page number=1&w=100>
- Mateucci, S. Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Ed. CONICIT-OEA. Venezuela .168 p.
- Malleux, J. 2007. Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un bosque. *Revista Forestal del Perú*. Vol. 5. No.1-2. p. 1-12.
- Medina, J. (2018). *Diversidad florística y estimación de la captura de carbono en tres ecosistemas del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, cantón Loja* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional  
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21532/1/Jos% c3% a9% 20Alexand er% 20Medina% 20Medina.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21532/1/Jos%c3%a9%20Alexander%20Medina%20Medina.pdf)
- Minga, Danilo, (2000). Árboles y arbustos del bosque de Mazán. Empresa pública municipal de telecomunicaciones, agua potable y alcantarillado, dirección de Gestión ambiental. Cuenca-Ecuador.
- Minga, D y A. Verdugo (2016). Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca. Serie Textos Apoyo a la Docencia Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca.
- Morisita, M. (1959). Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. *Memories of the Faculty of Sciences, Kyushu University, Series E. Biology* 2:215-235.
- Morlans, M. C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. *Editorial Científica Universitaria, 1*, 1–170. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- 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* Vol 1(1). Pp 88-99. Recuperado de: [https://mluisforestal.files.wordpress.com/2015/12/revista-cif\\_2010\\_vol-1-no-1.pdf](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.
- Norden N. (2014) Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal* 17(2), 247-261.
- Orozco L., y C. Brumer. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Palacios, L. Y., Perea, K., Bellido, D., Caicedo, H. Y., Bonilla, D. (2017) *Estructura poblacional de ocho especies maderables amenazadas en el departamento del Chocó-Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Quesada, R; Quiros, K. (2003). *Informe Final Estudio De Especies Forestales Con Poblaciones*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5791/estudio-especies-forestales-poblaciones-reducidas-extinción.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, B. (2017). *Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso del bosque montano del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, provincia de Loja, Ecuador*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18827/1/BYRON%20RAMIRO%20REYES%20JIMENEZ.pdf>

- Smith Tomas M. y Smith Robert Leo, (2007). *Ecología*. 6ta edición PEARSON EDUCACIÓN, S.A, Madrid, 2007 ISBN: 978-84-7829-084-0 Materia: Ecología general, 574
- Tejedor, N. G., Álvarez, E., Caro, S. A., Murakami, A. A., Blundo, C., Espinoza, T. E. B., & Torre, M. A. La. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1–2), 148–166.  
<https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>
- Torres, G. 2009. *Factores y disciplinas de la ecología*. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos73/factores-disciplinas-ecologia/factores-disciplinas-ecologia2.shtml>
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación*. Omega. Barcelona. 703 pp. 33
- Teixeira, R. V. Sánchez, E. I. 2006. Patrones de las principales especies herbáceas en la Reserva Nacional de Lachay. *Ecología Aplicada*. Vol. 5. No. 1-2. p. 25-34.
- Yaguana, C., Lozano, D., & Aguirre, Z. (2010). Diversidad florística y estructura del bosque nublado. *Ecología Forestal*, Vol. 1, pp. 47–60. Retrieved from [http://dspace.unl.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/331/1/DIVERSIDAD FLORISTICA Y ES.pdf](http://dspace.unl.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/331/1/DIVERSIDAD%20FLORISTICA%20Y%20ES.pdf)



Anexo 2. Hoja de campo para la recolección de datos de regeneración natural dentro de las parcelas de muestreo

REGENERACIÓN NATURAL							
Lugar: PUFVC			Fecha:			Número De Parcela:	
VARIABLES FÍSICAS		Subparcela 1	Subparcela 2	Subparcela 3	Subparcela 4	Subparcela 5	
Cobertura del dosel (%)							
Pendiente del terreno (%)							
Profundidad del suelo orgánico (cm)	0						
	A						
COMPOSICIÓN FLORÍSTICA							
Categoría: Brinzal (individuos de entre 0.30 y por debajo de 1.50 m de altura)						Unidad de Muestreo: 2x2 m	
Código	Especie	Subparcela 1	Subparcela 2	Subparcela 3	Subparcela 4	Subparcela 5	Observaciones

<b>Categoría: Latizal Bajo</b> (individuos de 1.50 m de altura y hasta 4.9 cm de DAP)							<b>Unidad de Muestreo: 5x5 m</b>
<b>Código</b>	<b>Especie</b>	<b>Subparcela 1</b>	<b>Subparcela 2</b>	<b>Subparcela 3</b>	<b>Observaciones</b>		

Anexo 3. Base de datos de individuos mayores a 10 cm de DAP dentro de la zona de estudio

<b>Parcela</b>	<b>N</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>DAP_cm</b>	<b>HT_m</b>
<b>A</b>	2	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	21.1	7
<b>A</b>	33	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	10.7	5.5
<b>B</b>	4	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	11.1	3
<b>B</b>	5	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	10	4.1
<b>B</b>	6	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	13.25	4.6
<b>B</b>	7	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	14.6	3.8
<b>B</b>	8	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	10.25	5.1
<b>B</b>	9	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	10.7	4.3
<b>B</b>	12	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	10.3	5.9
<b>B</b>	14	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	11.9	6
<b>B</b>	15	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	15.7	5.8
<b>B</b>	18	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	10.9	6.1

<b>B</b>	19	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	22.4	7.3
<b>B</b>	24	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	12.32	4.1
<b>C</b>	13	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	11	2.5
<b>D</b>	1	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	14	11
<b>D</b>	10	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	20.5	16
<b>D</b>	13	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	18.8	12
<b>D</b>	22	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	16.9	14
<b>D</b>	27	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	18.9	9
<b>E</b>	34	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	35	10
<b>F</b>	11	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	12.1	4
<b>F</b>	19	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	10.45	6.5
<b>F</b>	22	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	15.55	4.5
<b>G</b>	13	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	18.25	12
<b>G</b>	14	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	20.6	18
<b>H</b>	3	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	14.9	5
<b>H</b>	5	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	19.3	9

<b>H</b>	14	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	16.4	7
<b>H</b>	18	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	17	10
<b>H</b>	20	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	17.8	7
<b>H</b>	23	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	13	6
<b>H</b>	35	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	15.9	7
<b>J</b>	22	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	34.3	12
<b>J</b>	29	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	14.9	7
<b>M</b>	41	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	13.4	9
<b>N</b>	5	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	12.3	12
<b>N</b>	6	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	18.8	15
<b>N</b>	10	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	15.2	12
<b>N</b>	11	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	11	10
<b>N</b>	18	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	10.8	11
<b>N</b>	30	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	17	13
<b>N</b>	36	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	12.1	11
<b>N</b>	46	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	22.7	13

<b>N</b>	53	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	20.6	12
<b>T</b>	2	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	12.5	6
<b>T</b>	3	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	13.2	7
<b>T</b>	4	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	14	5
<b>W</b>	9	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	15.4	8
<b>W</b>	11	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	19.9	14
<b>W</b>	12	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	20.8	12
<b>W</b>	13	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	31.5	14
<b>W</b>	21	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	11.5	9
<b>W</b>	24	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	19.3	13
<b>W</b>	26	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	15.7	6
<b>W</b>	27	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	13.9	8
<b>W</b>	28	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	10.6	2
<b>X</b>	29	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	13.2	10
<b>X</b>	32	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	14.5	10
<b>X</b>	44	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	11.2	9

---

<b>X</b>	53	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	18.7	12
<b>Y</b>	40	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	11.6	3

---

Anexo 4. Base de datos de regeneración natural de las especies en estudio.

<b>Parcela</b>	<b>Categoría de regeneración</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Número de individuos</b>
<b>A</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>B</b>	Latizal alto	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	5
<b>D</b>	Latizal alto	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	3
<b>D</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>F</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>H</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>H</b>	Latizal alto	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	8
<b>J</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>K</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>L</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>M</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	4
<b>N</b>	Latizal alto	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	5
<b>N</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1

<b>O</b>	Latizal alto	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	3
<b>S</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>T</b>	Latizal alto	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
<b>V</b>	Latizal alto	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	4
<b>W</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>X</b>	Latizal alto	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
<b>X</b>	Latizal alto	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	1
<b>X</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>Y</b>	Latizal alto	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>B</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>B</b>	Latizal bajo	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	2
<b>C</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	4
<b>D</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>D</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	1
<b>E</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	7

<b>F</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>H</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>I</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	10
<b>K</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4
<b>K</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>L</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>M</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2
<b>M</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>N</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2
<b>O</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4
<b>P</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>Q</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	4
<b>R</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>S</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>S</b>	Latizal bajo	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	3
<b>T</b>	Latizal bajo	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	4

<b>V</b>	Latizal bajo	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	17
<b>W</b>	Latizal bajo	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
<b>X</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>X</b>	Latizal bajo	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4
<b>Y</b>	Latizal bajo	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>A</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>B</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>B</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	4
<b>C</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>C</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	4
<b>D</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	1
<b>E</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>F</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4
<b>F</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>H</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	1
<b>H</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1

<b>I</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>K</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2
<b>K</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>L</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>N</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	4
<b>O</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	3
<b>R</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
<b>S</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	3
<b>T</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	36
<b>T</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	3
<b>V</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	47
<b>V</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	4
<b>W</b>	Brinzal	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	4
<b>W</b>	Brinzal	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
<b>X</b>	Brinzal	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	3

Anexo 5. Tablas resumen para cálculo de la disposición espacial a través de los índices aplicados.

Parcela	N° de Individuos		
	<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
A	1	0	1
B	11	0	1
C	0	0	1
D	0	1	4
E	1	0	0
F	0	0	3
G	0	1	1
H	6	0	1
I	0	0	0
J	0	0	2
K	0	0	0
L	0	0	0
M	1	0	0
N	0	6	3
O	0	0	0
P	0	0	0
Q	0	0	0
R	0	0	0
S	0	0	0
T	3	0	0
V	0	0	0
W	7	0	2
X	1	1	2
Y	0	0	1
<b>Total</b>	31	9	22
Media	1,29	0,375	0,917
Varianza	7,78	1,549	1,384
Desviación estándar	69,74	31,11	29,41
Índice de dispersión	6,02	4,13	1,51
Valor t calculado	17,06	10,53	1,75
Disposición espacial	Agregada	Agregada	Al azar
Morisita estandarizado	0,57	0,668	-0,518
Valor Chi-cuadrado calculado	138,5	95	34,76
Modelo de distribución	Agregado	Agregado	Al azar

Anexo 6. Cálculo del índice de varianza media e índice estandarizado Morisita.

<b>Índice de varianza media:</b>		
$I = \frac{S^2}{\bar{X}}$		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
$I = \frac{7,78}{1,29} = 6,02$	$I = \frac{1,549}{0,375} = 4,13$	$I = \frac{1,384}{0,916} = 1,51$
Valor t (n-1) = 2,069		
Prueba de hipótesis		
$t = \frac{(S^2/\bar{X}) - 1}{\sqrt{2/(n-1)}}$		
<b>17,06</b>	<b>10,53</b>	<b>1,75</b>
<b>Patrón de distribución</b>		
<b>Agregado</b>	<b>Agregado</b>	<b>Al azar</b>

<b>Índice Morisita:</b>		
$I_d = n \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i}{(\sum_{i=1}^n X_i)^2 - \sum_{i=1}^n X_i}$		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
$I_d = 24 \frac{219 - 31}{(31)^2 - 31} = 4,85$	$I_d = 24 \frac{39 - 9}{(9)^2 - 9} = 10$	$I_d = 24 \frac{52 - 22}{(22)^2 - 22} = 1,55$
<b>Índice de uniformidad</b>		
$M_u = \frac{X_{(0,975)}^2 - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
$M_u = \frac{11,69 - 24 + 31}{31 - 1} = 0,62$	$M_u = \frac{11,69 - 24 + 9}{9 - 1} = -0,41$	$M_u = \frac{11,69 - 24 + 22}{22 - 1} = 0,46$

<b>Índice de agregación</b>		
$M_c = \frac{X^2_{(0.025)} - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
$M_c = \frac{38,1 - 24 + 31}{31 - 1} = 1,50$	$M_c = \frac{38,1 - 24 + 9}{9 - 1} = 2,88$	$M_c = \frac{38,1 - 24 + 22}{22 - 1} = 1,71$
<b>Cálculo del índice Morisita estandarizado</b>		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
$I_d \geq M_c > 1.0$	$I_d \geq M_c > 1.0$	$M_c > I_d \geq 1.0$
$I_p = 0,5 + 0,5 \left( \frac{I_d - M_c}{n - M_c} \right)$	$I_p = 0,5 + 0,5 \left( \frac{I_d - M_c}{n - M_c} \right)$	$I_p = 0,5 \left( \frac{I_d - 1}{M_u - 1} \right)$
$I_p = 0,5 + 0,5 \left( \frac{4,85 - 1,5}{24 - 1,5} \right)$	$I_p = 0,5 + 0,5 \left( \frac{10 - 2,88}{24 - 2,88} \right)$	$I_p = 0,5 \left( \frac{1,55 - 1}{0,46 - 1} \right) = -0.51$
<b>= 0,57</b>	<b>= 0,66</b>	
Valor Chi-cuadrado= 11,69-38,1		
Prueba de hipótesis		
$X^2 = I_d * \left( \sum X - 1 \right) + n - \sum X$		
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Nectandra laurel</i>	<i>Prunus opaca</i>
<b>138,5</b>	<b>95</b>	<b>34,76</b>
<b>Patrón de distribución</b>		
<b>Agregado</b>	<b>Agregado</b>	<b>Al azar</b>