



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA  
CAPTURA DE CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS  
DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO  
VIVAR CASTRO”, CANTÓN LOJA, ECUADOR

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

Autor: José Alexander Medina Medina

Director: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph D.

Loja-Ecuador

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

**CERTIFICA:**

En calidad de director de la tesis titulada: **"DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO", CANTÓN LOJA, ECUADOR"**, de autoría del Sr. egresado de la carrera de Ingeniería Forestal **José Alexander Medina Medina** portador de la cédula N° 1105967309 ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, octubre de 2018

Atentamente,

  
.....  
Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**CERTIFICACIÓN:**

En calidad de presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “**DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, CANTÓN LOJA, ECUADOR**” de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal **José Alexander Medina Medina** portador de la cédula N° 1105967309, 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.

Loja, 20 de noviembre de 2018

Atentamente,



.....  
Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba, Mg. Sc.

**PRESIDENTA**



.....  
Ing. Nohemi del Carmen Jumbo, Mg. Sc

**VOCAL**



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

**VOCAL**

## AUTORÍA

Yo José Alexander Medina Medina, declaro ser el 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.

**Autor:** José Alexander Medina Medina

**Firma:**  .....

**Cedula:** 1105967309

**Fecha:** Loja, noviembre de 2018

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, José Alexander Medina Medina declaro ser autor de la tesis titulada "DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO", CANTÓN 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 este trabajo en el RDI, en las redes de información de país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad 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 veinte y seis días del mes de noviembre del dos mil dieciocho, firma el autor:

Firma:  .....

**Autor:** José Alexander Medina Medina

**Número de cédula:** 1105967309

**Dirección:** Cantón Loja; Carigan      **Correo electrónico:** [alexandermedinamedina@gmail.com](mailto:alexandermedinamedina@gmail.com)

**Teléfono:** 0939576568      **Celular:** 0939576568

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de tesis:** Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

**Tribunal de grado:** Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba, Mg. Sc

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo, Mg. Sc

Ing. Darío Alfredo Veintimilla, Mg. Sc

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud es la virtud más hermosa del hombre, por tal razón agradezco en primera instancia a Dios por permitirme terminar con éxito una meta más en mi vida, a mis amados padres Norma y Gonzalo quienes durante toda mi vida han velado por mi salud y educación, siendo pilar fundamental en todo momento con sacrificio y amor incondicional. A mis hermanos por depositar su entera confianza en mis capacidades. Así mismo a mis abuelos, tíos y demás familiares por el apoyo brindado en cada etapa de mi vida.

Con gratitud a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Ingeniera Forestal con sus respectivas autoridades, administrativos, y planta docente por haber sido participes con sus conocimientos para mi formación profesional.

Así mismo agradezco infinitamente a mí director de tesis el Dr. Zhofre Aguirre Mendoza, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico para guiarme durante la ejecución de la tesis.

Agradezco al Herbario “Reinaldo Espinosa” y en especial al Ing. Bolívar Merino por su apoyo en la identificación y reconocimiento de especies botánicas.

Finalmente agradezco a todos mis amigos y compañeros de curso Ariana, Katy, Estela, Daniela, Jordy, Héctor, especialmente a Leidy, Guísela, Darwin, Jimmy y Elvis que con su valiosa amistad y cariño hicieron posible la culminación de mi trabajo de investigación. Dios los proteja y gracias a todos.

**José Alexander Medina Medina**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios y a toda mi familia, especialmente con todo cariño y amor a mis padres Norma y Gonzalo porque ellos han dado razón a mi vida, por sus sabios consejos, su apoyo incondicional tanto económico como moral y por su paciencia durante todas las etapas de mi vida estudiantil.

A mis hermanos Luis, Ángel, Patricia, Jimmy, Jhofre y demás familia en general que siempre han estado pendientes de mi formación profesional y que su apoyo siempre fue un impulso para seguir cada día adelante.

**José Alexander Medina Medina**

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Ecosistema bosque montano.....	4
2.2. Distribución del bosque de neblina montano.....	4
2.3. Tipos de ecosistemas del parque universitario “Francisco Vivar C.”.....	4
2.3.1. Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes.....	4
2.3.2. Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes.....	5
2.4. Formaciones vegetales del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	5
2.4.1. Bosque Natural.....	5
2.4.2. Matorral Alto.....	6



2.4.3. Matorral Bajo.....	6
2.4.4. Páramo Antrópico.....	6
2.4.5. Pastizales .....	6
2.4.6. Plantaciones forestales.....	6
2.5. Composición florística.....	7
➤ Clima.....	7
➤ Suelo.....	7
2.6. Evaluación e interpretación de los ecosistemas boscosos.....	7
2.6.1. Densidad absoluta (D).....	7
2.6.2. Densidad relativa (Dr).....	7
2.6.3. Dominancia relativa (Dm).....	8
2.6.4. Frecuencia.....	8
2.6.5. Índice de valor de importancia (IVI).....	8
2.7. Endemismo.....	8
2.7.1. Tipos de endemismo.....	9
2.8. Criterios para nombrar una especie como endémica.....	9
2.8.1. Categorías de conservación.....	9
2.9. Estudios similares en la zona.....	10
2.10. El ciclo del carbono.....	12
2.10.1 Almacenamiento de carbono.....	13
2.10.2 Reservorio de carbono.....	13
2.10.3. El carbono fijado (Cf).....	13
2.10.4. Secuestro de carbono.....	14
2.10.5. Sumidero.....	14
2.11. Biomasa forestal.....	14
2.12. Métodos para estimar biomasa forestal.....	15

2.12.1. Tradicional o indirecto .....	15
2.12.2. Destructivo o directo .....	16
2.12.3. Por sensores remotos.....	16
2.13. Estudios similares realizados en ecosistemas del Ecuador.....	17
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Localización del área de estudio.....	19
3.1.1. Ubicación geográfica.....	20
3.1.2. Características ecológicas del área de estudio.....	20
3.2. Metodología para determinar la diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” .....	21
3.2.1. Selección del área de estudio .....	21
3.2.2. Tamaño e instalación de las unidades muestrales en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal.....	22
3.2.3. Registro de datos del bosque mixto de Nogal. ....	24
3.2.4. Registro de datos del matorral y páramo antrópico.....	25
3.2.5. Cálculo de parámetros estructurales .....	26
3.3. Metodología para estimar la captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. .....	28
3.3.1. Recolección de datos del bosque mixto de Nogal. ....	28
3.3.2. Estimación de captura de carbono en los ecosistemas matorral y páramo.....	30
3.3.3. Contenido de carbono a nivel de paisaje del PUEAR. ....	32
3.4. Difusión de resultados obtenidos a los interesados .....	33
4. RESULTADOS .....	33
4.1. Diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” .....	33
4.1.1. Diversidad florística del bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. .....	34

4.1.2.	Diversidad florística del matorral del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	41
4.1.3.	Diversidad florística del páramo antrópico del parque universitario del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	46
4.1.4.	Endemismo de especies del parque universitario del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	48
4.2.	Estimación de la captura de carbono en el páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	49
4.2.1.	Contenido de carbono del bosque mixto de Nogal del (PUEAR).....	49
4.2.2.	Contenido de carbono del matorral del PUEAR.....	52
4.2.3.	Contenido de carbono del páramo antrópico del (PUEAR).....	53
4.3.	Resumen del contenido de carbono del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	54
4.4.	Socialización de resultados obtenidos a los interesados.....	54
5.	DISCUSIÓN.....	55
5.1.	Diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.....	55
5.2.	Captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal.....	57
5.2.1.	Captura de carbono del bosque mixto de Nogal del (PUEAR).....	57
5.2.2.	Captura de carbono del matorral del (PUEAR).....	57
5.2.3.	Captura de carbono del páramo antrópico del (PUEAR).....	57
6.	CONCLUSIONES.....	59
7.	RECOMENDACIONES.....	60
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
9.	ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Figura 1. Categorías de conservación. ....	10
Figura 2. Ciclo del carbono .....	13
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio (PUEAR), en el contexto nacional, provincial y cantonal. ....	20
Figura 4. Panorámica del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del (PUEAR). ....	22
Figura 5. Diseño de las parcelas temporales del bosque mixto de Nogal. ....	22
Figura 6. Diseño de parcelas temporales del matorral en el PUEAR. ....	23
Figura 7. Diseño de parcelas temporales en el páramo del PUEAR. ....	24
Figura 8. Instalación de parcelas en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal.....	24
Figura 9. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el bosque mixto de Nogal...	28
Figura 10. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el matorral .....	31
Figura 11. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el páramo .....	32
Figura 12. Socialización de resultados con estudiantes de la carrera de ingeniería forestal....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 1. Datos climáticos del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. .....	21
Tabla 2. Hoja de campo para el registro de los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP. .....	24
Tabla 3. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas.....	25
Tabla 4. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas.....	25
Tabla 5. Formulas para el cálculo de los parámetros estructurales de la vegetación del (PUEAR). .....	26
Tabla 6. Matriz para el cálculo del índice de Shannon para cada especie .....	27
Tabla 7. Escala de significancia para calificar la diversidad alfa del bosque .....	27
Tabla 8. Árboles, arbustos y hierbas del bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. .....	34
Tabla 9. Parámetros estructurales de las 10 especies más representativas del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	35
Tabla 10. Diversidad relativa de 10 familias correspondiente al estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	36
Tabla 11. Índice de Shannon del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	37
Tabla 12. Densidad, área basal y volumen por hectárea, de las especies registradas en el estrato arbóreo. ....	38
Tabla 13. Parámetros estructurales de especies las especies más representativas. ....	39
Tabla 14. Índice de Shannon del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal. ....	39
Tabla 15. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.....	40
Tabla 16. Índice de Shannon del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal. ....	41
Tabla 17. Arbustos y hierbas del matorral del (PUEAR).....	41

Tabla 18. Parámetros estructurales de 10 especies del estrato arbustivo del matorral.....	43
Tabla 19. Índice de Shannon del estrato arbustivo correspondiente al matorral.....	43
Tabla 20. Parámetros estructurales de las especies del estrato herbáceo. ....	45
Tabla 21. Índice de Shannon la diversidad del estrato herbáceo del matorral del PUEAR. ....	46
Tabla 22. Parámetros estructurales correspondientes al páramo.....	46
Tabla 23. Índice de Shannon correspondiente al páramo del (PUEAR).....	47
Tabla 24. Especies endémicas registradas en el parque universitario (PUEAR). ....	48
Tabla 25. Contenido de carbono en fustes de las especies registradas en el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.....	50
Tabla 26. Contenido de carbono total del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	51
Tabla 27. Contenido de carbono total del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.....	51
Tabla 28. Contenido de carbono total del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal. ....	52
Tabla 29. Contenido de carbono total del estrato arbustivo del matorral. ....	52
Tabla 30. Contenido de carbono total del estrato herbáceo del matorral.....	53
Tabla 31. Contenido de carbono del páramo antrópico del PUEAR. ....	53
Tabla 32. Contenidos de carbono en los tres ecosistemas de estudio. ....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Páginas
Anexo 1. Inventario de los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.....	70
Anexo 2. Parámetros estructurales de las especies registradas en el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	74
Anexo 3. Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal. ....	75
Anexo 4. Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.....	76
Anexo 5. Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.....	76
Anexo 6. Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbustivo del matorral. ....	76
Anexo 7. Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato herbáceo del matorral .....	77
Anexo 8. Diversidad relativa de las familias correspondiente al páramo. ....	77
Anexo 9. Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula: $Bt = \text{Peso s} \text{Peso v} * Pvt$ y contenido de carbono aplicando la fórmula: $C = \text{Biomasa total} * 0,5$ del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal. ....	78
Anexo 10. Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula: $Bt = \text{Peso s} \text{Peso v} * Pvt$ y contenido de carbono aplicando la fórmula: $C = \text{Biomasa total} * 0,5$ del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.....	78

Anexo 11. Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula: $Bt = \text{Peso s} \text{Peso v} * P_{vt}$ y contenido de carbono aplicando la fórmula: $C = \text{Biomasa total} * 0,5$ del estrato arbustivo del matorral. ....	78
Anexo 12. Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula: $Bt = \text{Peso s} \text{Peso v} * P_{vt}$ y contenido de carbono aplicando la fórmula: $C = \text{Biomasa total} * 0,5$ del estrato herbáceo del matorral. ....	79
Anexo 13. Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula: $Bt = \text{Peso s} \text{Peso v} * P_{vt}$ y contenido de carbono aplicando la fórmula: $C = \text{Biomasa total} * 0,5$ del páramo antrópico. ....	79
Anexo 14. Tríptico informativo de resultados obtenidos en el páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” .....	81
Anexo 15. Registro de asistencia a la socialización de resultados. ....	83



DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO  
EN TRES ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO  
VIVAR CASTRO”, CANTÓN LOJA, ECUADOR

## RESUMEN

El estudio se realizó en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUEAR), ubicado en el cantón y provincia de Loja, desde octubre del 2017 a julio de 2018, formando parte del proyecto denominado: “Procesos ecológicos de la vegetación del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro” de la Universidad Nacional de Loja”; con el propósito de determinar la composición florística y captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal.

Se instaló cinco parcelas temporales en el bosque mixto de Nogal, dentro del cual se trabajó en los estratos arbóreo con parcelas temporales de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>) para muestrear árboles, se inventarió todos los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP (1,30 m de altura del fuste), se midió diámetro y altura de cada individuo para calcular volumen y área basal de cada especie. En el estrato arbustivo se instaló cinco parcelas de 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>) y en el estrato herbáceo parcelas temporales de 1 x 1 (1 m<sup>2</sup>). En el matorral se instaló diez parcelas temporales de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) para muestrear arbustos y diez parcelas de 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>) en el páramo para muestrear hierbas. Se determinó la composición florística, parámetros estructurales como: densidad absoluta (D), densidad relativa (Dr), dominancia relativa (Dm), frecuencia (Fr), índice de valor de importancia (IVI), índice de Shannon y endemismo.

Para determinar la captura de carbono en el bosque mixto de Nogal se instaló 5 parcelas de (20 x 20 m) dentro de las cuales se instaló 3 parcelas de (5 x 2 m) y de (1 x 1 m) para arbustos y hierbas respectivamente. Con respecto al matorral y páramo se instaló 10 parcelas para cada ecosistema de (1 x 1 m) respectivamente. El cálculo del contenido de carbono de los árboles se estimó a partir del cálculo de biomasa del fuste y estimaciones del porcentaje de biomasa foliar y radicular. Para calcular el contenido de carbono de los estratos arbustivo y herbáceo del bosque mixto de Nogal, así como para la cobertura de matorral y páramo se aplicó el método destructivo el cual consistió en cortar, pesar y etiquetar *in situ* toda la vegetación existente de cada parcela, llevando al laboratorio muestras de 1 kg para obtener la relación peso seco/peso húmedo equivalente a biomasa. Para calcular el carbono se multiplicó la biomasa obtenida por el factor de conversión de 0,5.

En el bosque mixto de Nogal, se registró un total de 517 individuos representados en 43 especies, 38 géneros y 29 familias, de las cuales 11 son arbóreas, 20 arbustivas y 12 herbáceas en un área de muestreo de 2 000 m<sup>2</sup>; con un área basal de 17, 75 m<sup>2</sup>/ha y un volumen de 219,

95 m<sup>3</sup>/ha. Respecto a la composición florística del matorral, se registró un total de 1 808 individuos, arrojando un total de 46 especies dentro de 39 géneros pertenecientes a 21 familias en un área de 1 000 m<sup>2</sup>. La composición florística del páramo registró 384 individuos distribuidos en 14 especies de 12 géneros y 9 familias, en un área de 40 m<sup>2</sup>.

Las especies ecológicamente más importantes del bosque mixto de Nogal son: *Junglas neotropica*, *Eucalyptus* sp, *Verbesina lloensis*, *Piper asperiusculum*, *Lycianthes radiata*, *Blechnum occidentale* y *Cyperus rotundus*. Respecto al matorral sobresalen: *Gaultheria reticulate*, *Ageratina dendroides*, *Pteridium arachnoideum*, *Rhynchospora vulcani*. Y para el páramo las especies importantes son: *Pteridium arachnoideum*, *Paepalanthus ensifolius*, *Calamagrostis intermedia*, *Axonopus compressus* y *Puya eryngioides*.

Se registró 7 especies endémicas en el parque universitario, *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus*, (Asteraceae); *Puya eryngioides* (Bromeliaceae); *Bejaria subsessilis* (Ericaceae) y *Lepechinia mutica* (Lamiaceae).

Los contenidos de carbono son para el bosque mixto de Nogal 95,66 MgC/ha; matorral 14,10 MgC/ha y páramo 2,22 MgC/ha.

Esta investigación permitió identificar la composición florística y almacenamiento de carbono de las especies vegetales del páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal, convirtiéndose en un instrumento que permite establecer las bases para el monitoreo, mantenimiento y conservación de la biodiversidad los ecosistemas, tomando en cuenta que esta zona presenta el riesgo de ser transformada por la influencia de incendios forestales que afecta principalmente al recurso hídrico.

**Palabras claves:** Bosque mixto de Nogal, matorral, páramo, parámetros estructurales, endemismo, biomasa y carbono.

## ABSTRACT

This study was carried out in the University Park "Francisco Vivar Castro" (PUEAR), located in the canton and province of Loja from October 2017 to July 2018, forming part of the project called: "Ecological processes of the vegetation of the Andean forest of the park university "Francisco Vivar Castro" of the National University of Loja "; with the aim of determining the floristic composition and carbon sequestration in the páramo, bushes vegetation and mixed forest of Nugal.

Five temporary plots of 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>) in the mixed forest were installed temporary plots to sample trees. All individuals greater than or equal to 5 cm of DBH (1,30 m stem height) were inventoried, the diameter and height of each individual was measured to calculate volume and basal area of each species. Five plots of 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>) in the shrub stratum and 1 x 1 (1 m<sup>2</sup>) temporary plots in the herbaceous stratum were installed respectively. In the shrub vegetation, ten temporary plots of 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) were installed and ten plots of 2 x 2 m (4 m<sup>2</sup>) in the páramo to sample herbs. The floristic composition was determined, structural parameters such as: absolute density (D), relative density (Dr), relative dominance (DmR), frequency (Fr), importance value index (IVI), Shannon index and endemism.

To determine the carbon sequestration in the mixed forest of Nugal, 5 plots of (20 x 20 m) were installed, within which 3 plots (5 x 2 m) and (1 x 1 m) were installed for shrubs and herbs respectively. With respect to the shrub and páramo vegetation, 10 sample plots were installed for each ecosystem of (1 x 1 m) respectively. The carbon content of the trees was estimated from the calculation of stem biomass and estimates of the percentage of foliar and root biomass. To calculate the carbon content of shrubs and herbs from the mixed forest, as well as for shrub and páramo cover, the destructive method was applied which consisted in cutting, weighing and labeling in situ all the existing vegetation of each plot, taking 1 kg samples to obtain the dry weight / wet weight ratio equivalent to biomass. To calculate the carbon, the biomass obtained by the conversion factor of 0.5 was multiplied.

A total of 517 individuals were registered in the mixed forest of Nugal, belonging to 43 species 38 genera, 29 families, of which 11 species are arboreal, 20 shrubs and 12 herbaceous species in a 2 000 m<sup>2</sup> of sampling area; This forest has a basal area of 17, 75 m<sup>2</sup> / ha and a volume of 219, 95 m<sup>3</sup> / ha. Regarding the floristic composition of the shrub, a total of 1 808 individuals were registered, yielding a total of 46 species within 39 genera belonging to 21

families in 1 000 m<sup>2</sup> of sampling area. The floristic composition of the páramo registered 384 individuals distributed in 14 species of 12 genera and 9 families, in 40 m<sup>2</sup> of sampling area.

The most ecologically important species of the Nogal mixto forest were: *Juglans neotropica*, *Eucalyptus* sp, *Verbesina lloensis*, *Piper asperiusculum*, *Lycianthes radiata*, *Blechnum occidentale* and *Cyperus rotundus*. Regarding the shrub vegetation: *Gaultheria reticulata*, *Ageratina dendroides*, *Pteridium arachnoideum*, *Rhynchospora vulcani*. For the páramo the important species were: *Pteridium arachnoideum*, *Paepalanthus ensifolius*, *Calamagrostis intermedia*, *Axonopus compressus* and *Puya eryngioides*.

Seven endemic species were registered in the study area, *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus*, (Asteraceae); *Puya eryngioides* (Bromeliaceae); *Bejaria subsessilis* (Ericaceae) and *Lepechinia mutica* (Lamiaceae).

The carbon content was estimated in 95.66 MgC/ha for the mixed forest of Nogal; 14,10 MgC/ha for shrub vegetation and 2,22 MgC/ha for páramo.

This investigation in the University Park "Francisco Vivar Castro", allowed to identify the floristic composition and carbon storage of the vegetal species of the anthropic páramo, shrub vegetation and mixed forest of Nogal, becoming as an instrument that allow establishing the bases for the monitoring, maintenance, and conservation of the biodiversity of the ecosystems, taking into account that this zone presents the risk of being transformed by the influence of forest fires that mainly affects the water resource.

**Keywords:** Mixed forest of Nogal, scrub, paramo, structural parameters, endemism, biomass and carbon.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques montanos son importantes por la diversidad de flora que poseen (a mayor altitud mayor aumento de la biodiversidad) y por la amplia gama de beneficios ambientales, económicos y sociales que brindan. Ellos, suministran diversos productos valiosos como: madera, leña, fibras y otros productos forestales diferentes a la madera (Hamilton, 1995)

Así mismo, los bosques proporcionan servicios ecosistémicos esenciales como la lucha contra la desertificación, la protección de las cuencas hidrográficas, la regulación del clima, la conservación de la diversidad biológica y en el mantenimiento de los valores sociales y culturales. Además, desempeñan un papel importante frente a los problemas generados por el cambio climático al realizar la función de absorción de carbono de la atmósfera (FAO, 2010).

La presión y transformación de los ecosistemas naturales, en los últimos 50 años son significativos, afectando principalmente la diversidad, composición florística, densidad y crecimiento de las masas forestales (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Este proceso destructivo se da en todos los ecosistemas boscosos del Ecuador, causado principalmente por la conversión de uso, deforestación y sobreexplotación de recursos. (Vélez *et al.*, 2018)

La degradación del ecosistema andino es severa, los remanentes que quedan, no logran cumplir a cabalidad la función ecosistémica; esta degradación ocurre de diferentes formas y se manifiesta en una disminución de la diversidad biológica, en su estructura y en los bienes y servicios que ofrecen (Melo y Vargas, 2003). Las causas que han provocado el cambio climático son especialmente las actividades humanas llevadas con mayor intensidad después del desarrollo industrial (Guivarch & Hallegatte, 2013).

La acumulación y secuestro de carbono (C) son servicios ecosistémicos importantes para el bienestar humano, como son la regulación de gases, mantenimiento de la capa de ozono y regulación climática (Constanza *et al.*, 1997; de Groot *et al.*, 2002). Actualmente son varios los estudios destinados a determinar la capacidad de secuestro de carbono en los ecosistemas forestales, tanto en plantaciones de especies exóticas, como en bosques nativos. Se ha demostrado que los ecosistemas forestales, con un manejo adecuado, pueden secuestrar más C que otros ecosistemas terrestres (Dixon *et al.*, 1994), contribuyendo a la mitigación del cambio climático, producido por el aumento de la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico.

El secuestro de C, por lo tanto, ha despertado gran interés en los últimos años a partir del compromiso por parte de países desarrollados de otorgar “créditos de carbono” o “bonos verdes” como compensación de sus emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo a las bases del Protocolo de Kyoto de 1997. La presencia de gases en la atmosfera provoca el calentamiento global o efecto invernadero que en condiciones normales son indispensables para el desarrollo de la vida en la superficie terrestre, el aumento excesivo provoca problemas ambientales globales y trastornos importantes que modifican los procesos naturales y dinámicas en los componentes del ecosistema (Conde y Saldaña-Zorrilla, 2007).

La falta de investigación en diversidad vegetal y carbono en bosques andinos, determinan que los ecosistemas menos estudiados en los trópicos en cuanto a sus reservorios y flujos de carbono son los bosques montanos andinos, pese a que representan más del 40 % de la vegetación remanente en los Andes tropicales (Josse *et al.*, 2009).

Por lo anteriormente señalado, se requiere generar información científica relacionada a la diversidad, composición florística y almacenamiento de carbono de las especies vegetales de los bosques andinos, que permitan conocer y valorar los ecosistemas y la planificación de proyectos de conservación y mitigación al cambio climático.

La Universidad Nacional de Loja desde 1983, maneja el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, con un área de 90 hectáreas, el cual posee cinco ecosistemas: bosque andino, matorral, páramo antrópico, bosque de *Junglas neotropica* y plantaciones de pino y eucalipto, constituyéndose en una excelente oportunidad para documentar la diversidad, ecología de remanentes boscosos andinos (Aguirre *et al.*, 2016).

Esta investigación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUEAR), permitió identificar la composición florística y almacenamiento de carbono de las especies vegetales del páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal, que permitirán conocer y valorar los ecosistemas con la planificación de proyectos de conservación y mitigación al cambio climático, cuyo argumento científico-técnico servirá para recomendar protocolos de producción, uso y manejo de recursos vegetales, que servirá para la enseñanza universitaria y para la toma de decisiones de manejo que impulsen las instituciones pertinentes.

Esta situación se facilita debido a que la Universidad Nacional de Loja desde 1983, maneja el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, con un área de 90 hectáreas, posee cinco ecosistemas: bosque andino, matorral, páramo antrópico, bosque de *Junglas neotropica* y

plantaciones de pino y eucalipto; y, constituye una excelente oportunidad para documentar la diversidad, ecología de remanentes boscosos andinos (Aguirre *et al.*, 2016).

En este sentido, el presente proyecto responde a las siguientes preguntas de investigación: ¿Existen diferencias sobre la composición florística entre páramo, matorral y bosque mixto de Nogal? y ¿existen diferencias en la captura de carbono entre los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal?

Esta investigación cumplió con los siguientes objetivos:

General.

- Contribuir al conocimiento sobre la diversidad florística y captura de carbono los ecosistemas páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario "Francisco Vivar Castro", del cantón y provincia de Loja.

Específicos.

- Determinar la diversidad florística en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario "Francisco Vivar Castro"
- Estimar la captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro"
- Socializar los resultados obtenidos con los actores interesados.

El estudio se realizó en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" (PUEAR), cantón y provincia de Loja, entre octubre del 2017 a julio de 2018, formando parte del proyecto denominado: "Procesos ecológicos de la vegetación del bosque andino del parque universitario "Francisco Vivar Castro" de la Universidad Nacional de Loja".



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Ecosistema bosque montano**

Según Uday (2003) es la formación andina típica, que se desarrolla en zonas con temperaturas promedio menores que en las partes bajas y constante condensación de niebla. El bosque de montaña o bosque montano, se debe principalmente a la combinación de alta temperatura y temperaturas templadas que han creado un ambiente favorable para la coexistencia de la flora neotropical. Este tipo de formación vegetal es importante por los servicios ambientales que proporcionan, especialmente agua, pues estos bosques parecen derivar la mayor de sus recursos hídricos de las nubes debido a que tienen epifitas grandes y abundantes (Balslev y Øllgaard, 2002).

### **2.2. Distribución del bosque de neblina montano**

Se localizan en las provincias de Zamora, Loja y El Oro, en El Oro en los rangos altitudinales de 2000-2800 msnm, en las partes altas de Chilla. En la provincia de Loja en el rango altitudinal 2300-2900 msnm. En la zona del flanco occidental del Parque Nacional Podocarpus: Cajanuma, Cerro Toledo, Cruz del Soldado en el cruce de Sabanilla, Loja-Zamora, al norte en Acacana, La Cofradía, Loma del Oro, Fierro-Urco, entre Celén y Selva Alegre, Bellavista (Manú), Cerro Santa Ana, Bosque de Angashcola en Amaluza (Lozano *et al.*, 2009).

### **2.3. Tipos de ecosistemas del parque universitario “Francisco Vivar C”**

Según los tipos de ecosistemas reportados por el MAE (2013)

#### **2.3.1. Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes**

Vegetación densa que alcanza alturas de hasta 8 m, el estrato arbustivo es denso dominado por elementos andinos característicos de bosque secundarios, se encuentra sobre terrenos de pendientes moderadas, está formada por especies de sucesión luego de la conversión de uso y abandono por baja productividad.

Así mismo, ocupa grandes extensiones en laderas, entre cultivos, en hondonadas, por lo general soporta frecuentes incendios forestales. Los suelos sobre los que se desarrolla son medianamente fértiles y se recuperan con el aporte de la materia vegetal. La mayor parte de este ecosistema se encuentra hacia las vertientes occidentales de la cordillera oriental y las vertientes disectadas de la cordillera occidental.

Las especies diagnósticas para este tipo de ecosistema son: *Baccharis obtusifolia*, *B. alaternoides*, *Barnadesia arborea*, *Bejaria aestuans*, *B. resinosa*, *Berberis rigida*, *Cantua quercifolia*, *Coriaria ruscifolia*, *Escallonia floribunda*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Lomatia hirsuta*, *Lepechinia mutica*, *L. paniculata*, *Oreocallis grandiflora*, *Persea ferruginea*, *P. brevipes*, *Symplocos rigidissima*, *Viburnum triphyllum*.

### **2.3.2. Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes**

Ecosistema donde el dosel alcanza los 20 m, generalmente los árboles tienden a desarrollar fustes rectos (Madsen y Øllgaard, 1993) en zonas accidentadas los árboles tienen fustes torcidos y quebrados donde el dosel alcanza alrededor de 4 m de altura. El ecosistema se extiende desde los 2200 a 3000 msnm en algunas localidades puede encontrarse fuera de este rango altitudinal (Fehse *et al.*, 1998; Valencia *et al.*, 1999). Los elementos florísticos de tierras bajas están prácticamente ausentes y la mayoría de familias y géneros son de origen andino (Balslev y Øllgaard, 2002).

En estos bosques son importantes las familias Melastomataceae, Myrsinaceae, Cunoniaceae, Clusiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Celastraceae, Podocarpaceae y Ternstroemiaceae. Se han registrado entre 75 y 110 especies por hectárea (Madsen y Øllgaard, 1993; Medina-Torres, 2008).

## **2.4. Formaciones vegetales del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”**

Según Aguirre y Yaguana (2014) en el PUEAR se puede encontrar los siguientes tipos de vegetación

### **2.4.1. Bosque Natural**

Este ecosistema se encuentra a una altitud de 2 250 msnm. Tiene una extensión de 12,93 ha que corresponde al 13,46 % del área total del PUEAR, es la cobertura boscosa de máximo crecimiento y desarrollo con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epifitas. Gran parte de este bosque se encuentra en lugares de difícil acceso tanto por la estructura de la vegetación y la pendiente del terreno. Debajo del bosque natural existen suelos profundos y negros, con una buena capa de materia orgánica compuesta de árboles caídos, ramas y hojas que han sido desintegradas por agentes de meteorización y microorganismos del suelo. Dentro de este ecosistemas se incluyen el bosque con domino de

*Junglas neotropica* (nogal) con 2,91 ha (3,03 %); y, el bosque con abundancia de *Alnus acuminata* (aliso) con una extensión de 2,45 ha (2,55 %).

#### **2.4.2. Matorral Alto**

Está constituido por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario, comprende un área de 28,4 ha que corresponde al 29,58 % del área del PUEAR. Se puede distinguir dos estratos: arbustivo y herbáceo; además gran cantidad de plantas inferiores, que conjuntamente con los residuos vegetales forman la cobertura del suelo, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad.

#### **2.4.3. Matorral Bajo**

Este ecosistema comprende 14,27 ha que constituye el 14,86 % del área total del PUEAR. Corresponde a vegetación secundaria, producto de la destrucción del bosque, por incendios forestales, está ubicada en las partes altas con fuertes pendientes, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo y del nacimiento de las quebradas. Está conformada por arbustos, hierbas y una gran cantidad de plantas inferiores.

#### **2.4.4. Páramo Antrópico**

Llamado también pajonal, localizado entre 2380 a 2468 msnm, ocupa 20,58 ha dentro del PUEAR (21,44 %), sobre terrenos con pendientes mayores a 35 %, es una formación herbácea perenne, con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*; en conjunto forma una vegetación densa muy importante en la conservación por su capacidad retentiva de agua.

#### **2.4.5. Pastizales**

Pasto natural localizado en los alrededores de la casa de visitantes, ocupa 0,65 ha (0,68 %). Además, se ha asociado especies forestales y frutales, constituyéndose en un llamativo muestrario de flora útil de la hoya de Loja, donde actualmente están inventariadas 40 especies.

#### **2.4.6. Plantaciones forestales**

Este tipo de cobertura vegetal está conformada especialmente por Eucalipto y Pino, tiene un área de 13,83 ha (14,4 % del PUEAR, encontrándose 12 especies de eucaliptos y 11 especies de pino. Bajo el dosel de las plantaciones se ha formado un interesante sotobosque con especies nativas, donde se han inventariado 20 especies que corresponden a 14 familias.

## 2.5. Composición florística

Según Aguirre (2013) define a la composición florística como el conjunto de plantas de diferentes especies que conforman un tipo de formación vegetal natural o plantada. Así mismo menciona que la composición florística está dada por la heterogeneidad de plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación. Lo que equivale a demostrar la riqueza de especies vegetales de un determinado tipo de vegetación. Se expresa mediante la suma de todas las especies diferentes que se han registrado en cada uno de los transectos o parcelas y sirven para obtener información útil para el manejo de una determinada región como remanentes de vegetación.

Según Sánchez y Rosales (2002), la diversidad de la composición florística en los tópicos se ve influenciada por los siguientes factores:

- **Clima**, con todas sus manifestaciones de temperatura, viento, humedad ambiental y radiación pues todos estos elementos son manifestaciones de la energía procedente del sol.
- **Suelo**, con todas sus características físicas químicas y microbiológicas. Además de estos factores existen otros de menor importancia como el número de animales que actúan como agentes dispersantes de las semillas, la composición florística de la vegetación circundante y las características de las especies vegetales disponibles para invadir el área descubierta.

## 2.6. Evaluación e interpretación de los ecosistemas boscosos

Para la interpretación se utilizan parámetros estructurales de la vegetación como:

### 2.6.1. Densidad absoluta (D)

Esta dada por el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie determinada. Para el cálculo no es necesario contar todos los individuos de una zona, sino que se puede realizar muestreos en áreas representativas (Aguirre y Aguirre, 1999).

### 2.6.2. Densidad relativa (Dr)

Esta dada por número de individuos de una misma especie con relación al total de individuos de la población (Aguirre y Aguirre, 1999).

### **2.6.3. Dominancia relativa (Dm)**

Aguirre y Aguirre (1999), definen la dominancia, como el porcentaje de biomasa que aporta una especie. Se expresa por la relación entre el área basal del conjunto de individuos de una especie y el área muestreada. Se usa para árboles y arbustos.

Por otro lado Lamprecht (1990) dice que, es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. Las sumas de las proyecciones de las copas de todos los individuos de una especie determinan su dominancia. La determinación de las proyecciones de las copas resulta muchas veces complicada debido a la estructura vertical de algunos tipos de bosque. Por ello, generalmente estas no son evaluadas, sino que se emplean las áreas basales calculadas como sustitutos de los verdaderos valores de dominancia.

### **2.6.4. Frecuencia**

Cerón (1993), dice que la frecuencia es el número de unidades de muestreos con la especie, suma de frecuencias de todas las especies. Uday (2003), menciona que la frecuencia absoluta se expresa en porcentajes (100 % = existencia en todas las subparcelas). La frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

### **2.6.5. Índice de valor de importancia (IVI)**

Este índice indica qué tan importante es una especie dentro de una comunidad vegetal. La especie que tiene el IVI más alto significa entre otras cosas que es ecológicamente dominante; que absorbe muchos nutrientes, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese ecosistema. Su ausencia implica cambios substanciales en la estabilidad del ecosistema (Aguirre y Aguirre, 1999).

## **2.7. Endemismo**

Se dice que una especie es endémica de una zona determinada si su área de distribución está enteramente confinada a esa zona. Estas especies situadas en un lugar determinado no se encuentran en ningún otro. Cuanto menor es el área de endemismo, mayor es el riesgo de que las especies endémicas sufran cambios de población; estas especies tienen poca variabilidad genética por eso no se adaptan a condiciones diferentes a las de su hábitat (Aguirre, 2007).

### 2.7.1. Tipos de endemismo

Según Aguirre (2015) en base a la distribución y para efectos de investigación y conservación, el endemismo se puede calificar como:

- a) **Endemismo nacional:** la especie se puede encontrar en varias provincias del país.
- b) **Endemismo regional:** las especies crecen exclusivamente en una región dada de ese país, ejemplo la región sur del Ecuador, región amazónica.
- c) **Endemismo local:** es un tipo de endemismo muy especial, pues esa especie tiene la posibilidad muy restringida de crecer en un solo sitio o lugar.
- d) **Endemismo compartido:** se da en especies que viven en áreas restringidas, pero que pertenecen a dos países diferentes.

### 2.8. Criterios para nombrar una especie como endémica

Aguirre (2015) menciona los siguientes criterios para calificar una especie como endémica:

La especie tiene un rango de distribución geográfica muy restringido, crece en solo un sitio y no existe posibilidades que crezca o de encontrarla en otro lugar.

La distribución geográfica de la especie sigue patrones geográficos bien definidos. La riqueza de endemismos se relaciona con la distancia al trópico, existe mayor endemismo en los trópicos. El grado de endemismo crece a partir de los 40 a 50° hacia el Ecuador.

Ese endemismo es irremplazable y supone por lo general la existencia de un alto número de especies en peligro de extinción.

El endemismo está relacionado con los centros de diversidad biológica, que es donde existe mayor variabilidad de la especie.

El endemismo se mide en rango específico (especies), pero se puede considerar también familias y variedades.

#### 2.8.1. Categorías de conservación

La más difundida de las clasificaciones para los estados de conservación es la elaborada por la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (ver figura 1). Este sistema divide a los taxones en tres grandes categorías, con varias subcategorías.

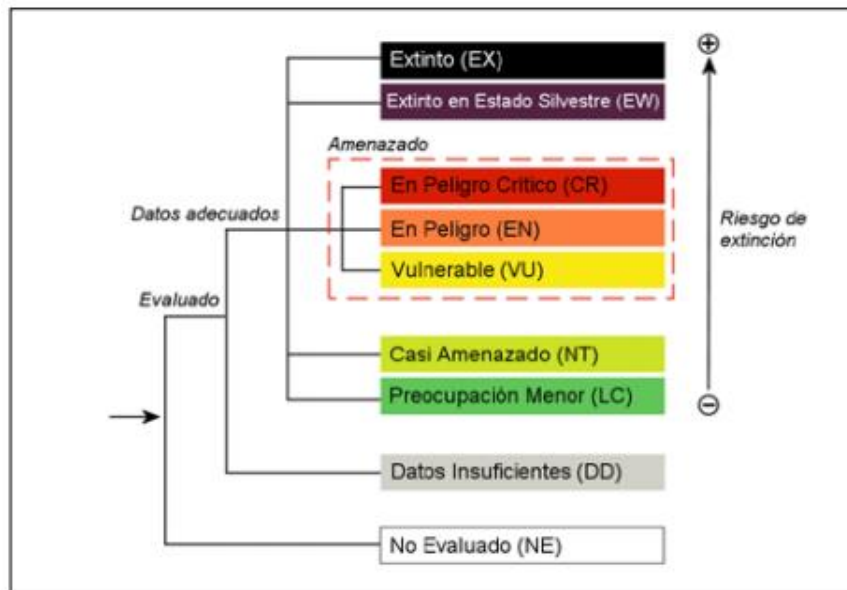


Figura 1. Categorías de conservación.

## 2.9. Estudios similares en la zona

Lozano y Yaguana (2009), en un estudio realizado en dos parcelas permanentes de 1 hectárea, cada una instalada en el bosque nublado de las reservas naturales de Tapichalaca y Numbala; respecto a Tapichalaca: registraron 544 árboles igual o mayor a 5 cm de diámetro a la altura del pecho, que pertenecen a 86 especies, 55 géneros y a 30 familias dando un área basal de 25,68 m<sup>2</sup>/ha y un volumen total de 255,24 m<sup>3</sup>/ha; mientras que en la reserva natural de Numbala registraron 1 091 árboles mayores o iguales a 5 cm de diámetro a la altura del pecho, que pertenecen a 171 especies, 84 géneros y a 44 familias dando una área basal de 47,13 m<sup>2</sup>/ha y un volumen total de 651,89 m<sup>3</sup>/ha; en cuanto al endemismo registraron 20 especies endémicas de las cuales 9 son árboles.

Ayala *et al.*, (2014), en un estudio de cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador; determinaron los tipos de cobertura vegetal del Parque Nacional Yacuri y, para los páramos arbustivo y herbáceo se determinó respectivamente su composición y estructura, incluyendo el carbono fijado en la biomasa, necromasa y suelo y, la influencia de la biomasa en los contenidos de carbono fijado en el suelo; usando parcelas temporales de 4 m<sup>2</sup> y 1 m<sup>2</sup>. Los tipos de cobertura vegetal presentes son páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro, rocas/ picachos y sistema lacustre. La diversidad florística fue de 62 especies de plantas vasculares en 76 m<sup>2</sup> de muestreo de páramo arbustivo; y 76 especies en 144 m<sup>2</sup> de muestreo en páramo herbáceo. Se registraron ocho especies endémicas para el

páramo arbustivo y 11 para el páramo herbáceo. El carbono almacenado en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es de 159,05 tC/ha y en el páramo herbáceo es de 116,18 tC/ha. El contenido de carbono fijado en el suelo a 0,60 m de profundidad es de 537,06 tC/ha para el páramo herbáceo y, en los suelos del páramo arbustivo es de 471,59 tC/ha. La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos presentan una mínima relación. No fue posible generar un modelo matemático para estimar el contenido de carbono en el suelo.

Aleaga (2014), en un estudio realizado para determinar patrones de diversidad y distribución de plantas leñosas en una gradiente altitudinal entre la provincia de Loja y Zamora Chinchipe, específicamente en el bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes (BsMn02) a 2 410 msnm en tres parcelas de 20 m x 20 m cada una inventariando a todos los individuos con diámetro a la altura del pecho DAP  $\geq$  10 cm, determino 146 individuos de árboles, con un número total de 35 especies distribuidas en 22 familias; también determino que la familia Melastomataceae es la más diversa; mientras que el índice de Shannon-Wiener fue de 3,02 interpretando como diversidad media.

Pardo *et al.*, (2004) reportan en 0,75 ha de muestreo en el bosque nativo Huashapamba, cantón Saraguro, 434 árboles mayores a 10 cm de diámetro a la altura del pecho alcanzando una área basal de 13,374 m<sup>2</sup> y un volumen total de 31, 2515 m<sup>3</sup>. Respecto al endemismo encontraron 13 especies endémicas de las cuales una especie está en la categoría en peligro (EN), 8 especies en vulnerable (VU), 2 especies en casi amenazadas (NT) y dos especies en preocupación menor (LC); de las 13 especies endémicas 9 son árboles.

Garcia (2014), en el bosque de neblina montano de San Antonio de la Montaña, en una superficie de 1000 m<sup>2</sup>, se encontró: 190 individuos agrupados en 23 familias, 38 especies arbóreas y arbustivas, y 27 especies herbáceas. Las especies más abundantes fueron *Oreopanax ecuadorensis* con 17 individuos, seguido por *Miconia agregata* con 14, *Axinea quitensis* y *Crotón magdalenensis* con 12 individuos. Las especies con mayor valor de importancia fueron: *Crotón magdalenensis* con 17,69 %, *Saurauia tomentosa* con 17,06 % y *Cedrela montana* con 14,37 %. Las familias más abundantes fueron Melastomataceae compuesta por 5 especies en un total de 44 individuos, y Euphorbiaceae con 3 especies y 21 individuos son las más significativas, obteniendo una densidad relativa de 23,16 % y 11,05 % respectivamente. Con mayor valor de importancia se hallaron las familias: Melastomataceae con 43,07 %, Euphorbiaceae 39,97 %, y Meliaceae con 27,15 %, de acuerdo a los índices de Simpson y



Shannon-Wiener este bosque posee una alta diversidad sin que exista una especie que sea claramente dominante.

## **2.10. El ciclo del carbono**

Elemento químico sólido y no metálico presente en todos los componentes orgánicos y algunos inorgánicos. En su estado puro se encuentra como diamante o grafito. Su símbolo es C y su número atómico es 6 (Lino, 2009).

Ordoñez (1999), menciona que, este ciclo gira especialmente alrededor del dióxido de carbono, ya que constituye la especie química predominante en la atmósfera.

El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas (ver figura 2).

A sí mismo afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO<sub>2</sub> contenido en la atmósfera, ya que es el mecanismo que equilibra las cantidades de carbono presentes en los diferentes reservorios o almacenes de carbono en el planeta.

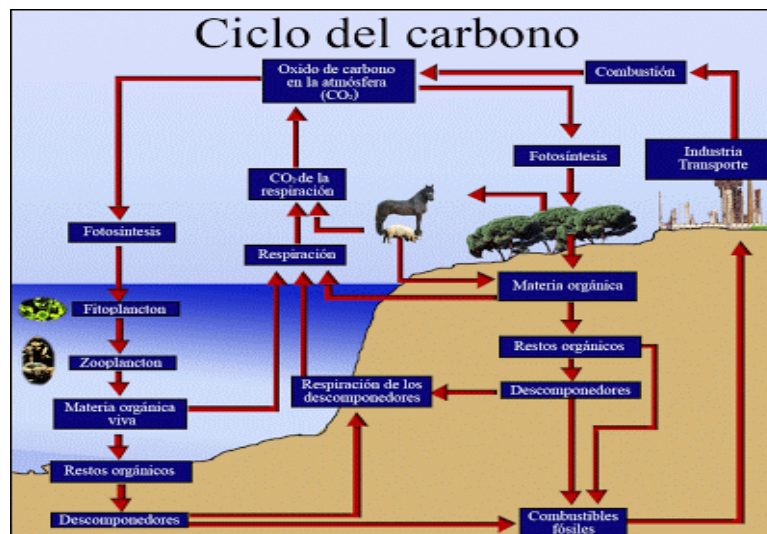


Figura 2. Ciclo del carbono

### 2.10.1 Almacenamiento de carbono

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas efecto invernadero (GEI) que más contribuye al calentamiento global. Una forma de mitigar sus efectos es almacenarlo en dos componentes principales de los ecosistemas terrestres: en la biomasa a través de la fotosíntesis y en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica (Ávila *et al.*, 2001).

### 2.10.2 Reservorio de carbono

Es cantidad de carbono contenido en un sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Estos pueden ser los océanos, suelo, y la vegetación. En el contexto de los bosques se refiere a la cantidad de carbono almacenado en los ecosistemas forestales especialmente en la biomasa y el suelo y en menor proporción en la madera muerta y hojarasca (FAO *et al.*, 2011).

### 2.10.3. El carbono fijado (Cf)

Se refiere al flujo de carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la población (Ortiz *et al.*, 2006).

Este tipo de carbono depende de las características de la especie, la tasa de crecimiento y la longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación.

#### **2.10.4. Secuestro de carbono**

Es el retiro de CO<sub>2</sub> de la atmósfera para fijarlo o almacenarlo en un depósito de carbono (Gonzales *et al.*, 2006). Proceso bioquímico mediante el cual el CO<sub>2</sub> atmosférico es absorbido y fijado por la biomasa vegetal como resultado de la fotosíntesis (Lino, 2009).

El secuestro de carbono ha adquirido relevancia en los últimos tiempos ya que es una de las pocas actividades que pueden disminuir la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y mitigar el cambio climático. Existen mecanismos internacionales que ofrecen recompensas económicas en forma de pago por estos servicios. Los más importantes a través de los cuales es posible hacerlo son: el Protocolo de Kyoto, los MDL (*Mecanismos de Desarrollo Limpio*) y los proyectos REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in Developing countries*).

#### **2.10.5. Sumidero**

El concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de Cambio Climático de 1992. Un sumidero de gases de efecto invernadero, según la Convención, es cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena. En el ámbito del Protocolo de Kyoto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura que se traducen en una captura del CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO<sub>2</sub> contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera, y por lo tanto, a mitigar el cambio climático (IPCC, 2007).

#### **2.11. Biomasa forestal**

La biomasa forestal se define como el peso de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo, es el resultado del proceso fotosintético para obtener los elementos nutritivos existentes en el medio, utilizando la energía solar. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Schlegel *et al.*, 2002; Mac Donald, 2005).

En los últimos tiempos la biomasa forestal se ha convertido en un importante objeto de estudio, principalmente para procesos industriales, energéticos y ambientales; en el aspecto de servicios ecosistémicos a través de la biomasa se puede estimar la cantidad de carbono almacenado en ecosistemas boscosos y se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque (FAO, 2000; Vidal *et al.*, 2003; Merino *et al.*, 2003).

En términos porcentuales, el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre 55 y 77 % del total: luego están las ramas con 5 a 37 %; y por último las hojas y la corteza del fuste entre 1 y 15 % y 4 a 16 % respectivamente (Álvarez, 2008).

La cantidad de biomasa producida está relacionada a las condiciones ambientales del lugar y estructurales de las especies (Muñoz, 2001; Saavedra, 2005; Gayoso *et al.*, 2002).

## **2.12. Métodos para estimar biomasa forestal**

El cálculo de la biomasa es el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas y la contribución de los bosques tropicales en el ciclo global del carbono (Álvarez, 2008).

Según Fonseca *et al.*, (2009) existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto; Además Álvarez (2008) en un estudio en Bolivia agrega un tercer método por sensores remotos.

### **2.12.1. Tradicional o indirecto**

Según Segura (2008), la utilización de este método básicamente consiste en cubicar los árboles y estimar volúmenes de la madera y mediante la toma de muestras se puede estimar otros parámetros necesarios como el peso seco y densidad de la madera necesarios para estimar la biomasa total. Se puede recurrir también la utilización de ecuaciones alométricas ya generadas en otros estudios, mediante este método se deben medir variables como DAP, altura total, altura comercial, densidad entre otros, menciona que este método se puede aplicar en situaciones de crecimiento similares (Parresor, 1999).

De acuerdo con Brown (1997), puede aplicarse en los bosques densos, secundarios o maduros (correspondiente a climas húmedos y semiáridos). La biomasa se estima a través de ecuación:

$$BA = VC * D * FEB$$

Dónde:

**BA** = Biomasa aérea (t/ha)

**VC** = Volumen comercial (m<sup>3</sup>)

**D** = Densidad básica de la madera (t/m<sup>3</sup>)

**FEB** = Factor de expansión de la biomasa.

### **2.12.2. Destructivo o directo**

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere la aplicación del método destructivo (Brown, 1997). Consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente (Fonseca *et al.*, 2009).

Este método proporciona un valor exacto de la biomasa, es el método más preciso debido a que las variables tales como peso fresco y volumen se miden directamente omitiendo errores de estimación; además, este método permite generar relaciones funcionales con variables de fácil medición en un inventario forestal, presenta un alto costo económico y ecológico por la propia destrucción de los árboles (Gayoso *et al.*, 2002; Brown, 1997).

### **2.12.3. Por sensores remotos.**

Las imágenes satelitales registran el comportamiento de la superficie terrestre a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, proporcionando una gran cantidad de datos espacialmente contiguos entre sí y distribuidos a lo largo de extensas áreas geográficas.

Estas propiedades confieren la capacidad de detectar, reconocer e identificar coberturas de suelo, así como medir numerosas propiedades biofísicas y bioquímicas asociadas a ellas, ofreciendo ventajas en comparación con métodos *in situ*, que muchas veces requieren de mediciones en terreno que pueden resultar prohibitivas a amplias escalas, debido a limitantes de accesibilidad, tiempo y recursos (Álvarez, 2008).

Esta información permite establecer diferentes características de los ecosistemas y de esta forma estimar la dinámica de la biomasa, acompañando la realización de mapas para identificar diferentes tipos de bosques (Foody *et al.*, 1996).

### **2.13. Estudios similares realizados en ecosistemas del Ecuador sobre cuantificación de carbono.**

En el caso del Ecuador Moser *et al.*, (2011) cuantifican contenidos de carbono por unidad de área en los bosques montanos del sur. Presentan un análisis de la variación de la biomasa aérea y subterránea a lo largo de un gradiente altitudinal de 2 000 m, con intervalos cada 300/400 metros, similar al realizado por Gibbon *et al.*, (2010). Los valores de carbono más altos se reportaron en los bosques a 1 050 msnm con un promedio de 154 MgC/ha, de los cuales el 90 % corresponde a biomasa aérea y el 10 % al carbono contenido en raíces.

Los bosques localizados a 2 380 metros de altitud reportan un total de 67 MgC/ha, de los cuales 48 Mg corresponden a la biomasa aérea (72 %), lo que evidencia también una reducción en la proporción de BA: BS respecto a los bosques más bajos. Este patrón sugiere que dentro de los diferentes compartimentos de la producción neta primaria de un bosque, algunos de ellos son negativamente controlados por la variación de temperatura y humedad, y otros son favorecidos conforme la elevación es mayor.

Los bosques caracterizados a 3 060 msnm, cerca del ecotono con el páramo, evidencian un repunte en el contenido de carbono (87 MgC/ha), especialmente por la biomasa subterránea que constituye el 38 % del total contenido en estos bosques. El carbono contenido en las raíces de los árboles a esta altura es, en términos absolutos, la fracción con mayor concentración de carbono por unidad de área respecto al resto de bosques inventariados a lo largo del transecto en altitudes menores.

Un estudio realizado en el Parque Nacional Yasuní mostró que la biomasa de bosque maduro aumentó 0,13 y 0,24 Mg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> (1 Mg [Megagramo] = 10<sup>6</sup> g) en el valle y pie de monte, respectivamente, en un período de 6 años. Esto se debió completamente a un aumento en el número de árboles grandes (dap ≥10 cm). Las categorías de diámetro pequeño (dap <10 cm) perdieron 0,1 Mg/ha de biomasa. El bosque estudiado también mostró un aumento en la biomasa en pie, aunque bastante más baja que el promedio de la Amazonia (Valencia *et al.*, 2009).

(Ayala *et al.*, 2014) determinó los tipos de cobertura vegetal del Parque Nacional Yacuri y para los páramos arbustivo y herbáceo se determinó respectivamente su composición como estructura, incluyendo el carbono fijado en la biomasa, necromasa y suelo. La influencia de la biomasa en los contenidos de carbono fijado en el suelo; usando parcelas temporales de 4 m<sup>2</sup>

y 1 m<sup>2</sup>. Los tipos de cobertura vegetal presentes son páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro, rocas/picachos y sistema lacustre. El carbono almacenado en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es de 159,05 tC/ha y en el páramo herbáceo es de 116,18 tC/ha. El contenido de carbono fijado en el suelo a 0,60 m de profundidad es de 537,06 tC/ha para el páramo herbáceo y, en los suelos del páramo arbustivo es de 471,59 tC/ha. La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos presentan una mínima relación. No fue posible generar un modelo matemático para estimar el contenido de carbono en el suelo.

Hofstede (1999), indica que la selva húmeda tropical almacena 250 tC/ha, mientras que el pajonal del páramo tiene máximo de 20 tC/ha. Pero, en la selva tropical el suelo casi no contiene materia orgánica (carbono). La descomposición de la hojarasca es tan rápida por las altas temperaturas, que los restos vegetales son en la mayoría de los casos totalmente oxidados antes de ser incorporados en el suelo. Por esto, el suelo orgánico no es más profundo que 10 cm y el contenido de carbono elemental es máximo 5 %.

Por el clima frío, la alta humedad y los suelos son formados de cenizas volcánicas recientes, la descomposición de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe una gran cantidad de carbono almacenado en una capa gruesa de hojarasca, en el caso de los páramos de El Ángel, hasta dos metros de profundidad. Si se considera este caso extremo de Carchi, donde estos dos metros tienen una concentración de 17 % de carbono en el suelo, se puede calcular que en estos suelos se almacenan 1 700 toneladas de carbono por hectárea. Así, es evidente, que en el ecosistema paramuno, si se considera el suelo, puede almacenar más carbono que la selva tropical (Hofstede *et al.*, 1999).

Calderón *et al.*, (2012) en un estudio de cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, en Nueva Segovia, Nicaragua, obtuvo los contenidos de carbono en biomasa seca, hojarasca y suelos en Bosques de Regeneración (BR), Bosque Joven (BJ) y Bosque Maduro (BM).

La biomasa seca (kg/árbol) para bosque en regeneración fue 105,53; bosque joven 316,07; y 391,67 en bosque maduro y carbono almacenado es de 11, 45,5 y 58,5 (tC/ha) respectivamente. En la biomasa de hojarasca el contenido de carbono fue de 3,89 t/ha (4 tC/ha) para bosque en regeneración 5,50 (4,30 tC/ha) para bosque joven y 7,99 kg/m<sup>2</sup> (5,8 tC/ha) para bosque maduro.

El carbono determinado en el suelo fue de 310,21 y 120 tC/ha para bosque en regeneración, bosque joven, bosque maduro, respectivamente. El carbono capturado se deposita o se fija en un 75 % en el fuste de los árboles, 16,7 % en ramas y 8,3 % en acículas. El suelo cumple una función muy importante en el Carbono acumulado resultando superior su contenido de carbono bajo los suelos de cada uno de los bosques de pino en desarrollo en las tres fincas diferentes.

Aguirre., *et al* (2017). Para la elaboración del plan de negocios sobre valoración económica del servicio ambiental captura de carbono del componente leñoso del bosque, indicó que existe un reservorio de 118,44 tCO<sub>2</sub>e/ha, considerando una fase piloto de 50 000 hectáreas de bosque seco (Mangahurco), con un porcentaje de incertidumbre del 40 %, significa 71,06 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e/ha) dando un total de 3 553 200 certificados emitidos para negociar, a un precio referencia de USD 5 por certificado, lo cual da un valor económico por el servicio ecosistémico de USD 17 766 000. Los certificados de carbono (VERs) esperan ser comercializados en mercados voluntarios, permitiendo que los GADs cantonales, mancomunidad de bosque seco y las comunidades dispongan de recursos económicos que permita la ejecución de proyectos productivos en beneficio de la población local, para el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población local, a través de la generación de alternativas económicas y la conservación del bosque seco.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Localización del área de estudio**

La investigación se realizó en el parque universitario “Francisco Vivar Castro.” (PUEAR), perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, en la figura 3 se observa la ubicación del Parque Universitario a nivel cantonal, provincial y nacional.



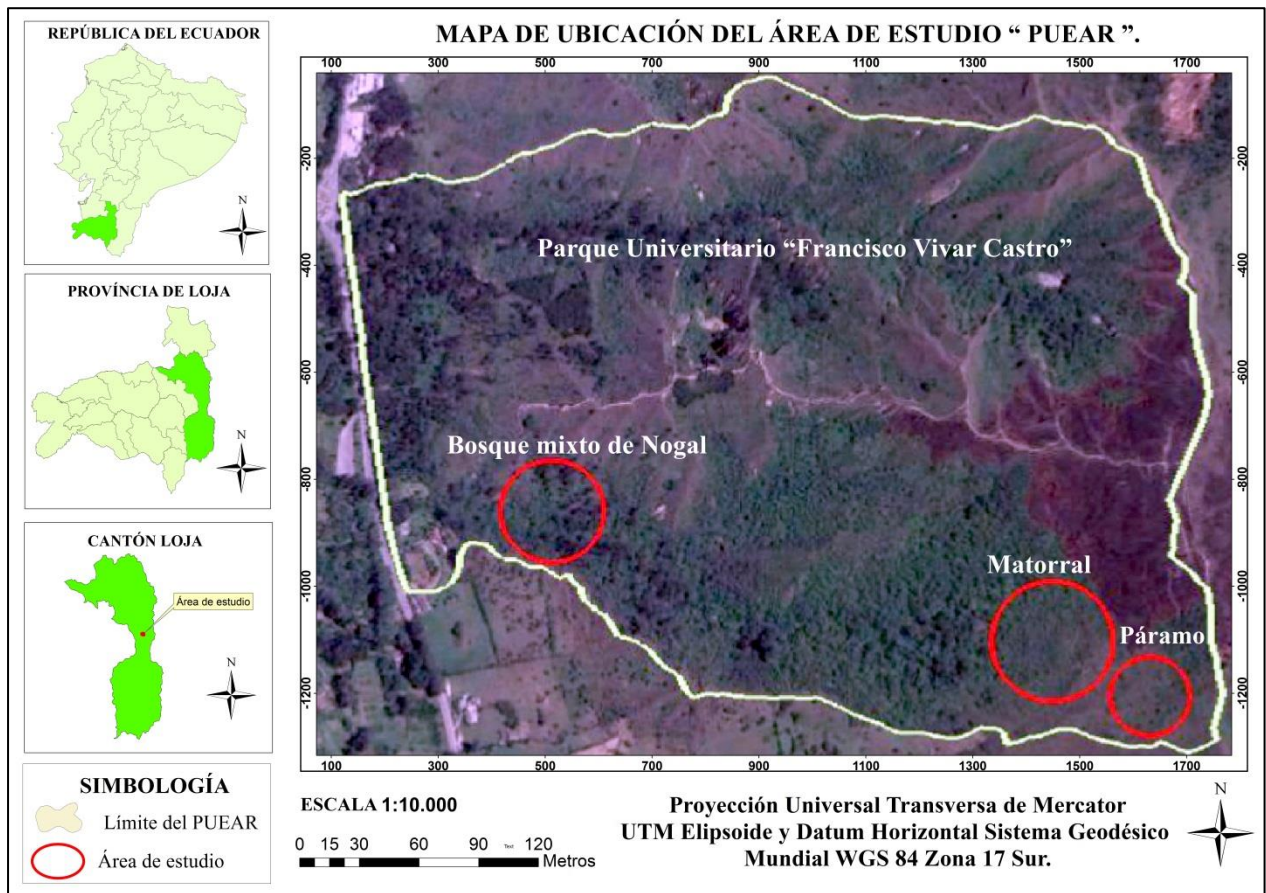


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio (PUEAR), en el contexto nacional, provincial y cantonal.

### 3.1.1. Ubicación geográfica

EL PUEAR se encuentra ubicado en el cantón Loja, parroquia San Sebastián, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, tiene una superficie total 99,13 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm (Aguirre *et al.*, 2016). Los límites del PUEAR son: por el norte la cuenca de la quebrada León Huayco, desde la carretera a Vilcabamba hasta la cresta de la cordillera oriental; por el sur con terrenos de colonos desde el Jardín Botánico hacia arriba de la cordillera oriental; por el este el filo de cordillera oriental (sector Zamora Huayco; y por el oeste la carretera a Vilcabamba (Aguirre, 2001).

### 3.1.2. Características ecológicas del área de estudio.

Los datos climáticos corresponden a la estación meteorológica “La Argelia” ubicada a 200 m del parque, que a continuación se detallan (Tabla 1).

Tabla 1. Datos climáticos del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

<b>Datos climáticos</b>	<b>Valor</b>
Precipitación media anual	955 mm/año
Temperatura media anual	16,6°C
Humedad relativa media	71,96%
Evaporación media	111,33 mm
Velocidad del viento	3,64 – 5,44 m/s
Tipo de clima según Köppen Bio-clima	Templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal. Sub-húmedo templado
Zona de vida (Cañadas, 1983)	bs-MB (Bosque seco montano bajo)

Fuente: Palacios (2012).

### **3.2. Metodología para determinar la diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

#### **3.2.1. Selección del área de estudio**

Para la instalación de las parcelas temporales y desarrollar la investigación, se procedió a seleccionar los sitios representativos del lugar (figura 4); para lo cual se consideró aspectos

como: topografía del terreno (pendientes regulares) uniformidad de la vegetación y ubicación para evitar el efecto de borde; esto se realizó mediante observación directa en campo.



Figura 4. Panorámica del páramo, matorral y bosque mixto de Nopal del (PUEAR).

### 3.2.2. Tamaño e instalación de las unidades muestréales en el páramo, matorral y bosque mixto de Nopal.

Identificados los sitios de investigación en el bosque mixto de Nopal, se delimitó e instaló 5 parcelas temporales de 20 x 20 m para muestrear árboles, en las cuales se anidaron 5 subparcelas de 5 x 5 m para muestrear arbustos y 5 subparcelas de 1 x 1 m para hierbas (ver figura 5).

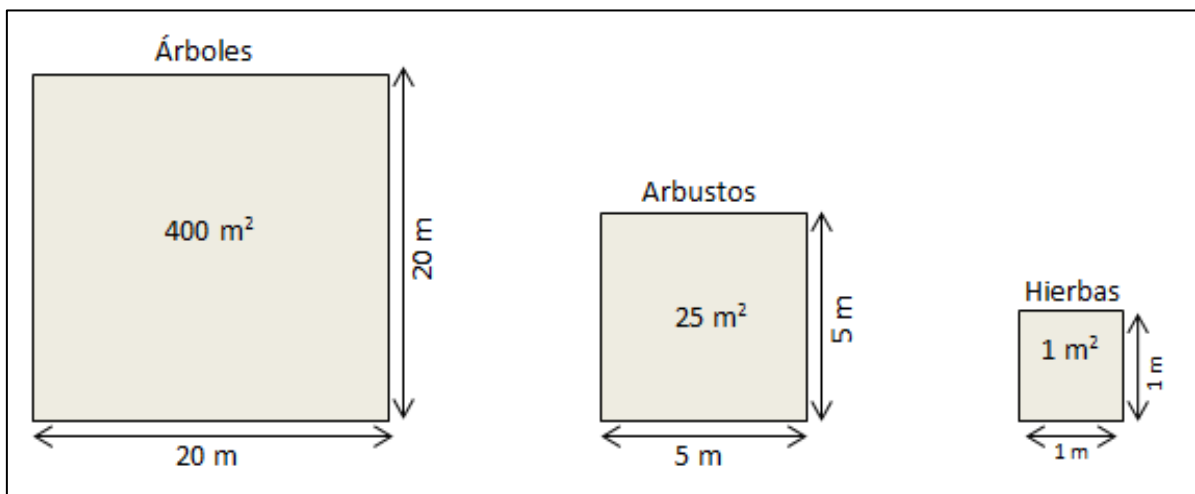


Figura 5. Diseño de las parcelas temporales del bosque mixto de Nopal.

Una vez identificados los sitios para muestrear el matorral, se delimito e instaló 10 parcelas de 10 x 10 m para muestrear arbustos y de 1 x 1 m para hierbas (figura 6); ubicadas e instaladas cada 40 metros una de otra (muestreo sistemático).

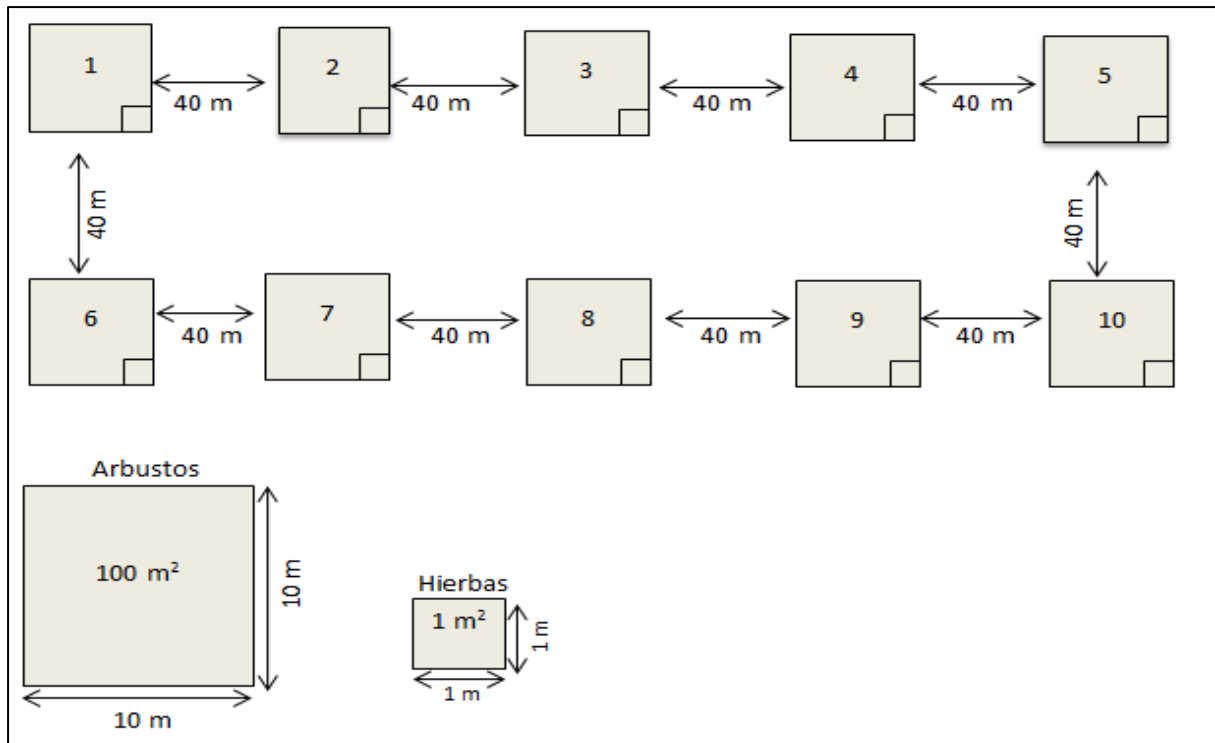


Figura 6. Diseño de parcelas temporales del matorral en el PUEAR.

En el ecosistema páramo antrópico se delimitó e instaló 10 parcelas de (2 x 2 m) ubicadas e instaladas cada 20 metros (ver figura 7).



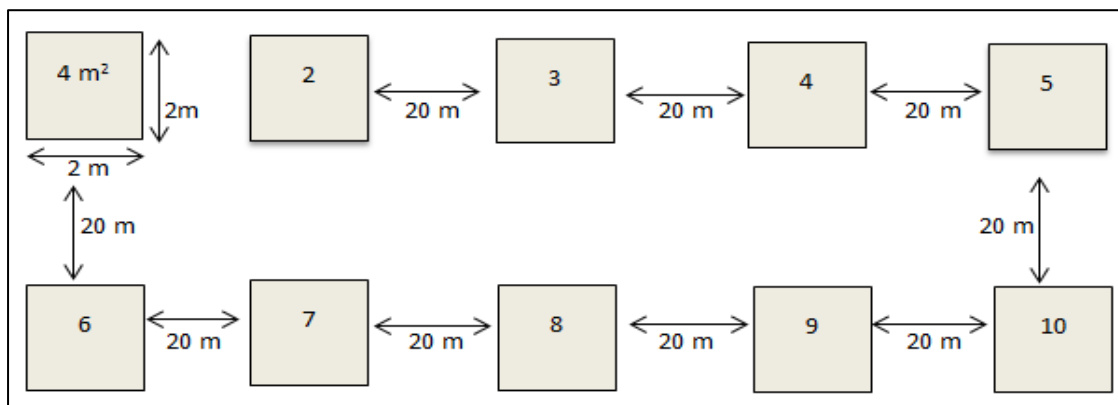


Figura 7. Diseño de parcelas temporales en el páramo del PUEAR.

Las parcelas en estudio fueron instaladas con brújula y GPS para el registró de las coordenadas geográficas (figura 8).



Figura 8. Instalación de parcelas en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal.

### 3.2.3. Registro de datos del bosque mixto de Nogal.

En las 5 parcelas de 20 x 20 m se midió todos los individuos con diámetro (DAP) mayor o igual a 5 cm; a cada individuo se midió la circunferencia a la altura del pecho ( $CAP_{1,30m}$ ) con la ayuda de una cinta métrica, para luego ser transformados a valores de DAP, dividiendo para  $\pi$  (3,1416). La altura total se midió utilizando el hipsómetro Sunnto, la información recopilada se registrara en la hoja de campo presente en la tabla 2.

Tabla 2. Hoja de campo para el registro de los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP.

#### Hoja de campo para registrar individuos $\geq$ a 5 cm de DAP

Parcela No..... Fecha.....  
Altitud msnm..... Pendiente.....

---

Número de individuo	Nombre común	Nombre Científico	Coordenada		DAP (cm)	HT (m)	Observaciones
			X	Y			

---

---

Fuente: Aguirre 2013.

### 3.2.3.1. Datos recopilados de los estratos arbustivo y herbáceo del bosque mixto de Nogal.

En los estratos tanto arbustivo como herbáceo del bosque mixto de Nogal, se registró y contabilizó todos los individuos existentes, considerando la especie a la que pertenecen. Para lo cual se utilizó la siguiente hoja de campo de la tabla 3.

Tabla 3. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas

#### Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas

Parcela No..... Fecha.....  
Altitud msnm..... Pendiente.....

---

Nombre común	Nombre Científico	Número de individuos	Observaciones
--------------	-------------------	----------------------	---------------

---

---

Fuente: Aguirre 2013.

### 3.2.4. Registró de datos del matorral y páramo antrópico.

En el matorral y páramo antrópico se registró y contabilizó todos los individuos arbustivos y herbáceos, considerando la especie a la que pertenecen, los datos se registró en la matriz de la tabla 4.

Tabla 4. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas

#### Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas

Parcela No..... Fecha.....  
 Altitud msnm..... Pendiente.....

Nombre común	Nombre Científico	Número de individuos	Observaciones
--------------	-------------------	----------------------	---------------

Fuente: Aguirre 2013.

Se colectó muestras botánicas fértiles de todas las especies no identificadas en campo, las cuales se llevó al Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja para su respectiva identificación botánica.

### 3.2.5. Cálculo de parámetros estructurales

Con los datos obtenidos en los ecosistemas estudiados se calculó los parámetros estructurales para caracterizar la vegetación. Para los cálculos se aplicó las fórmulas planteadas por Aguirre y Aguirre (1999) y Cerón (1993) (ver tabla 5).

Tabla 5. Fórmulas para el cálculo de los parámetros estructurales de la vegetación

Denominación	Fórmulas
Densidad Absoluta	$(D) = \frac{N^{\circ} \text{ total de individuos por especie}}{\text{Total de area muestreada}}$
Densidad Relativa	$(DR) \% = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ total de individuos}} \times 100$
Dominancia relativa	$(DmR) \% = \frac{\text{Area basal de la especie}}{\text{Area basal de todas las especies}} \times 100$
Frecuencia relativa	$Fr) = \frac{\text{Numero de cuadrantes en que esta la especie}}{\text{Numero total de cuadrantes evaluados}} \times 100$
Índice de valor de importancia (IVI)	$(IVI) = DR + DmR + Fr$

Para conocer la diversidad de los ecosistemas páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del PUEAR, se calculó el índice de Shannon (Cerón, 2003), aplicando la fórmula:

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_2 P_i)$$

Dónde:

$H$  = Índice de Shannon-Wiener

$S$  = Número de especies

$P_i$  = Proporción del número total de individuos que constituye la especie

Para el cálculo del índice de Shannon de cada especie, se utilizó la matriz de la tabla 6.

Tabla 6. Matriz para el cálculo del índice de Shannon para cada especie

<b>Especies</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Pi (N/n)</b>	<b>Logn. PI</b>	<b>(Pi)*(Logn. PI)</b>
<b>Total</b>	<b>N</b>			<b>-Σ Pi * Logn.Pi</b>

Fuente: Aguirre (2013).

Para interpretar los resultados y calificar la diversidad se consideró la escala de significancia propuesta por Aguirre (2013) (Tabla 7).

Tabla 7. Escala de significancia para calificar la diversidad alfa del bosque

<b>Rangos</b>	<b>Significado</b>
0 – 1,35	Diversidad baja
1,36 – 3,5	Diversidad mediana
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Fuente: Aguirre (2013).



### 3.3. Metodología para estimar la captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

La estimación de la captura de carbono se realizó en tres ecosistemas del PUEAR: páramo, matorral y bosque mixto de Nogal. Para el caso del bosque mixto de Nogal se trabajó los estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo (ver figura 9). Se muestreo 5 parcelas temporales de 20 x 20 m.

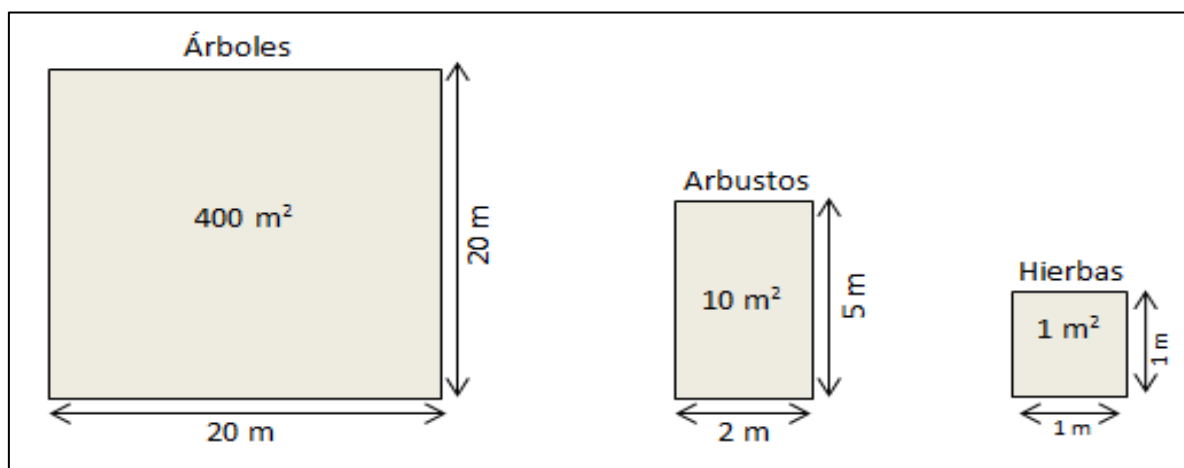


Figura 9. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el bosque mixto de Nogal

#### 3.3.1. Recolección de datos del bosque mixto de Nogal

En el bosque mixto de Nogal se registró todos los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP, a los cuales se midió el diámetro a 1,30 m de altura del fuste con una cinta diamétrica y la altura total con un hipsómetro Haga. Se utilizó hojas de campo estándares para anotar datos de diámetro y altura de los árboles del bosque.

##### 3.3.1.1. Obtención del carbono fijado del bosque mixto de Nogal

En primera instancia se calculó el volumen de todos los individuos registrados, para lo cual se aplicó la fórmula:  $V = G * H * f$

Dónde:

V= volumen;

G = área basal;

H = altura total

f = factor de forma

Luego el valor del volumen de madera se transformó a biomasa de cada individuo, para lo cual se consideró la dureza de la madera, usando la densidad o peso específico (pe) de cada especie vegetal, se aplicó la fórmula:

$$\mathbf{Biomasa} = \text{Volumen} \times \text{pe}$$

Para el cálculo total se consideró la biomasa radicular y foliar, se estima 30 % de la biomasa total del árbol corresponde a la raíz y 20 % para la copa, utilizando las formulas:

$$\text{Biomasa de raíz} = \text{Biomasa del árbol} * 0,3 \text{ (Mac Dicken, 1994).}$$

$$\text{Biomasa de copa} = \text{Biomasa del árbol} * 0,2 \text{ (Mac Dicken, 1994).}$$

Entonces: **Biomasa total del árbol** = Biomasa del fuste + biomasa de raíz + biomasa de copa.

### **3.3.1.2. Cálculo del contenido de carbono del bosque mixto de Nogal**

El contenido de carbono de cada árbol, se calculó usando la expresión universal:

**Carbono acumulado** = Biomasa total x 0,5, asumiendo que todo organismo contiene el 50 % de carbono (Aguirre y Aguirre, 2004).

### **3.3.1.3. Compartimento arbustivo del bosque mixto de Nogal**

En cada parcela de muestreo de 20 x 20 m, se instaló subparcelas de 10 m<sup>2</sup> (5 x 2 m) (mínimo tres parcelas). Se aplicó el método destructivo para lo cual se cortó toda la vegetación arbustiva arraz de suelo, posteriormente se obtuvo el peso húmedo total de la subparcela, se llevó una muestra de 1 kg de biomasa depositada en bolsas plásticas bien identificadas al laboratorio para ser secado. Con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo para obtener la biomasa, se usó la formula recomendado por Pearson *et al.*, (2005):

$$\mathbf{BT} = \frac{\mathbf{psm}}{\mathbf{phm}} * \mathbf{pht}$$

Dónde:

Bt: Biomasa total

Psm: Peso seco de la muestra

Phm: peso húmedo de la muestra

Pht: peso húmedo total

Entonces el contenido de carbono de cada subparcela del estrato arbustivo, se calculó usando la expresión universal: **Carbono acumulado** = Biomasa total x 0,5.

#### **3.3.1.4. Compartimento herbáceo del bosque mixto de Nogal**

Dentro de las parcelas de 20 x 20 m se instaló tres subparcelas de 1 m<sup>2</sup>. Se aplicó el método destructivo para lo cual se recolectó toda la vegetación herbácea existente en la subparcela, consecutivamente se pesó con ayuda de una balanza toda la biomasa para obtener el peso húmedo total, posteriormente se colectó una muestra de 1 kg de biomasa la cual se transportó al laboratorio para respectivo secado. Seguidamente con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo; para el cálculo de la biomasa total se usó la formula recomendado por Pearson et al., (2005):

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht$$

Dónde:

Bt: Biomasa total

psm: Peso seco de la muestra

phm: peso húmedo de la muestra

pht: peso húmedo total

El contenido de carbono de cada subparcela del estrato herbácea, se calculó usando la expresión universal: **Carbono acumulado** = Biomasa total x 0,5.

#### **3.3.1.5. Biomasa total en las parcelas de muestreo de Nogal**

A partir de este contenido de biomasa, se obtiene el valor correspondiente de contenido de carbono arbóreo multiplicando la biomasa por hectárea ( $B_{\text{arbóreo (1 ha.)}}$ ) por el valor constante de conversión 0,5.

#### **3.3.2. Estimación de captura de carbono en los ecosistemas matorral y páramo del PUEAR**

Para la estimación de carbono en el matorral se instaló 10 parcelas de 10 x 10 m, dentro de las cuales se anidó subparcelas de 1m<sup>2</sup> en el centro de cada parcela (ver figura 10).

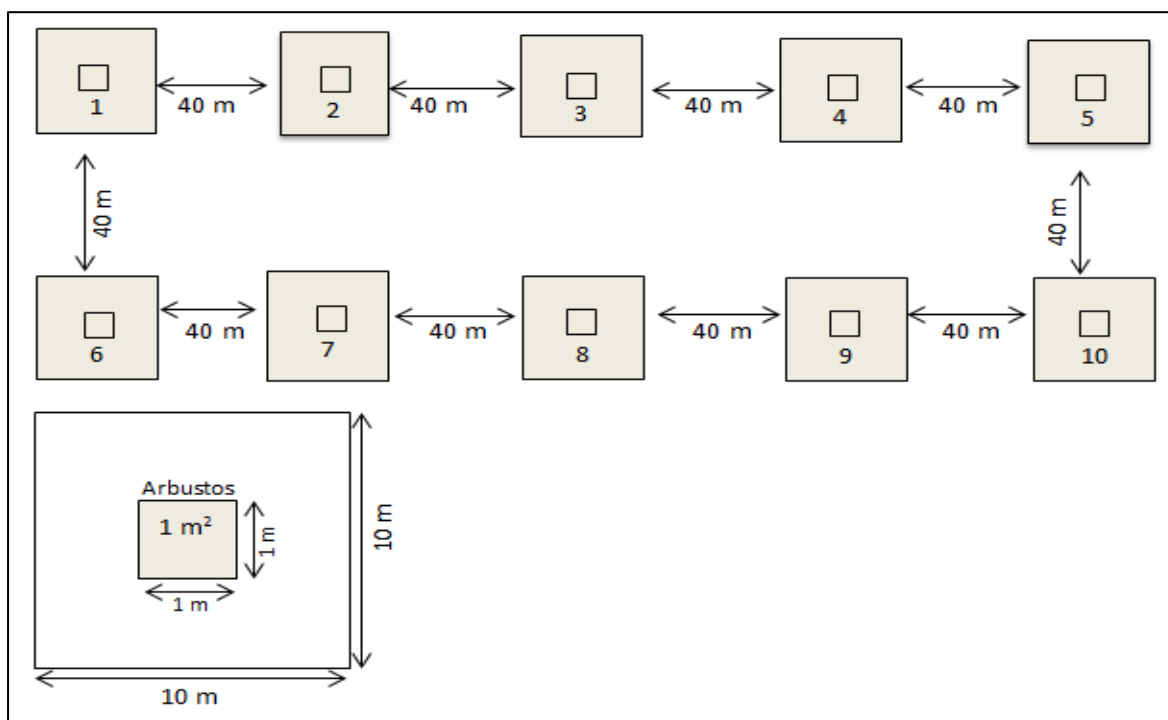


Figura 10. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el matorral

Se aplicó el método destructivo para lo cual se cortó toda la vegetación existente, posteriormente se pesó con una balanza el peso húmedo total, luego se llevó una muestra de 1 kg transportando en bolsas plásticas bien identificadas al laboratorio para ser secado. Consecutivamente con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo para obtener biomasa total usando la fórmula de Pearson *et al.*, (2005):

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht$$

Dónde:

Bt: Biomasa total

psm: Peso seco de la muestra

phm: peso húmedo de la muestra

pht: peso húmedo total

El contenido de carbono de cada subparcela del estrato arbustivo, se calculó usando la expresión universal: **Carbono acumulado** = Biomasa total x 0,5.

Para la estimación de carbono en el páramo antrópico se instalarón 10 parcelas de 2 x 2 m dentro de las cuales se anidó subparcelas de 1m<sup>2</sup> en el centro de cada parcela (ver figura 11).

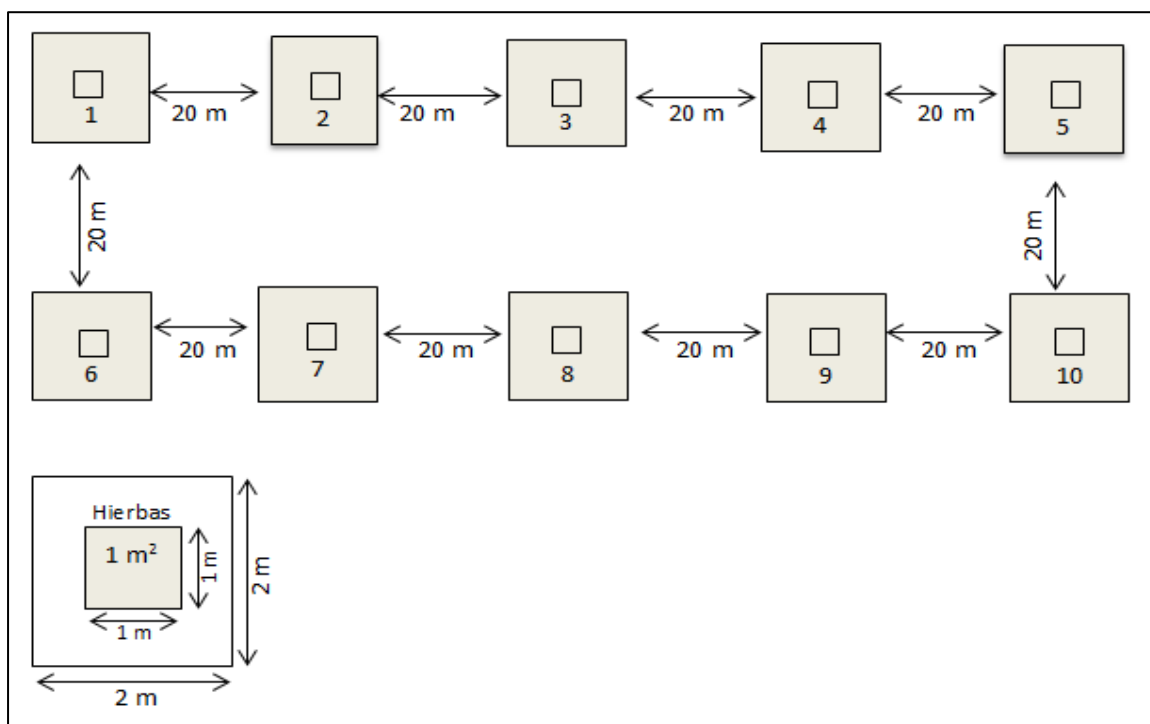


Figura 11. Diseño de parcelas para la estimación de carbono en el páramo

Se aplicó el método destructivo, se recolecto toda la vegetación existente; posteriormente se pesó para obtener el peso húmedo total de la subparcela. Se colecto una muestra de 1 kg de biomasa y se depositó en bolsas plásticas las cuales fueron llevadas al laboratorio para respectivo secado. Con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la biomasa total usando la fórmula planteada por Pearson *et al.*, (2005):

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht$$

Dónde:

Bt: Biomasa total

psm: Peso seco de la muestra

phm: peso húmedo de la muestra

pht: peso húmedo total

El contenido de carbono de cada subparcela del estrato herbácea, se calculó usando la expresión universal: **Carbono acumulado** = Biomasa total x 0,5

### 3.3.3. Contenido de carbono a nivel de paisaje del PUEAR

Para obtener de los contenidos de carbono a nivel de paisaje, se aplicó el más utilizado, que es la extrapolación lineal de los datos. Este método consiste en promediar los totales de carbono

de todas las parcelas en un único valor. Luego, este valor promedio se multiplica por el número de hectáreas del paisaje en estudio y, así se obtuvo el valor de carbono de cada tipo de ecosistema del PUEAR.

### **3.4. Difusión de resultados obtenidos a los interesados**

Para la socialización de resultados se entregará el documento de tesis en las diferentes instancias de la Facultad Agropecuaria y de la carrera de Ingeniería Forestal. Así mismo se elaborará un tríptico que se entregará en la reunión de socialización con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal y demás interesados.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

En los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro” se registró un total de 98 especies vegetales, pertenecientes a 43 familias, de las cuales 11 especies son árboles, pertenecientes a 11 familias; 58 especies son

arbustos pertenecientes a 24 familias y 29 especies son hierbas pertenecientes a 15 familias. Se describe cada uno de los tres ecosistemas con su respectiva composición florística, parámetros estructurales e índice de Shannon.

#### 4.1.1. Diversidad florística del bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

En la composición florística del bosque mixto de Nogal, registró 43 especies dentro de 38 géneros pertenecientes a 29 familias, de las cuales 11 pertenecen al estrato arbóreo, 20 al estrato arbustivo y 12 especie al estrato herbáceo (tabla 8). Este muestreo se realizó en una superficie de 2000 m<sup>2</sup> en 5 parcelas temporales de (20 x 20 m).

El listado de todos los individuos registrados en el estrato arbóreo se ponen a consideración en el anexo 1.

Tabla 8. Árboles, arbustos y hierbas del bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

Hábito de crecimiento	Nombre científico	Número de Individuos
Árbol	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1
	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	7
	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3
	<i>Eucalyptus</i> sp.	2
	<i>Inga</i> sp.	3
	<i>Junglas neotropica</i> Diels	94
	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2
	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2
	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	1
	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2
	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	5
<b>Total</b>	<b>11 Especies</b>	<b>122 individuos</b>
Arbustos	<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg	3
	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B.Nord.	3
	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	24
	<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	16
	<i>Cyathia caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1
	<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	28
	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	1
	<i>Mikania szyszylowiczii</i> Hieron.	4

	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2
	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	2
	<i>Piper</i> sp.	1
	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	42
	<i>Psychotria</i> sp	1
	<i>Salvia alborosea</i> Epling & Játiva	25
	<i>Solanum caripense</i> Dunal	6
	<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	2
	<i>Triumfetta althaeoides</i> Lam.	2
	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	8
	<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	14
	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1
<b>Total</b>	<b>20 especies</b>	<b>186 individuos</b>
	<i>Anthurium</i> sp.	1
	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	3
	<i>Blechnum occidentale</i> L.	109
	<i>Carex crinalis</i> Boott.	9
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	25
Hierbas	<i>Elasis hirsuta</i> (Kunth) D.R.Hunt	5
	<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	1
	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	7
	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	16
	<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A.Dietr.	9
	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	2
	<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	22
<b>Total</b>	<b>12 especies</b>	<b>209 individuos</b>

#### 4.1.1.1. Parámetros estructurales del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

En el estrato arbóreo se registró 21 especies dentro de 20 géneros y 18 familias, en la tabla 9 se presentan las diez representativas, los resultados de todas las especies ver en el anexo 2.

Tabla 9. Parámetros estructurales de las 10 especies más representativas del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

Nombre científico	D Ind/0,2 ha	D* Ind/ha	DR (%)	FR (%)	Dm (%)	IVI %
<i>Junglas neotropica</i> Diels	94	470	59,87	14,71	69,06	47,88
<i>Eucalyptus</i> sp.	2	10	1,27	2,94	17,29	7,17
<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	8	40	5,10	8,82	0,69	4,87



<i>Solanum caripense</i> Dunal	6	30	3,82	8,82	0,81	4,48
<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	8	40	5,10	5,88	1,24	4,07
<i>Inga</i> sp.	3	15	1,91	8,82	1,11	3,95
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	7	35	4,46	2,94	4,31	3,90
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.)	5	25	3,18	5,88	1,05	3,37
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	10	1,27	5,88	0,67	2,61
<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	6	30	3,82	2,94	0,70	2,49

**D**= Densidad Ind/0,2 ha; **D\***= Densidad Ind/ha; **DR**= Densidad Relativa; **Fr**=Frecuencia Relativa; **Dm**=Dominancia Relativa; **IVI**=Índice Valor de Importancia.

De conformidad con los resultados la especie con mayor abundancia dentro de este estrato es *Junglas neotropica* con una densidad de 470 ind/ha, seguido de *Verbesina lloensis* con 40 ind/ha, y *Cedrela montana* con una densidad de 35 ind/ha; las especies con menor abundancia son *Myrsine andina* con 10 ind/ha; *Alnus acuminata*, *Cyathea caracasana*, *Pouteria lúcumá*, *Miconia obscura*, *Piper* sp, *Viburnum triphyllum*, *Psychotria* sp con 5 ind/ha respectivamente

Las especies ecológicamente más importantes en este ecosistema son: *Junglas neotropica* con 47,88 % seguido de *Eucalyptus* sp con 7,17 % y *Verbesina lloensis* con 4,87 %; en el anexo 2 se muestran las especies con Índice de Valor de Importancia más bajo son *Piper* sp 1,23 %, posteriormente *Viburnum triphyllum* con 1,22 % y *Psychotria* sp con 1,21 %

La familia Solanaceae es la más diversa en este estrato del bosque mixto de Nogal con 3 especies (14,29 %), seguido de la familia Rubiaceae con dos especies y con una densidad relativa de 9,52 %. La familia Asteraceae, Betulaceae y Clusiaceae reportan una especie con 4,76 % de densidad relativa (Tabla 10). Los resultados de todas las familias se presentan en el anexo 3.

Tabla 10. Diversidad relativa de 10 familias correspondiente al estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

Familia	Especie	DR %
Solanaceae	3	14,29
Rubiaceae	2	9,52
Asteraceae	1	4,76
Betuliaceae	1	4,76
Caprifoliaceae	1	4,76
Clusiaceae	1	4,76
Cyatheaceae	1	4,76

Juglandaceae	1	4,76
Lauraceae	1	4,76
Melastomataceae	1	4,76

DR: Densidad relativa

El índice de diversidad de Shannon del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal es de 1,76, que significa que la diversidad alfa del bosque es medianamente diversa. En la tabla 11 se presenta los resultados correspondientes al índice de Shannon.

Tabla 11. Índice de Shannon del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

Nombre científico	D Ind/0,2 ha	D* Ind/ha	Pi n/N	Log.Pi	Pi*Lnpi
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	7	35	0,04	-3,11	-0,14
<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	6	30	0,04	-3,26	-0,12
<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	8	40	0,05	-2,98	-0,15
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3	15	0,02	-3,96	-0,08
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch)	1	5	0,01	-5,06	-0,03
Domin					
<i>Eucalyptus</i> sp.	2	10	0,01	-4,36	-0,06
<i>Inga</i> sp.	3	15	0,02	-3,96	-0,08
<i>Junglas neotropica</i> Diels	94	470	0,60	-0,51	-0,31
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	10	0,01	-4,36	-0,06
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2	10	0,01	-4,36	-0,06
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	10	0,01	-4,36	-0,06
<i>Piper</i> sp.	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2	10	0,01	-4,36	-0,06
<i>Psychotria</i> sp	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	5	25	0,03	-3,45	-0,11
<i>Solanum caripense</i> Dunal	6	30	0,04	-3,26	-0,12
Hieron.	8	40	0,05	-2,98	-0,15
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1	5	0,01	-5,06	-0,03
<b>Total</b>	157	785	1	-84,68	-1,76
<b>Índice de Shannon</b>					<b>1,76</b>

D= Densidad Ind/0,2 ha; D\*= Densidad Ind/ha

#### 4.1.1.2. Parámetros dasométricos y volumétricos del bosque mixto de Nogal.

En el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal las especies cuyos diámetros fueron mayores a iguales a 5 cm (DAP), reportan 17,75 m<sup>2</sup>/ha de área basal y volumen total de 219,95 m<sup>3</sup>/ha.

Los valores de densidad, área basal y volumen de las especies registradas se detallan en la tabla 12.

Tabla 12. Densidad, área basal y volumen por hectárea, de las especies registradas en el estrato arbóreo.

Nombre científico	D Ind/0,2 ha	D* Ind/ha	G m <sup>2</sup> /h	V m <sup>3</sup> /h
<i>Junglas neotropica</i> Diels	94	470	12,24	140,87
<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	8	40	0,22	1,03
<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	8	40	0,12	0,53
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	7	35	0,76	6,75
<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	6	30	0,12	0,51
<i>Solanum caripense</i> Dunal	6	30	0,14	0,63
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	5	25	0,19	0,89
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3	15	0,06	0,21
<i>Inga</i> sp.	3	15	0,20	1,60
<i>Eucalyptus</i> sp.	2	10	3,07	63,30
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	10	0,12	0,63
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2	10	0,04	0,19
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	10	0,04	0,17
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2	10	0,17	1,29
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1	5	0,11	0,91
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1	5	0,04	0,05
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	1	5	0,02	0,07
<i>Piper</i> sp.	1	5	0,02	0,08
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	1	5	0,03	0,16
<i>Psychotria</i> sp	1	5	0,01	0,04
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1	5	0,01	0,04
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>785</b>	<b>17,73</b>	<b>219,95</b>

D= Densidad Ind/0,2 ha; D\*= Densidad Ind/ha; G= Área basal; V= Volumen.

La especie con mayor área basal y volumen es *Juglans neotropica* con 12,24 m<sup>2</sup>/ha y 140,87 m<sup>3</sup>/ha respectivamente seguido de *Cestrum tomentosum* con una área basal de 0,22 m<sup>2</sup>/ha y 1,03 m<sup>3</sup>/ha. Las especies con menor área basal y volumen fueron; *Psychotria* sp. y *Viburnum triphyllum* con 0,01 m<sup>2</sup>/ha y 0,06 m<sup>3</sup>/ha respectivamente.

#### 4.1.1.3. Parámetros estructurales del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.

En el estrato arbustivo del bosque mixto de nogal la diversidad florística es de 10 especies dentro 10 géneros y 7 familias. En la tabla 13 se detalla los parámetros estructurales del estrato arbustivo.

Tabla 13. Parámetros estructurales de especies las especies más representativas.

Nombre científico	D Ind/125 m <sup>2</sup>	D Ind/ha	DR (%)	FR (%)
<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	52	4 160	32,30	11,11
<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	28	2 240	17,39	11,11
<i>Salvia alborosea</i> Epling & Játiva	25	2 000	15,53	11,11
<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	18	1 440	11,18	18,52
<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	14	1 120	8,70	14,81
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	8	640	4,97	3,70
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	4	320	2,48	7,41
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg	3	240	1,86	7,41
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B.N	3	240	1,86	3,70
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	2	160	1,24	3,70
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	2	160	1,24	3,70
<i>Triumfetta althaeoides</i> Lam.	2	160	1,24	3,70
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>12880</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

D= Densidad Ind/125 m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha; DR= Densidad Relativa; FR=Frecuencia Relativa.

Las especies más representativas del estrato arbustivo son *Piper asperiusculum* con una densidad relativa de 32,30 % equivalente a 4 160 ind/ha y frecuente dentro del área de muestreo con el 11,11 %; seguido de *Lycianthes radiata* con un densidad relativa de 17,39 % que equivale a 2 240 ind/ha con una frecuencia de 11 %. *Triumfetta althaeoides*, *Solanum abitaguense* y *Passiflora ligularis* son las especie menos representativa de dicho estrato, con una densidad relativa de 1,24 % equivalente a 2 ind/ha y con el 3,70 % de frecuencia relativa.

Las familias más diversas de este estrato son: Solanaceae con cuatro especies y Asteraceae con tres. Las familias menos diversas son Passifloraceae y Piperaceae con una especie (ver anexo 4).

El índice de Shannon es de 1,97 que indica que el estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal es medianamente diverso. En la tabla 14 de detalla los resultados del índice de Shannon.

Tabla 14. Índice de Shannon del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.

Nombre científico	D Ind/125 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	Pi n/N	Log.Pi	Pi*Lnpi
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg	3	240	0,02	-3,98	-0,07
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B.Nord.	3	240	0,02	-3,98	-0,07
<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	18	1 440	0,11	-2,19	-0,24
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	8	640	0,05	-3,00	-0,15

<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	28	2 240	0,17	-1,75	-0,30
<i>Mikania szyszyłowiczii</i> Hieron.	4	320	0,02	-3,70	-0,09
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	2	160	0,01	-4,39	-0,05
<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	52	4 160	0,32	-1,13	-0,37
<i>Salvia alborosea</i> Epling & Játiva	25	2 000	0,16	-1,86	-0,29
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	2	160	0,01	-4,39	-0,05
<i>Triumfetta althaeoides</i> Lam.	2	160	0,01	-4,39	-0,05
<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	14	1 120	0,09	-2,44	-0,21
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>12 880</b>	<b>1</b>	<b>-37,20</b>	<b>-1,97</b>
<b>Índice de Shannon</b>					<b>1,97</b>

D= Densidad Ind/125m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha

#### 4.1.1.4. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

En el estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal se encontró 12 especies dentro de 12 géneros y 8 familias. En la tabla 15 se presenta los parámetros de las especies existentes en este estrato.

Tabla 15. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

Nombre científico	D Ind/5 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	DR (%)	FR (%)
<i>Blechnum occidentale</i> L.	109	218 000	52,15	25
<i>Cyperus rotundus</i> L.	25	50 000	11,96	5
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	22	44 000	10,53	5
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	16	32 000	7,66	15
<i>Carex crinalis</i> Boott.	9	18 000	4,31	10
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A.Dietr.	9	18 000	4,31	10
<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	7	14 000	3,35	5
<i>Elasis hirsuta</i> (Kunth) D.R.Hunt	5	10 000	2,39	5
<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark	3	6 000	1,44	5
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	2	4 000	0,96	5
<i>Anthurium</i> sp.	1	2 000	0,48	5
<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	1	2 000	0,48	5
<b>Total</b>	<b>209</b>	<b>418 000</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

D= Densidad Ind/5m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha; DR= Densidad Relativa; FR=Frecuencia Relativa.

El estrato herbáceo las especies más representativas son: *Blechnum occidentale* con una densidad relativa de 52,15 % equivalente a 218 000 ind/ha, seguida de *Cyperus rotundus* con una densidad de 11,96 % igual a 50 000 ind/ha, cabe indicar que estas dos especies son las más abundantes en este estrato. Con respecto a las especies menos abundantes, *Anthurium* sp. y *Gomphichis caucana* tienen densidad relativa de 0,48 % (2 000 ind/ha) cada una, su frecuencia es de 5 %.

Las familias más sobresalientes en este estrato son: Cyperaceae y Poaceae con tres especies cada una dando como resultado una diversidad relativa de 25 %, los valores de cada especie se puede observar en el anexo 5.

El índice de Shannon es de 1,66 que da a conocer que el estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal es medianamente diverso. En la tabla 16 se detalla los valores obtenidos.

Tabla 16. Índice de Shannon del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

Nombre científico	D Ind/5 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	Pi n/N	Log.Pi	Pi*Lnpi
<i>Anthurium</i> sp.	1	2 000	0,00	-5,34	-0,03
<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	3	6 000	0,01	-4,24	-0,06
<i>Blechnum occidentale</i> L.	109	218 000	0,52	-0,65	-0,34
<i>Carex crinalis</i> Boott.	9	18 000	0,04	-3,15	-0,14
<i>Cyperus rotundus</i> L.	25	50 000	0,12	-2,12	-0,25
<i>Elasis hirsuta</i> (Kunth) D.R.Hunt	5	10 000	0,02	-3,73	-0,09
<i>Gonfiches caucana</i> Schltr.	1	2 000	0,00	-5,34	-0,03
<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	7	14 000	0,03	-3,40	-0,11
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	16	32 000	0,08	-2,57	-0,20
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A.Dietr.	9	18 000	0,04	-3,15	-0,14
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	2	4 000	0,01	-4,65	-0,04
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	22	44 000	0,11	-2,25	-0,24
<b>Total</b>	209	418 000	1		-1,66
				<b>Índice de Shannon</b>	<b>1,66</b>

D= Densidad Ind/5 m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha

#### 4.1.2. Diversidad florística del matorral del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

La diversidad total es de 46 especies dentro de 39 géneros y 21 familias; este muestreo se realizó en diez parcelas temporales de 10 x 10 m. En la tabla 17 se presenta las especies encontradas en este ecosistema.

Tabla 17. Arbustos y hierbas del matorral del (PUEAR).

Hábito de crecimiento	Nombre científico	Número de individuos
-----------------------	-------------------	----------------------

	<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob	184
	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	1
	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers	27
	<i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth	75
	<i>Bejaria aestuans</i> L.	18
	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. f.	69
	<i>Bejaria subsessilis</i> Benth	33
	<i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana	112
	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	32
	<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.	25
	<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	132
	<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob	79
	<i>Dioscorea</i> sp.	2
	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	12
	<i>Gaultheria reticulate</i> Kunth.	230
	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	183
	<i>Gnaphalium elegans</i> Kunth.	2
Arbustos	<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	148
	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	9
	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	4
	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	44
	<i>Lepidaploa</i> sp.	2
	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	14
	<i>Macrocarpaea sodiroana</i> Gilg	4
	<i>Miconia asperrima</i> Triana	2
	<i>Monnina arbuscula</i> Chodat	2
	<i>Monnina pilosa</i> Kunth.	5
	<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don) Naudin	7
	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	13
	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	11
	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	23
	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	4
	<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	12
	<i>Senecio iscoensis</i> Hieron.	50
	<i>Smilax benthamiana</i> A. DC	71
	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn	24
	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.	49
<b>Total</b>	<b>37 especies</b>	<b>Individuos 1 714</b>
	<i>Cortaderia bifida</i> Pilg.	3
	<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf.	6
Hierbas	<i>Elleanthus robustus</i> (Rchb. f.) Rchb. f.	2
	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	37
	<i>Puya eryngioides</i> André	6
	<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link.	5

<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	16
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching.	13
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	6
<b>Total</b>	<b>9 especies</b>
	<b>Individuos 94</b>

#### 4.1.2.1. Parámetros estructurales del estrato arbustivo del matorral del PUEAR

La diversidad florística del estrato arbustivo es de 46 especies dentro de 39 géneros y 22 familias. En la tabla 18 se presentan las 10 especies más representativas del estrato arbustivo.

Tabla 18. Parámetros estructurales de 10 especies del estrato arbustivo del matorral.

Nombre científico	D Ind/0,1 ha	D* Ind/ha	DR (%)	FR (%)
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth.	230	2 300	13,41	4,94
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M.	184	1 840	10,73	5,49
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	183	1 830	10,67	4,94
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	148	1 480	8,63	4,94
<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	132	1 320	7,70	4,45
<i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana	112	1 120	6,53	4,94
<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M.	79	790	4,60	4,94
<i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth	75	750	4,37	4,94
<i>Smilax benthamiana</i> A. DC	71	710	4,14	4,94
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. f.	69	690	4,02	4,39

D= Densidad Ind/0,1 ha; D\*= Densidad Ind/ha; DR= Densidad Relativa; FR=Frecuencia Relativa.

Las especies con mayor representatividad del estrato arbustivo es *Gaultheria reticulata* con una densidad relativa de 13,41 % equivalente a 2 300 ind/ha y frecuencia de 4,94 %; seguido de *Ageratina dendroides* con densidad relativa de 10,73 equivalente a 1 840 ind/ha y frecuencia de 5,49 %. La especie menos representativa en este estrato es *Bejaria resinosa*, cuya densidad relativa es de 4,02 % con 690 ind/ha y frecuencia de 4,39 %.

Las familias más diversas son: Asteraceae (25 %) de densidad relativa con 9 especies, Ericaceae (22,22 %) con 8 especies. Las familias menos diversas son Smilacaceae Rubiaceae, Rosaceae y Poaceae con una especie, los resultados generales se puede ver en el anexo 6.

El índice de Shannon es de 2,94 que define al estrato como medianamente diverso. En la tabla 19 se presenta los respectivos valores.

Tabla 19. Índice de Shannon del estrato arbustivo correspondiente al matorral.

Nombre científico	D	D*	Pi	Log.Pi	Pi*Lnpi
-------------------	---	----	----	--------	---------



	Ind/0,1 ha	Ind/ha	n/N		
<i>Gaultheria reticulate</i> Kunth.	230	2 300	0,134	-2,01	-0,270
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob	184	1 840	0,107	-2,23	-0,240
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	183	1 830	0,107	-2,24	-0,239
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	148	1 480	0,086	-2,45	-0,211
<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	132	1 320	0,077	-2,56	-0,197
<i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana	112	1 120	0,065	-2,73	-0,178
<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob	79	790	0,046	-3,08	-0,142
<i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth	75	750	0,044	-3,13	-0,137
<i>Smilax benthamiana</i> A. DC	71	710	0,041	-3,18	-0,132
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. f.	69	690	0,040	-3,21	-0,129
<i>Senecio iscoensis</i> Hieron.	50	500	0,029	-3,53	-0,103
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.	49	490	0,029	-3,55	-0,102
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	44	440	0,026	-3,66	-0,094
<i>Bejaria subsessilis</i> Benth	33	330	0,019	-3,95	-0,076
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	32	320	0,019	-3,98	-0,074
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers	27	270	0,016	-4,15	-0,065
<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.	25	250	0,015	-4,23	-0,062
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn	24	240	0,014	-4,27	-0,060
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	23	230	0,013	-4,31	-0,058
<i>Bejaria aestuans</i> L.	18	180	0,011	-4,56	-0,048
<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	14	140	0,008	-4,81	-0,039
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	13	130	0,008	-4,88	-0,037
<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	12	120	0,007	-4,96	-0,035
<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	12	120	0,007	-4,96	-0,035
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	11	110	0,006	-5,05	-0,032
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	9	90	0,005	-5,25	-0,028
<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don) Naudin	7	70	0,004	-5,50	-0,022
<i>Monnina pilosa</i> Kunth.	5	50	0,003	-5,84	-0,017
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	4	40	0,002	-6,06	-0,014
<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	4	40	0,002	-6,06	-0,014
<i>Macrocarpaea sodiroana</i> Gilg	4	40	0,002	-6,06	-0,014
<i>Miconia asperrima</i> Triana	2	20	0,001	-6,75	-0,008
<i>Lepidaploa</i> sp.	2	20	0,001	-6,75	-0,008
<i>Monnina arbuscula</i> Chodat	2	20	0,001	-6,75	-0,008
<i>Gnaphalium elegans</i> Kunth.	2	20	0,001	-6,75	-0,008
<i>Dioscorea</i> sp.	2	20	0,001	-6,75	-0,008

<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	1	10	0,001	-7,45	-0,004
<b>Total</b>	1714	17 140	1		-2,948
			<b>Índice de Shannon</b>		<b>2,948</b>

D= Densidad Ind/0,1 ha; D\* = Densidad Ind/ha

#### 4.1.2.2. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del matorral

El estrato herbáceo del matorral se encuentra representado por 94 individuos pertenecientes a 9 especies de 7 géneros y 6 familias. En el tabla 20 se presenta los parámetros estructurales.

Tabla 20. Parámetros estructurales de las especies del estrato herbáceo.

Nombre científico	D Ind/10 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	DR (%)	FR (%)
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	37	37 000	39,36	34,62
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	16	16 000	17,02	11,54
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching.	13	13 000	13,83	15,38
<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf.	6	6 000	6,38	7,69
<i>Puya eryngioides</i> André	6	6 000	6,38	11,54
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	6	6 000	6,38	3,85
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. Ex Link.	5	5 000	5,32	7,69
<i>Cortaderia bifida</i> Pilg.	3	3 000	3,19	3,85
<i>Elleanthus robustus</i> (Rchb. f.) Rchb. f.	2	2 000	2,13	3,85
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>94 000</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

D= Densidad Ind/10 m<sup>2</sup>; D\* = Densidad Ind/ha; DR= Densidad Relativa; FR= Frecuencia Relativa.

Para el estrato herbáceo las especies más representativas son: *Pteridium arachnoideum* con una densidad relativa de 39,36 % equivalente a 37 000 ind/ha y una frecuencia relativa de 34,62 %; seguido de *Rhynchospora vulcani*, con una densidad relativa de 17,02 % igual a 16 000 ind/ha y con una frecuencia en el área de muestreo de 11,54 %.

Las especies menos abundantes son: *Cortaderia bifida* con una densidad relativa de 3,19 % que equivale a 3 000 ind/ha y *Elleanthus robustus* con una densidad de 2,13 % igual a 2 000 ind/ha y con una frecuencia relativa de 3,85 % en dicho estrato.

La familia más diversa es Poaceae con 3 especies; las familias menos diversas son Cyperaceae y Orchidaceae con una especie, los valores de todas las especies se muestran el anexo 7.

Según el índice de Shannon la diversidad del estrato herbáceo es de 1,82, en la tabla 21 se detalla los valores.

Tabla 21. Índice de Shannon la diversidad del estrato herbáceo del matorral del PUEAR.

Nombre científico	D Ind/10 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	Pi n/N	Log.Pi	Pi*Lnpi
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	37	37 000	0,39	-0,93	-0,37
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler.	16	16 000	0,17	-1,77	-0,30
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching.	13	13 000	0,14	-1,98	-0,27
<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf.	6	6 000	0,06	-2,75	-0,18
<i>Puya eryngioides</i> André	6	6 000	0,06	-2,75	-0,18
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. ex Steud	6	6 000	0,06	-2,75	-0,18
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link.	5	5 000	0,05	-2,93	-0,16
<i>Cortaderia bifida</i> Pilg.	3	3 000	0,03	-3,44	-0,11
<i>Elleanthus robustus</i> (Rchb. f.) Rchb. f.	2	2 000	0,02	-3,85	-0,08
<b>Total</b>	<b>94</b>		<b>1</b>		<b>-1,82</b>
<b>Índice de Shannon</b>					<b>1,82</b>

D= Densidad Ind/10 m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha

#### 4.1.3. Diversidad florística del páramo antrópico del parque universitario del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

La diversidad florística del páramo es de 14 especies de 12 géneros y 9 familias; se registró 384 individuos en 10 parcelas temporales de (2 x 2 m). En la tabla 22 se pone a consideración las especies existentes en el páramo.

Tabla 22. Parámetros estructurales correspondientes al páramo.

Nombre científico	D Ind/40 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	DR (%)	FR (%)
-------------------	----------------------------	--------------	-----------	-----------

<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	95	23 750	24,74	15,09
<i>Paepalanthus ensifolius</i> (Kunth) Kunth	79	19 750	20,57	15,09
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Presl) Steud.	67	16 750	17,45	18,87
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	42	10 500	10,94	15,09
<i>Puya eryngioides</i> André	40	10 000	10,42	15,09
<i>Sticherus</i> sp.	18	4 500	4,69	1,89
<i>Sticherus tomentosus</i> (Cav. ex Sw.) A.R. Sm.	13	3 250	3,39	3,77
<i>Lycopodium complanatum</i> L.	11	2 750	2,86	1,89
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching.	7	1 750	1,82	1,89
<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	4	1 000	1,04	3,77
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link.	4	1 000	1,04	1,89
<i>Andropogon glaucescens</i> Kunth	2	500	0,52	1,89
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	1	250	0,26	1,89
<i>Oncidium</i> sp.	1	250	0,26	1,89
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>96 000</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

D= Densidad Ind/40 m<sup>2</sup>; D\* = Densidad Ind/ha

Entre las especies más representativas del páramo están: *Pteridium arachnoideum* con 24,74 % de densidad relativa correspondiente a 23 750 ind/ha y con 15,09 % de frecuencia relativa en el área de muestreo, *Paepalanthus ensifolius* con una densidad de 20,57 % equivalente a 19 750 ind/ha y con frecuencia en el área de 15,09 %.

Las especies menos representativas son *Leontodon autumnalis* y *Oncidium* sp con una densidad relativa de 0,26 % que corresponde a 250 ind/ha y con una frecuencia de 1,89 %.

La familia Poaceae es las más diversas de este ecosistema con tres especies, seguido de la familia Gleicheniaceae dos especies. Las familias menos diversas son: Cyperaceae, Orchidaceae y Lycopodiaceae con una especie. Los valores de todas las especies se presentan en el anexo 8.

Según el índice de Shannon es de 2,04 que indica que el páramo del parque universitario es medianamente diverso (Tabla 23).

Tabla 23. Índice de Shannon correspondiente al páramo del (PUEAR).

Nombre científico	D Ind/40 m <sup>2</sup>	D* Ind/ha	Pi n/N	Log.Pi	Pi*Lnpi
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	95	23 750	0,247	-1,397	-0,346
<i>Paepalanthus ensifolius</i> (Kunth) Kunth	79	19 750	0,206	-1,581	-0,325
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Presl) Steud.	67	16 750	0,174	-1,746	-0,305
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	42	10 500	0,109	-2,213	-0,242

<i>Puya eryngioides</i> André	40	10 000	0,104	-2,262	-0,236
<i>Sticherus</i> sp.	18	4 500	0,047	-3,060	-0,143
<i>Sticherus tomentosus</i> (Cav. ex Sw.) A.R. Sm.	13	3 250	0,034	-3,386	-0,115
<i>Lycopodium complanatum</i> L.	11	2 750	0,029	-3,553	-0,102
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching.	7	1 750	0,018	-4,005	-0,073
<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	4	1 000	0,010	-4,564	-0,048
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link.	4	1 000	0,010	-4,564	-0,048
<i>Andropogon glaucescens</i> Kunth	2	500	0,005	-5,257	-0,027
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	1	250	0,003	-5,951	-0,015
<i>Oncidium</i> sp.	1	250	0,003	-5,951	-0,015
<b>Total</b>	384	96 000	1		-2,039
<b>Índice de Shannon</b>					<b>2,04</b>

D= Densidad Ind/40 m<sup>2</sup>; D\*= Densidad Ind/ha

#### 4.1.4. Endemismo de especies del parque universitario del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Se registró 7 especies endémicas en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” (PUEAR) las cuales son: *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus* pertenecientes a la familia Asteraceae, *Puya eryngioides* (Bromeliaceae), *Bejaria subsessilis* (Ericaceae) y *Lepechinia mutica* correspondiente a la familia Lamiaceae. En la tabla 24 se presentan las especies endémicas del parque universitario con su respectiva categoría según la IUCN (León *et al.*, 2011).

Tabla 24. Especies endémicas registradas en el parque universitario (PUEAR).

Familia	Nombre científico	Categoría Amenaza (IUCN)	Hábito de crecimiento	Provincia donde se encuentra	Rango altitudinal (m.s.n.m)
Asteraceae	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B.Nord.	NT	Subarbusto	BOL, CHI, COT, IMB, PIC	2000-3500
Asteraceae	<i>Verbesina pentantha</i> S.F.Blake	NT	Arbusto	GUA, IMB, LOJ, ORO, PIC	0-3000
Asteraceae	<i>Senecio iscoensis</i> Hieron.	VU B1ab(iii)	Subarbusto	CAÑ, COT, IMB, PIC	2500-3500

Asteraceae	<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob	VU B2ab(iii)	Subarbusto o arbusto	IMB, PIC	2500-4500
Bromeliaceae	<i>Puya eryngioides</i> André	LC	Hierba terrestre	AZU, LOJ, ZAM	2500-3500
Ericaceae	<i>Bejaria subsessilis</i> Benth	VU A4c; B1 ab(iii)	Arbusto	LOJ	2200-2800
Lamiaceae	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	VU B1ab(iii)	Arbusto	LOJ, PIC	2000-3000

NT= Casi amenazado; VU= Vulnerable; LC= Preocupación menor.

*Bejaria subsessilis* es endémica de la provincia de Loja según el libro rojo de las especies endémicas del Ecuador, debido a su distribución geográfica y área de ocupación, Así mismo se considera que está enfrentando a un alto riesgo de extinción en estado silvestre (UICN, 2001) por consiguiente es ubicada en la categoría como Vulnerable junto con *Lepechinia mutica*, *Senecio iscoensis* y *Cronquistianthus niveus*. La especie *Puya eryngioides* se encuentra categorizada según la (UICN) de Preocupación menor (LC) y *Aetheolaena heterophylla* junto con *Verbesina pentantha* consideradas Casi Amenazadas (NT) según la (UICN, 2001).

## 4.2. Estimación de la captura de carbono en el páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

### 4.2.1. Contenido de carbono del bosque mixto de Nogal del (PUEAR)

Se estimó la existencia de 95,66 MgC/ha. A continuación se detalla los valores correspondientes por estrato.

#### 4.2.1.1. Estrato arbóreo

Para el estrato arbóreo se realizó los cálculos de volumen y biomasa del fuste, tomando en cuenta la densidad o peso específico de cada especie arbórea, obteniendo una cifra de 263,51 MgC en un área total del bosque con 2,91 ha. En la tabla 25 se presentan los valores de cada especie.

Tabla 25. Contenido de carbono en fustes de las especies registradas en el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

<b>Especie</b>	<b>D</b> <b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>D*</b> <b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>V</b> <b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>B</b> <b>(kg)</b>	<b>C</b> <b>(kg)</b>	<b>C.C</b> <b>0,2 ha</b>	<b>C.C*</b> <b>1 ha</b>	<b>C.C.T</b> <b>2,91 ha</b>
<i>Junglas neotropica</i> Diels	0,58	580	28,17	16341	8170,4	8,17	40,85	118,88
<i>Eucalyptus</i> sp.	0,54	540	12,66	6836	3418,2	3,42	17,09	49,73
<i>Inga</i> sp.	0,58	580	0,32	185	92,6	0,09	0,46	1,35
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	0,75	750	0,26	194	97,1	0,10	0,49	1,41
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	0,48	480	0,21	99	49,5	0,05	0,25	0,72
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0,37	370	0,18	67	33,6	0,03	0,17	0,49
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	0,66	660	0,18	117	58,6	0,06	0,29	0,85
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	0,61	610	0,13	77	38,5	0,04	0,19	0,56
<i>Solanum caripense</i> Dunal	0,42	420	0,13	53	26,3	0,03	0,13	0,38
<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	0,59	590	0,11	62	31,2	0,03	0,16	0,45
<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	0,6	600	0,04	25	12,6	0,01	0,06	0,18
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	0,48	480	0,04	18	9,1	0,01	0,05	0,13
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	0,55	550	0,03	19	9,3	0,01	0,05	0,14
<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	0,77	770	0,03	25	12,3	0,01	0,06	0,18
<i>Piper</i> spa.	0,38	380	0,02	6	3,0	0,00	0,01	0,04
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	0,62	620	0,01	8	4,1	0,00	0,02	0,06
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	0,44	440	0,01	5	2,7	0,00	0,01	0,04

<i>Cyathea</i> <i>caracasana</i> (Klotzsch) Domin	0,55	550	0,01	6	3,0	0,00	0,02	0,04
<i>Psychotria</i> sp	0,52	520	0,01	4	1,9	0,00	0,01	0,03
<b>Total</b>			<b>42,5</b>	<b>24148</b>	<b>12073,8</b>	<b>12,07</b>	<b>60,37</b>	<b>175,67</b>

D= Densidad madera g/cm<sup>3</sup>; D\*= Densidad madera kg/m<sup>3</sup>; V= Volumen; B= Biomasa; C= Carbono; C.C= Contenido de Carbono 0,2/ha; C.C\*= Contenido de Carbono 1/ha; C.C.T= Contenido de Carbono Total.

El contenido total de carbono en fustes del estrato arbóreo en el área total del bosque con 2,91 ha, arroja un total de 175,6 MgC. Siendo *Junglas neotropica*, la especie con mayor contenido de carbono (118,88 MgC), seguido de *Eucalyptus* sp. con 49,73 MgC; las especies con menos contenido de carbono son *Cyathea caracasana* con 0,04 MgC y *Psychotria* sp. con 0,03 MgC.

Para obtener el carbono total que contiene el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal, se tomó en cuenta el fuste, raíz y copa de cada individuo de las 5 parcelas temporales. En la tabla 26 se pone a consideración los resultados obtenidos de cada componente.

Tabla 26. Contenido de carbono total del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

Componentes	Megagramos (MgC) (0,2 ha)	Megagramos (MgC/ha) 1 ha	Megagramos (MgC) 2,91 ha
Fustes	12,07	60,37	175,67
Raíces	3,62	18,11	52,70
Copas	2,41	12,07	35,13
<b>Total</b>	<b>18,11</b>	<b>90,5</b>	<b>263,51</b>

#### 4.2.1.2. Estrato arbustivo

Los valores obtenidos para este estrato es de 1,96 MgC/ha, como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27. Contenido de carbono total del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.

Área muestreada	Megagramos (MgC)
30 m <sup>2</sup>	0,0059
1 ha	1,96
2,91 ha	5,72
<b>Total</b>	<b>5,72 MgC</b>



El estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal tiene almacenado 5,72 MgC en las 2,91 ha consideradas como bosque de mixto de Nogal. Los cálculos de biomasa y contenido de carbono se presentan en el anexo 9.

#### 4.2.1.3. Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal existe 3,2 MgC/ha; en la tabla 28 se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 28. Contenido de carbono total del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

Área muestreada	Megagramos (MgC)
3 m <sup>2</sup>	0,00096
1 ha	3,2
2,91 ha	9,32
<b>Total</b>	<b>9,32 MgC</b>

Este estrato tiene almacenado 9,32 MgC en un área de 2,91 ha. Los resultados totales correspondientes a biomasa y contenido de carbono se presentan en el anexo 10.

#### 4.2.2. Contenido de carbono del matorral del PUEAR.

El contenido de carbono en este ecosistema es de 14,10 MgC/ha en un área de 42,67 ha. A continuación se detalla los valores correspondientes por estratos arbustivo y herbáceo.

##### 4.2.2.1. Estrato arbustivo

El estrato arbustivo tiene 11,10 MgC/ha. En la tabla 29 se da a conocer los resultados obtenidos.

Tabla 29. Contenido de carbono total del estrato arbustivo del matorral.

Área muestreada	Megagramos (MgC)
10 m <sup>2</sup>	0,0111
1 ha	11,10
42,67 ha	473,75
<b>Total</b>	<b>473,75 (MgC)</b>

El contenido de carbono total en este estrato es de 473,75 MgC, los valores correspondientes a biomasa y contenido de carbono se ponen a consideración en el anexo 11.

#### 4.2.2.2. Estrato herbáceo.

En el estrato herbáceo existe almacenado 3 MgC/ha, en la tabla 30 se presenta los valores obtenidos.

Tabla 30. Contenido de carbono total del estrato herbáceo del matorral

Área muestreada	Megagramos (MgC)
10 m <sup>2</sup>	0,003
1 ha	3
42,67 ha	128,01
<b>Total</b>	<b>128,01 (MgC)</b>

El total de carbono a cumulado en este estrato es de 128,01 MgC. Los valores correspondientes a biomasa y contenido de carbono se presentan en el anexo 12.

#### 4.2.3. Contenido de carbono del páramo antrópico del (PUEAR).

El contenido de carbono en este ecosistema es de 2,22 MgC/ha con un área aproximada de 20,58 ha; en la tabla 31 se presenta los resultados.

Tabla 31. Contenido de carbono del páramo antrópico del PUEAR.

Área muestreada	Megagramos (MgC)
10 m <sup>2</sup>	0,0022
1 ha	2,22
20,58 ha	45,88
<b>Total</b>	<b>45,88 (MgC)</b>

El contenido de carbono total del ecosistema es de 45,88 MgC. Los valores correspondientes a biomasa y contenido de carbono se presentan en el anexo 13.

### 4.3. Resumen del contenido de carbono del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

En la tabla 32 se presenta el resumen de los contenidos de carbono del páramo antrópico, matorral, y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Tabla 32. Contenidos de carbono en los tres ecosistemas de estudio.

Área (ha)	Ecosistema	Estrato	Contenido de carbono en el área muestreada (MgC)		Contenido de carbono MgC/ha	Contenido de carbono en el área total (MgC)
2,91	Bosque mixto de Nogal	Arbóreo	2000 m <sup>2</sup>	18,11	90,5	263,51
		Arbustivo	30 m <sup>2</sup>	0,0059	1,96	5,72
		Herbáceo	3 m <sup>2</sup>	0,00096	3,2	9,32
<b>Subtotal</b>					<b>95,66 MgC/ha</b>	<b>278,55 MgC</b>
42,67	Matorral	Arbustivo	10 m <sup>2</sup>	0,0111	11,10	473,8
		Herbáceo	10 m <sup>2</sup>	0,003	3	128,01
<b>Subtotal</b>					<b>14,10 MgC/ha</b>	<b>601,81 MgC</b>
20,58	Páramo antrópico	Herbáceo	10 m <sup>2</sup>	0,0022	<b>2,22 MgC/ha</b>	<b>45,88 MgC</b>
<b>Total</b>					<b>111,98 MgC/ha</b>	<b>926,24 MgC</b>

Los contenidos de carbono del bosque mixto de Nogal es de 95,66 MgC/ha, que multiplicado por el área total del bosque (2,91 ha) da como resultado 278,55 MgC, en el matorral los resultados obtenidos son de 14,10 MgC/ha que multiplicado por el área total del ecosistema (42,67 ha) da un resultado de 601,55 MgC y en el páramo con 2,22 MgC/ha que al multiplicarlo por el área del páramo (20,58 ha) da como resultado 45,88 MgC. El resultado total del contenido de carbono en los tres ecosistemas del parque universitario es de 926,29 MgC.

### 4.4. Socialización de resultados obtenidos a los interesados.

En la figura 12 se observa la socialización de la investigación realizada con estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal y a personas involucradas al Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, en donde se explicó la composición florística, y captura de carbono en los tres ecosistemas de estudio: páramo, matorral y bosque mixto de Nogal. En el anexo 14 se presenta el tríptico informativo de resultados, y en el anexo 15 el registro de asistentes a la difusión de resultados.



Figura 12. Socialización de resultados con estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”

En los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro” se registró un total de 98 especies vegetales, pertenecientes a 43 familias. La composición florística del bosque mixto de Nogal es de 43 especies de 42 géneros pertenecientes a 29 familias, dato semejante con la reportada por (Reyes 2017) que registra 45 especies, distribuidas en 39 géneros y 29 familias en una parcela permanente del bosque montano del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. Sin embargo, los datos obtenidos son menores en comparación con lo registrado por Lozano y Yanguana (2009), en un estudio realizado en dos parcelas permanentes de 1 hectárea, cada una instalada en las reservas naturales de Tapichalaca y Numbala; respecto a Tapichalaca: registraron 86 especies, 55 géneros y a 30 familias mientras que en la reserva natural de Numbala registraron 171 especies, 84 géneros y a 44 familias.

Las familias más representativas en el bosque mixto de Nogal son; Juglandaceae, Asteraceae, Siparunaceae y Solanaceae resultados diferentes al estudio de Reyes (2017) ya que las familias más diversas del componente leñoso del bosque montano del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” son: Rubiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Primulaceae, Lauraceae, Proteaceae, Clusiaceae y Rosaceae, Y diferentes para los resultados reportados por Lozano *et al.*, (2009) ya que Rubiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Myrtaceae y Melastomataceae son las familias más diversas dentro de este tipo de bosques.

Respecto a la composición florística del páramo del PUEAR, es de 14 especies con 384 individuos de 12 géneros y 9 familias en 10 parcelas; composición florística baja con respecto al estudio en el páramo herbáceo del Parque Nacional Yacuri (PNY) en 36 parcelas efectuado por Ayala *et al.*, (2014), registrando 76 especies con un total de 20 469 individuos distribuidos en 28 familias. Y comparando con los resultados de Eguiguren y Ojeda (2009) la composición florística del páramo del (PUEAR) es baja, ya que registraron 86 especies, 60 géneros y 33 familias en 48 parcelas de 1 m<sup>2</sup>. Esto se debería a que dicho bosque es dominado por Nogal y por ende influye en el crecimiento de nuevas especies.

Las familias más representativas del páramo en el presente estudio son: Poaceae, Lycopodiaceae, Gleicheniaceae, Eriocaulaceae, Asteraceae, Bromeliaceae y Cyperaceae, resultados que se asemejan en algunas familias por las reportadas en el páramo herbáceo del PNY por Ayala *et al.*, (2014) los cuales son: Asteraceae, Ericaceae, Geraniaceae, Lycopodiaceae, Melastomataceae, Cyperaceae, Poaceae y Scrophulariaceae. Y también semejantes a las que se registradas por Eguiguren y Ojeda (2009) las cuales son: Bromeliaceae, Ericaceae, Asteraceae y Poaceae que se encuentran entre las 10 familias más diversas de dicho estudio. Las especies similares encontradas en estos tres estudios son: *Calamagrostis intermedia*, *Puya eryngioides*, *Lycopodium complanatum*, *Rhynchospora tenuis*.

Las especies endémicas registradas del parque universitario "Francisco Vivar Castro" son *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus*, *Puya eryngioides*, *Bejaria subsessilis* y *Lepechinia mutica*, especies diferentes a las reportadas por Reyes (2017) registrando a *Oreopanax andreanus*, *Oreopanax rosei*, *Ageratina dendroides*, *Zinowiewia madsenii* y *Myrsine sodiroana* como especies endémicas en una parcela de bosque andino del parque universitario (PUEAR). Y diferentes a las registradas por Lozano y Yanguana (2009) donde identificaron dos especies endémicas: *Pouteria capacifolia* y *Meriana rigida*.

## **5.2. Captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

### **5.2.1. Captura de carbono del bosque mixto de Nogal del (PUEAR)**

Los contenidos de carbono correspondientes al bosque mixto de Nogal son de 95,66 MgC/ha, valores inferiores con respecto a las Estadísticas del Ministerio del Ambiente (2015), ya que los contenidos de carbono para el bosque siempreverde de Ceja Andina son de 105,10 tC/ha, así mismo para bosque siempre verde de piedemonte con 122,80 tC/ha, y para bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía es bajo ya que para este bosque se registra un promedio de carbono almacenado de 160,40 tC/ha.

Según Aguirre *et al.*, (1999) al estudiar la productividad de cuatro bosques secundarios en la serranía del Ecuador, obtuvieron los siguientes resultados de biomasa: bosque mono específico de *Alnus acuminata* (Oyacachi, provincia de Napo) de 267 t/ha, equivalente a 133,5 tC/ha a una altitud de 3 200 msnm.; 366 t/ha en un bosque mono específico de *Polylepis incana* en Pifo (provincia del Pichincha), equivalente a 158 tC/ha a una altitud de 3 600 msnm.; 255 t/ha en un bosque mixto cerca de la reserva Maquipucuna, provincia del Pichincha, equivalente a 127,5 t C/ha a una altitud de 2 300 msnm; y, 148 t/ha en un bosque montano mixto en Santiago, provincia de Loja, equivalente a 74 tC/ha, a una altitud entre 2 600 y 2 900 msnm; valores superiores a los encontrados en este estudio.

### **5.2.2. Captura de carbono del matorral del (PUEAR).**

Los contenidos de carbono en la biomasa del matorral del parque universitario "Francisco Vivar Castro" son de 14,10 MgC/ha, estos contenidos son superiores a los encontrados en el Parque Nacional Podocarpus en el cual se estima 7,08 tC/ha para el páramo arbustivo según Eguiguren *et al.*, (2010) y resultados inferiores para los obtenidos por Ayala *et al.*, (2014) que obtuvieron un valor medio de 153,86 tC/ha en la biomasa del páramo arbustivo y del Parque Nacional Yacuri.

### **5.2.3. Captura de carbono del páramo antrópico del (PUEAR).**

Los contenidos de carbono en la biomasa del páramo del parque universitario "Francisco Vivar Castro" se estima entre 2,22 Mg C/ha, estos contenidos de carbono son semejantes a los encontrados en el Parque Nacional Podocarpus en el cual se estima 4,27 tC/ha para el páramo

herbáceo según Eguiguren *et al.*, (2010) y resultados inferiores para los obtenidos por Ayala *et al.*, (2014) ya que en este estudio se cuantificó contenido de carbono de biomasa, necromasa y suelo, el cual obtuvo un valor medio de 115,30 tC/ha en el páramo herbáceo del Parque Nacional Yasuni.

Los resultados obtenidos por Alban *et al.*, (2013) en el páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha ubicada en la provincia de Pichincha, indican una tasa de almacenamiento igual a 3,71 tC/ha, valores semejantes a los obtenidos en el páramo del parque universitario "Francisco Viver Castro" e inferiores a los contenidos carbono encontrados en otros páramos del país como aquellos localizados en el Parque Nacional Sangay en el cual se estima entre 6,48 t/ha y 6,89 t/ha (Cargua *et al.*, 2014).

En los ecosistemas forestales el secuestro y mantenimiento de los contenidos de carbono es uno de los principales servicios ecosistémicos, sin embargo los ecosistemas parameros podrían también tener significativas aportaciones dentro del almacenamiento de carbono (Hofstede y Aguirre, 1999; Mena y Hofstede, 2006) en su fitomasa y sobretodo dentro del compartimiento de suelo, principalmente debido a las condiciones edáficas y climáticas en las cuales éstos se localizan (Sevink *et al.*, 2014).

El páramo es un ecosistema constantemente amenazado por las actividades humanas (Hofstede *et al.*, 2002; Mena y Hofstede, 2006). Pese a su importancia por la provisión de servicios ecosistémicos, el páramo ha sufrido fuertes degradaciones, principalmente en el centro del Ecuador (Hofstede *et al.*, 2002). La conversión de uso del suelo de este ecosistema a otros usos podría provocar la pérdida de las altas reservas de carbono que estos ecosistemas poseen (Tonneijck *et al.*, 2010). Así mismo, el cambio climático va a desplazar estos ecosistemas (Buytaert *et al.*, 2011; Gottfried *et al.*, 2012) reduciendo su área de distribución, a más de esto el aumento de la temperatura provocará condiciones más secas y cálidas y, con esto mayor tasa de descomposición y disminución de los contenidos de carbono en el suelo de los páramos (Buytaert *et al.*, 2011).

En la actualidad a nivel mundial y en el Ecuador existe una preocupación sobre los impactos del cambio climático, para lo cual se está implementando la estrategia de reducción de emisiones por deforestación o degradación, la misma que está orientada al manejo de bosques y aumento de los contenidos de carbono en los ecosistemas forestales para contribuir a la disminución de los gases de efecto invernadero en el futuro (Angelsen, 2010). Esta estrategia podría ser aplicada a otros ecosistemas como el páramo debido a las grandes cantidades de

carbono que este posee. Ya que, estrategias de mitigación al cambio climático como REDD+ podría ayudar a mejorar la conservación de los ecosistemas, disminuir los impactos antrópicos y climáticos a los que se ven expuestos, para preservar los contenidos de carbono tanto en la biomasa como en el suelo.

## 6. CONCLUSIONES

- En los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro” se registró un total de 98 especies vegetales, pertenecientes a 43 familias, de las cuales 11 especies son árboles de 11 familias; 58 especies son arbustos de 24 familias y 29 especies son hierbas de 15 familias.
- Las especies con mayor IVI de estos ecosistemas son: *Junglas neotropica*, *Piper asperiusculum*, *Blechnum occidentale*, *Cyperus rotundus*, *Gaultheria reticulate*, *Ageratina dendroides*, *Pteridium arachnoideum*, *Lycianthes radiata* y *Rhynchospora vulcani*, especies con valores altos en densidad relativa.
- Las familias más diversas dentro de los tres ecosistemas del parque universitario (PUEAR) son: Solanaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Poaceae y Ericaceae.
- Según el índice de Shannon correspondientes al bosque mixto de Nogal, matorral y páramo antrópico del parque universitario, arroja resultados donde a conocer que estos ecosistemas son medianamente diversos.
- Se registraron 6 especies endémicas las cuales son *Aetheolaena heterophylla*, *Bebecina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus* (Asteraceae), *Puya eryngioides*



(Bromeliaceae), *Bejaria subsessilis* (Ericaceae), *Lepechinia mutica* (Lamiaceae) y *Bejaria subsessilis* (Ericaceae).

- Realizado los cálculos de volumen y biomasa de los árboles y considerando la densidad de madera de cada especie vegetal, se obtiene que en las 2,91 hectáreas de bosque mixto de Nogal existe 95,66 MgC/ha, lo que significa que este ecosistema contiene mayor contenido de carbono con respecto al matorral y páramo antrópico.
- Los contenidos de carbono de los bosques tienen relación directa con la cantidad de biomasa y con el tipo de vegetación, ya que mientras más biomasa exista en un bosque mayor contenido de carbono este poseerá.

## 7. RECOMENDACIONES

- Generar bases de datos sobre composición florística de todos los ecosistemas existentes en el parque universitario (PUEAR) para tener conocimiento sobre la diversidad de especies vegetales existentes en la zona.
- Realizar estudios sobre el almacenamiento de carbono en necromasa y suelo ya que con dichos estudios permitirá conocer a fondo cuánto carbono almacenan estos tres tipos de ecosistemas presentes en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” (PUEAR).
- Usar la metodología y resultados de esta investigación como línea de partida para nuevos estudios sobre estimación de carbono, ya que de esta manera se podrá monitorear la incidencia del cambio climático en el funcionamiento de los ecosistemas a nivel regional y nacional.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Z. (2015). *Métodos para medir la biodiversidad*. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.

Aguirre, N; Erazo, A; Granda, A. (2017). Posibilidades de comercialización de bonos de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador.

Aguirre, Z. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista peruana de biología*, 14(2), 237-246

Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para la medición de la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.

Aguirre, Z. (2015). *Biodiversidad Ecuatoriana*, estrategias e instrumentos para su manejo y conservación. Universidad Nacional de Loja.

Aguirre, Z., Aguirre, N. (1999). *Guía para realizar estudios en comunidades vegetales*. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. Editorial Universitaria.

- Aguirre, Z., y Aguirre, N. (2004). *Guía para monitorear la biomasa y la dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador*. Herbario Loja N° 11. Loja - Ecuador. Editorial Universitaria.
- Aguirre, Z; 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, 30 p.
- Aguirre, Z; Cabrera, O; Maza, B. (2001). Bosque montano del Parque Nacional Podocarpus. Loja-Ecuador.
- Aguirre, Z; Yaguana, C. (2014). Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro. *Alliodora* (Ruiz & Pavón) en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa De Ingeniería Agroforestal, San Juan De Pasto.
- Aguirre, Z., Yaguana, C. y Gaona, T. (2016). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, p 27.
- Albán Molina, E. I., & Granda Garzón, J. A. (2013). *Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha* (Bachelor's thesis, Quito, 2013.)
- Aleaga, L. (2014). Patrones de diversidad y distribución de plantas leñosas en una gradiente altitudinal entre la provincia de Loja y Zamora Chinchipe. Tesis de Grado previa a la 63.
- Álvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela De Posgrado.
- Angelsen, A. (2010). La implementación de REDD+. Estrategia nacional y opciones de política.

- Ávila, G; Jiménez, F.; Beer, J; Gómez, M; Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 32-35.
- Ayala, L., Villa, M., Mendoza, Z. A., & Mendoza, N. A. (2017). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1).
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre Mendoza, Z., Aguirre Mendoza N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ* 4: 45-52 p.
- Balslev, H. B. Øllgaard (2002). Mapa de vegetación del sur de Ecuador. *Botánica Austroecuatorialiana: Estudios sobre los recursos vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe*, eds. MZ Aguirre, JE Madsen, E. Cotton, and H. Balslev, 51-64.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and change of tropical forest. A primer. FAO Forestry paper 134. Roma.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho, and C. Tobón. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33 p.
- Calderón, D., Solís, D. 2012. Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.
- Cargua, F., M. Roriguez, C. Recalde y L. Vinueza. (2014). Cuantificación del Contenido de carbono en una plantación de pino insigne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de Ozogoche Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica* 25: 83-92 p.
- Cerón, M. (2003). Manual de botánica ecuatoriana, sistemática y métodos de estudio en el Ecuador. Ediciones Abya – Ayala. Quito, Ecuador. p 315.

- Conde, C; Saldaña-Zorrilla, S. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación Edición especial cambio climático. Revista Ambiente y Desarrollo 23(2000): 23-30
- Constanza, R. (1997). La economía ecológica de la sostenibilidad: invertir en capital natural. In *Medio ambiente y desarrollo sostenible: más allá del informe Brundtland* (pp. 103-114). Trotta.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., ... & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 26, 152-158.
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- Eguiguren P. y Ojeda T. (2009). Línea base para el monitoreo a largo plazo el impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque nacional Podocarpus. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 30 p.
- Eguiguren P., Ojeda T., Aguirre N. (2010) *Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el monitoreo del cambio climático*. Ecología Forestal 1 (1): 7-18.
- FAO - Finlandia, UN-REDD, MAE. (2011). Manual de campo de la Evaluación Nacional Forestal – Ecuador. Quito – Ecuador
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2000). *Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO2*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales. *Informe principal, FAO Forest paper 163*.

- Fehse, J., Aguirre, N., Paladines, C., De Nie, D., Hofstede, R., y Sevink, J. (1998). Caracterización de los bosques naturales de la Sierra del Ecuador con mapa de los bosques andinos. *Programa FACE, PROFAFOR, Quito*.
- Fonseca, W., Alice, F., Rey, j. 2009. *Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica*. Bosques.
- Foody, G; Cutler, M; Morrow, J; Pelz, D; Tangki, H; Boyd, D; Douglas, I. (2001). *Mapeo de la biomasa de la selva tropical Borneana a partir de datos de detección remota*. Barcelona, España.
- García D. (2014) Composición y estructura florística del bosque de neblina montano, del sector “San Antonio de la Montaña”, cantón Baños, provincia de Tungurahua.
- Gayoso, J.; Guerra, J.; Alarcón, D. (2002). *Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas*. Valdivia, Chile.
- Gibbon, A., Silman, M., Malhi, Y., Fisher, J., Meir, P., Zimmermann, M., Dargie, G., Farfan, W. y García, K. (2010). *Almacenamiento de carbono del ecosistema a través de la transición de pastizales forestales en los Andes altos del Parque Nacional de Manu*, L
- González, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Gottfried, M., H. Pauli, A. Futschik, M. Akhalkatsi, P. Barančok, J. Benito Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, M. Fernández Calzado, G. 222 Kazakis, J. Krajči, P. Larsson, M. Mallaun, O. Michelsen, D. Moiseev, P. Moiseev, U. Molau, A. Merzouki, L. Nagy, G. Nakhutsrishvili, B. Pedersen, G. Pelino, M. Puscas, G. Rossi, A. Stanisci, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, L. Villar, P. Vittoz, I. Vogiatzakis, and G. Grabherr. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115 p.
- Guivarch, C & Hallegatte S. (2013). 2C or not 2C? *Global Environmental Change*, 23(1), 179-192.
- Hamilton, L. (1995). Una campaña por los bosques nublados, ecosistemas únicos y valiosos en peligro. *Serie Focus de la UICN*. Hofstede, R. 1999. El páramo como espacio para la

- fijación de carbono atmosférico. En El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. GTP/Abya-Yala. Quito.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J., y Sevink, J. 2002. El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. Proyecto Páramo, Universidad de Amsterdam, EcoCiencia e Instituto de Montaña, Quito. 16p.
- Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. (2002). Estado de conservación de los páramo de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15: 3-18 p.
- Hofstede, R., S. Pool y P. Mena. (2003). Los páramos del mundo. Proyecto atlas mundial de los páramos. Global Peatland initiative/NC-IUCN/ EcoCiencia. Quito, Ec.
- Hofstede, R., y N. Aguirre. (1999). Biomasa y dinámica del carbono en relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. GTP. 31-46 p.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Ginebra, Suiza. 104 p.
- Josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrena V., Cabrera E., Chacón Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J. y Tovar A. 2009. *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima. Perú. Secretaría de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA – Intercooperation, CONDESAN – Proyecto Páramo Andino, Programa Bio Andes, Eco Ciencia, Nature Serve
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas; possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.
- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2a edición. Publicaciones Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Lino, M. (2009). La traducción de la biología a la clínica: el caso del glioblastoma. *Opinión actual en biología celular*, 21 (2), 311-316

- Lozano, D; Yaguana, C. (2009). Composición florística, estructura y endemismo del bosque nublado de las reservas naturales: Tapichalaca y Numbala, cantón Palanda, Zamora-Chinchipe. Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. 202 Pp.
- Mac Dicken K.G. (1994). *Selection an management of nitrogen-fixing trees*. Winrock international Institute for Agricultural Dvelopment, Morrilton. Arkansas, USA and UNFAO, Bangkok, Thailand
- Mac Donald, D. (2005). *Biomasa aérea en una plantación de Austrocedrus chilensis de 20 años ubicada en Valdivia*. Tesis pregrado Ingeniero Forestal. UACH. Valdivia, Chile.
- Medina-Torres, R. (2008). *Fenología del aguacate en el clima semicálido de Nayarit, México. Revista Chapingo. Serie horticultura, 14 (3), 319-324.*
- Melo, O. y Vargas, R. (2003). *Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos*.
- Mena, P.; Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. En: Moraes, M.; Øllgaard, B.; Kvist, L.; Borchsenius, F.; Balslev, H. eds. 2006. *Botánica Económica de los Andes Centrales* La Paz. Bo. 91-109 p.
- Merino, A.; Rey, C.; Brañas, J.; Rodríguez, R. 2003. *Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de Pinus radiata D. Don en Galicia*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. Santiago de Compostela, España.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, United States of America.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito, p 235
- Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N. y Lost, S. (2011). *Efectos de la elevación en el presupuesto de carbono de los bosques tropicales de montaña. El papel del compartimento subterráneo*. Bogotá, Colombia
- Muñoz, J; Erazo, S; Armijos, D, (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador.



- Muñoz, T. (2001). *Árboles fuera del bosque en Bolivia*. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina. Santiago, Chile. Obtención del Título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja, p 153.
- Øllgaard, B. & Balslev (2002). Mapa de vegetación del sur de Ecuador. In *Botánica Austroecuatorialiana* (pp. 51-64).
- Madsen J. E. & Øllgaard, B., (1993). Inventario preliminar de las especies vegetales en el Parque Nacional Podocarpus. *Revista de Difusión Técnica y Científica de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Loja*, 22(23), 1.
- Ordoñez, J; Masera, O. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7: 3-12.
- Ordoñez, J (1999). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7: 3-12.
- Ortiz, A., Riascos, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del Sistema Agroforestal Cacao *Theobroma cacao* L y Laurel *Cordia* 76
- Pardo, D., Mogrovejo, R. (2004). Composición florística, endemismo, etnobotánica y perspectiva de conservación del bosque nativo Huashapamba, cantón Saraguro. Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Parresol, B. (1999). *Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons*. Forest Science.
- Reyes J, (2017). *Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja
- Saavedra C. (2005). *Cuantificación y distribución de biomasa aérea en una plantación de 5 años de Eucalyptus nitens con alternativas nutricionales en un suelo rojo arcilloso*. (Tesis pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile
- Sánchez, O; Rosales, C. (2002) Dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador

- Sánchez, O; Rosales, E. (2002). Dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma. Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Schlegel, B.; Gayoso, J.; Guerra, J. (2002). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Valdivia, Chile.
- Segura, M.; Andrade, J. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Revista: Agroforestería en las Américas*.
- Sevink, J., F. Tonneijck, K. Kalbitz y E. Cammeraat. (2014). Dinámica del carbono en los ecosistemas de páramo de los Andes neotropicales: Revisión de literatura sobre modelos y parámetros relevantes. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN*. 550-576 p.
- Tirado C. (2016). Composición florística y estructura de 1 hectárea de bosque en Angostura, Río Santiago, Esmeraldas.
- Tonneijck, F., B. Jansen, K. Nierop, J. Verstraten, J. Sevink y L. De-Lange. (2010). Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador. *European Journal of Soil Science*, 61: 392-405 p.
- Uday, M. (2003). Distribución florística del bosque de neblina montano en el sector Tapichalaca, cantón Palanda. Tesis previa a la obtención de ingeniero forestal.
- UICN. (2001). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp.
- Valencia, R., Condit, R., Muller-Landau, H.C., Hernandez, C., Navarrete, H (2009). Dissecting biomass dynamics in a large Amazonian forest plot. *Journal of Tropical Ecology*, 25: 473–482.
- VELEZ, C., & OLMEDO, Y. (2018). *LA DEFORESTACION Y SU INCIDENCIA AMBIENTAL EN EL CAMBIO CLIMATICO* (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM).

Vidal, A.; Benítez, J.; Rodríguez, J.; Carlos, R. (2003). *Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de Pinus caribaea var. Caribaea en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba.*

## 9. ANEXOS

**Anexo 1.** Inventario de los individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP del estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

N <sup>ro.</sup>	# Parc	Nombre Científico	Familia	Nombre común	CAP	H
1	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	54,66	11
2	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	54,35	12
3	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	42,41	12
4	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	51,84	13
5	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	51,84	11
6	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	40,21	10
7	1	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	MELIACEAE	Cedro	66,92	16
8	1	<i>Inga</i> sp.	FABACEAE	Guaba	50,27	14
9	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	75,40	11
10	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	64,40	12
11	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	40,84	7

12	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	23,88	5
13	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	56,86	12
14	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	55,29	12
15	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	41,15	9
16	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	49,95	12
17	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	57,49	11
18	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	29,53	7
19	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	55,29	11
20	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	36,13	6
21	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	54,35	8
22	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	25,76	7
23	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	72,89	12
24	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	90,79	15
25	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	50,58	14
26	1	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	35,19	6
27	1	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		19,79	7
28	2	<i>Inga</i> sp.	FABACEAE	Guaba	38,64	8
29	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	16,96	5
30	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	113,10	17
31	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	25,13	8
32	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	27,96	8
33	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	21,68	4
34	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	18,85	6
35	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	33,62	8
36	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	20,73	6
37	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	31,42	7
38	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	22,31	5
39	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	88,28	16
40	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	19,16	5
41	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	33,62	9
42	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	15,71	4
43	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	19,48	7
44	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	81,05	15
45	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	18,22	6,5
46	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	35,19	7
47	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	34,56	8
48	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	16,65	5
49	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	17,28	4
50	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	23,88	7
51	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	22,93	5
52	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	26,39	7
53	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	74,77	17
54	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	18,54	4
55	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	135,72	22
56	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	27,33	7

57	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	20,73	6
58	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	148,28	25
59	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	47,12	12
60	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	17,28	5
61	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	16,02	4
62	2	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	20,42	4,5
63	2	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	SAPOTACEAE	Luma	28,59	7
64	3	<i>Eucalyptus</i> sp.	MYRTACEAE	Eucalipto	253,21	30
65	3	<i>Eucalyptus</i> sp.	MYRTACEAE	Eucalipto	113,73	27
66	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	119,69	25
67	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	32,67	7
68	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	26,39	6
69	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	53,41	12
70	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	32,04	8
71	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	24,19	4
72	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	45,55	11
73	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	20,42	5
74	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	17,59	5
75	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	30,79	9
76	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	131,63	17
77	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	54,04	8
78	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	91,42	13
79	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	27,02	7
80	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	15,71	3,5
81	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	21,05	6
82	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	25,45	6
83	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	33,62	7
84	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	22,62	5
85	3	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	23,88	6
86	3	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	Maco Maco	43,98	9
87	3	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		26,39	6
88	3	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		17,91	6
89	3	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		19,48	6
90	4	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	Aliso	52,15	12
91	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	16,65	6
92	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	21,36	6
93	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	23,25	6
94	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	19,48	5
95	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	28,90	7
96	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	28,27	7
97	4	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Sauco blanco	31,42	6
98	4	<i>Inga</i> sp.	FABACEAE	Guaba	30,16	11
99	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	121,58	17
100	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	73,51	16

101	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	41,15	12
102	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	57,18	11
103	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	56,86	13
104	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	16,65	7
105	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	36,44	8
106	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	45,24	0,9
107	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	55,29	14
108	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	46,81	9
109	4	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	142,00	21
110	4	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	MELASTOMATA CEAE	Sierra	21,68	5
111	4	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	Canelón	17,59	6
112	4	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	Canelón	24,82	8
113	4	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	SIPARUNACEAE	Limonsillo	23,56	3,5
114	4	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	SIPARUNACEAE	Limonsillo	25,76	7
115	4	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	SIPARUNACEAE	Limonsillo	16,96	6
116	4	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	SIPARUNACEAE	Limonsillo	24,82	5
117	4	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		16,65	5
118	4	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		22,62	5
119	4	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		21,68	6
120	4	<i>Solanum caripense</i> Dunal	SOLANACEAE		35,50	7
121	4	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		21,68	6
122	4	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		19,79	6
123	4	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		21,99	6
124	4	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		16,65	6
125	4	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		16,02	7
126	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	19,48	6
127	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	32,04	6
128	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	22,31	7
129	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	20,42	5
130	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	16,96	4
131	5	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	SOLANACEAE	Saúco negro	22,62	6
132	5	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	SOLANACEAE	Saúco blanco	35,50	8
133	5	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	Duco	27,33	6
134	5	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	Duco	19,48	4
135	5	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	Duco	17,59	5
136	5	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	CYATHEACEAE	Llashin	31,42	2
137	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	135,72	22
138	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	23,25	8
139	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	29,53	9
140	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	31,10	9

141	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	33,93	12
142	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	110,90	24
143	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	36,13	10
144	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	38,64	9
145	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	22,93	4
146	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	26,39	8
147	5	<i>Juglans neotropica</i> Diels	JUGLANDACEAE	Nogal	109,64	20
148	5	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	Maco-Maco	32,36	5
149	5	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	Café de monte	23,25	7
150	5	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	Café de monte	19,48	6
151	5	<i>Piper</i> sp.	PIPERACEAE		21,68	6
152	5	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	ROSACEAE	Sacha capulí	29,85	10
153	5	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	ROSACEAE	Sacha capulí	58,43	11
154	5	<i>Psychotria</i> sp	RUBIACEAE	Mote bando	16,34	5
155	5	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	SIPARUNACEAE	Limonsillo	50,58	8
156	5	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	ASTERACEAE		22,31	6,5
157	5	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	CAPRIFOLIACEAE	Rañez	19,16	6

**Anexo 2.** Parámetros estructurales de las especies registradas en el estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

Familia	Nombre Científico	Ind/ 0,2 h	Ind/ ha	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	IVI 100%
JUGLANDACEAE	<i>Juglans neotropica</i> Diels	94	470	59,9	14,7	69,06	47,88
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus</i> sp.	2	10	1,27	2,94	17,29	7,169
ASTERACEAE	<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	8	40	5,1	8,82	0,691	4,87
SOLANACEAE	<i>Solanum caripense</i> Dunal	6	30	3,82	8,82	0,81	4,485
SOLANACEAE	<i>Cestrum tomentosum</i> L. f.	8	40	5,1	5,88	1,242	4,073
FABACEAE	<i>Inga</i> sp.	3	15	1,91	8,82	1,106	3,947
MELIACEAE	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	7	35	4,46	2,94	4,311	3,904
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC	5	25	3,18	5,88	1,051	3,373
PRIMULACEAE	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2	10	1,27	5,88	0,669	2,608
SOLANACEAE	<i>Cestrum sendtnerianum</i> C, Mart.	6	30	3,82	2,94	0,7	2,488
ROSACEAE	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	2	10	1,27	2,94	0,966	1,727

CLUSIACEAE	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	3	15	1,91	2,94	0,322	1,725
LAURACEAE	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	2	10	1,27	2,94	0,208	1,474
RUBIACEAE	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2	10	1,27	2,94	0,206	1,474
BETULIACEAE	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1	5	0,64	2,94	0,61	1,396
CYATHEACEAE	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1	5	0,64	2,94	0,222	1,267
SAPOTACEAE	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	1	5	0,64	2,94	0,183	1,254
MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	1	5	0,64	2,94	0,105	1,228
PIPERACEAE	<i>Piper</i> sp.	1	5	0,64	2,94	0,105	1,228
CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1	5	0,64	2,94	0,082	1,22
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i> sp	1	5	0,64	2,94	0,06	1,213
<b>TOTAL</b>		<b>157</b>	<b>785</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Anexo 3.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbóreo del bosque mixto de Nogal.

FAMILIA	ESPECIE	DR %
SOLANACEAE	3	14,29
RUBIACEAE	2	9,52
ASTERACEAE	1	4,76
BETULIACEAE	1	4,76
CAPRIFOLIACEAE	1	4,76
CLUSIACEAE	1	4,76
CYATHEACEAE	1	4,76
JUGLANDACEAE	1	4,76
LAURACEAE	1	4,76
MELASTOMATAACEAE	1	4,76
MELIACEAE	1	4,76
PRIMULACEAE	1	4,76
ROSACEAE	1	4,76
SAPOTACEAE	1	4,76
SIPARUNACEAE	1	4,76
FABACEAE	1	4,76



MYRTACEAE	1	4,76
PIPERACEAE	1	4,76
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

**Anexo 4.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.

FAMILIA	ESPECIE	DR (%)
SOLANACEAE	4	33,33
ASTERACEAE	3	25,00
EUPHORBIACEAE	1	8,33
LAMIACEAE	1	8,33
MALVACEAE	1	8,33
PASSIFLORACEAE	1	8,33
PIPERACEAE	1	8,33
<b>TOTALES</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

**Anexo 5.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

FAMILIA	ESPECIE	DR %
CYPERACEAE	3	25,00
POACEAE	3	25,00
AMARANTHACEAE	1	8,33
ARACEAE	1	8,33
BLECHNACEAE	1	8,33
COMMELINACEAE	1	8,33
ORCHIDACEAE	1	8,33
PIPERACEAE	1	8,33
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>100,00</b>

**Anexo 6.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato arbustivo del matorral.

FAMILIA	ESPECIE	DR %
ASTERACEAE	9	25,000
ERICACEAE	8	22,222

MELASTOMATACEAE	4	11,111
POLIGALACEAE	3	8,333
LAMIACEAE	2	5,556
CLETHRACEAE	1	2,778
DIOSCOREACEAE	1	2,778
GENTIANACEAE	1	2,778
HYPERICACEAE	1	2,778
LORANTHACEAE	1	2,778
POACEAE	1	2,778
PROTEACEAE	1	2,778
ROSACEAE	1	2,778
RUBIACEAE	1	2,778
SMILACACEAE	1	2,778
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

**Anexo 7.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al estrato herbáceo del matorral

<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>DR%</b>
POACEAE	3	37,5
BROMELIACEAE	1	12,5
CYPERACEAE	1	12,5
DENNSTAEDTIACEAE	1	12,5
GLEICHENIACEAE	1	12,5
ORCHIDACEAE	1	12,5
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>100</b>

**Anexo 8.** Diversidad relativa de las familias correspondiente al páramo.

<b>FAMILIA</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>DR%</b>
POACEAE	3	25,00
GLEICHENIACEAE	2	16,67
ERIOCAULACEAE	1	8,33
ASTERACEAE	1	8,33

BROMELIACEAE	1	8,33
CYPERACEAE	1	8,33
DENNSTAEDTIACEAE	1	8,33
LYCOPODIACEAE	1	8,33
ORCHIDACEAE	1	8,33
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

**Anexo 9.** Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula:  $Bt = \frac{\text{Peso s}}{\text{Peso v}} * Pvt$  y contenido de carbono aplicando la fórmula:  $C = \text{Biomasa total} \times 0,5$  del estrato arbustivo del bosque mixto de Nogal.

<b>Estimación de carbono en arbustos del bosque de Nogal en tres parcelas de muestreo</b>						
Parcela	Estrato	Peso verde total (kg)	Peso verde (kg)	Peso seco (kg)	Bioma total (kg)	Carbono (kg)
1	Arbustivo	4,1	1	0,3567	1,46247	0,731235
2	Arbustivo	13,5	1	0,3189	4,30515	2,152575
3	Arbustivo	18,4	1	0,3296	6,06464	3,03232
<b>Suma</b>					<b>11,83226</b>	<b>5,91613</b>
<b>Total MgC</b>						<b>0,00591613</b>

**Anexo 10.** Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula:  $Bt = \frac{\text{Peso s}}{\text{Peso v}} * Pvt$  y contenido de carbono aplicando la fórmula:  $C = \text{Biomasa total} \times 0,5$  del estrato herbáceo del bosque mixto de Nogal.

<b>Estimación de carbono en hierbas del bosque mixto de Nogal en tres parcelas de muestreo</b>						
Parcela	Estrato	Peso verde total (kg)	Peso verde (kg)	Peso seco (kg)	Bioma total (kg)	Carbono (kg)
1	herbáceo	3,8	1	0,2896	1,10048	0,55024
2	herbáceo	1,3	1	0,2027	0,26351	0,131755
3	herbáceo	2,1	1	0,2676	0,56196	0,28098
<b>Suma</b>					<b>1,92595</b>	<b>0,962975</b>
<b>Total MgC</b>						<b>0,00096298</b>

**Anexo 11.** Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula:  $Bt = \frac{\text{Peso s}}{\text{Peso v}} * Pvt$  y contenido de carbono aplicando la fórmula:  $C = \text{Biomasa total} \times 0,5$  del estrato arbustivo del matorral.

<b>Estimación de carbono en arbustos del matorral en diez parcelas de muestreo</b>
------------------------------------------------------------------------------------

Parcela	Estrato	Peso verde total (kg)	Peso verde (kg)	Peso seco (kg)	Bioma total (kg)	Carbono (kg)
1	Arbustivo	9,6	1	0,4145	3,9792	1,9896
2	Arbustivo	4,2	1	0,4565	1,9173	0,9587
3	Arbustivo	3,4	1	0,4481	1,5235	0,7618
4	Arbustivo	9,1	1	0,4353	3,9612	1,9806
5	Arbustivo	4,2	1	0,4527	1,9013	0,9507
6	Arbustivo	5,6	1	0,3856	2,1594	1,0797
7	Arbustivo	7,3	1	0,4024	2,9375	1,4688
8	Arbustivo	3,5	1	0,3623	1,2681	0,6340
9	Arbustivo	2,9	1	0,4238	1,2290	0,6145
10	Arbustivo	3,2	1	0,4153	1,3290	0,6645
<b>Suma</b>					<b>22,2055</b>	<b>11,1028</b>
<b>Total MgC</b>						<b>0,0111</b>

**Anexo 12.** Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula:  $Bt = \frac{\text{Peso s}}{\text{Peso v}} * Pvt$  y contenido de carbono aplicando la fórmula:  $C = \text{Biomasa total} \times 0,5$  del estrato herbáceo del matorral.

<b>Estimación de carbono en hierbas del matorral en diez parcelas de muestreo</b>						
Parcela	Estrato	Peso verde total (kg)	Peso verde (kg)	Peso seco (kg)	Bioma total (kg)	Carbono (kg)
1	herbáceo	1,3	1	0,3486	0,4532	0,2266
2	herbáceo	1,5	1	0,2962	0,4443	0,2222
3	herbáceo	1,7	1	0,3877	0,6591	0,3295
4	herbáceo	2,1	1	0,2875	0,6038	0,3019
5	herbáceo	2,2	1	0,2998	0,6596	0,3298
6	herbáceo	1,3	1	0,4199	0,5459	0,2729
7	herbáceo	2,5	1	0,3224	0,8060	0,4030
8	herbáceo	1,7	1	0,3509	0,5965	0,2983
9	herbáceo	1,6	1	0,3441	0,5506	0,2753
10	herbáceo	1,9	1	0,3128	0,5943	0,2972
<b>Suma</b>					<b>5,9132</b>	<b>2,9566</b>
<b>Total MgC</b>						<b>0,0030</b>

**Anexo 13.** Cálculos de biomasa total por parcela aplicando la fórmula:  $Bt = \frac{\text{Peso s}}{\text{Peso v}} * Pvt$  y contenido de carbono aplicando la fórmula:  $C = \text{Biomasa total} \times 0,5$  del páramo antrópico.

<b>Estimación de carbono en el páramo antrópico en diez parcelas de muestreo</b>						
<b>Parcela</b>	<b>Estrato</b>	<b>Peso verde total (kg)</b>	<b>Peso verde (kg)</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Bioma total (kg)</b>	<b>Carbono (kg)</b>
1	Arbustivo	0,9	0,8	0,3604	0,4055	0,2027
2	Arbustivo	1,1	0,8	0,3838	0,5277	0,2639
3	Arbustivo	1,2	0,8	0,3701	0,5552	0,2776
4	Arbustivo	0,9	0,8	0,3596	0,4046	0,2023
5	Arbustivo	1	0,8	0,3753	0,4691	0,2346
6	Arbustivo	0,8	0,8	0,3499	0,3499	0,1750
7	Arbustivo	0,9	0,8	0,3488	0,3924	0,1962
8	Arbustivo	0,9	0,8	0,3694	0,4156	0,2078
9	Arbustivo	1,1	0,8	0,3537	0,4863	0,2432
10	Arbustivo	1	0,8	0,3625	0,4531	0,2266
<b>Suma</b>					<b>4,4593</b>	<b>2,2297</b>
<b>Total MgC</b>						<b>0,0022</b>

**Anexo 14.** Tríptico informativo de resultados obtenidos en el páramo antrópico, matorral y bosque mixto de Nogal del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

**INTRODUCCIÓN**

Los bosques montanos son importantes por la diversidad de flora que poseen y por la amplia gama de beneficios ambientales, económicos y sociales que brindan. Ellos, suministran diversos productos valiosos como: madera, leña, fibras y otros productos forestales diferentes a la madera (Hamilton, 1995)

Así mismo, los bosques proporcionan servicios ecosistémicos esenciales como la protección de las cuencas hidrográficas, la regulación del clima, la conservación de la diversidad biológica, belleza escénica y mantenimiento de los valores sociales y culturales. Además, desempeñan un papel importante frente a los problemas generados por el cambio climático al realizar la función de absorción de carbono de la atmósfera (FAO, 2010). La acumulación y secuestro de carbono (C) son servicios ecosistémicos importantes para el bienestar humano, como son la regulación de gases, mantenimiento de la capa de ozono y regulación climática (Constanza *et al.*, 1997; de Groot *et al.*, 2002). Por tanto, se requiere generar información científica sobre la diversidad, composición florística y almacenamiento de carbono de las especies vegetales de los bosques andinos, que permitan conocer y valorar los ecosistemas y la planificación de proyectos de conservación y mitigación al cambio climático.

Esta investigación permitió identificar la composición florística y almacenamiento de carbono del páramo matorral y bosque mixto de Nogal, que permitirán conocer y valorar los ecosistemas para la planificación de proyectos de conservación y mitigación al cambio climático. Esta investigación es parte del proyecto: Procesos ecológicos de la vegetación del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador.

**General:**

- Contribuir al conocimiento sobre la diversidad florística y captura de carbono los ecosistemas páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, cantón Loja.

**Específicos:**

- Determinar la diversidad florística en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja.
- Estimar la captura de carbono en el páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja.
- Socializar los resultados obtenidos con los actores interesados.

**METODOLOGÍA**

La investigación se realizó en el parque universitario “Ing. Francisco Vivar C.”, propiedad de la Universidad Nacional de Loja.

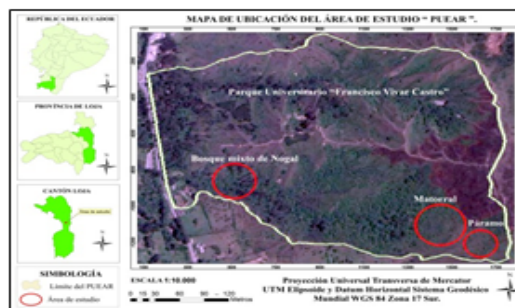


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Se instalaron 5 parcelas de 20 x 20 m en el bosque mixto de Nogal para muestrear árboles, arbustos y hierbas; 10 parcelas de 10 x 10 m en el matorral y 10 parcelas de 2 x 2 m en el páramo. Se determinó la composición florística, parámetros estructurales como: Densidad absoluta (D), densidad relativa (Dr), dominancia relativa (DmR), frecuencia (Fr), índice de valor de importancia (IVI), índice de Shannon y endemismo.

Para determinar la captura de carbono en el bosque mixto de Nogal se instaló 5 parcelas de 20 x 20 m dentro de las cuales se instaló 3 subparcelas de 5 x 2 m y de 1 x 1 m para arbustos y hierbas respectivamente. Se midió DAP y Altura de individuos arbóreos para calcular volumen, para arbustos y hierbas se realizó muestreo destructivo. En el matorral y páramo se instaló 10 parcelas en cada ecosistema de 1 x 1 m, donde se realizó muestreo destructivo, se cortó toda la vegetación de la parcela, se pesó y etiquetó; se llevó al laboratorio muestras de 1 kg para secar y obtener la relación peso seco/peso húmedo y, se calculó la biomasa usando la fórmula

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht$$

Para calcular el carbono se múltiplo la biomasa obtenida por el factor de conversión de 0,5.

**RESULTADOS**

**Diversidad florística del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario**

En los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro” se registró 98 especies vegetales,

pertenecientes a 43 familias, de las cuales 11 especies son árboles de 11 familias; 58 especies son arbustos de 24 familias y 29 especies son hierbas de 15 familias.

**Parámetros estructurales del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.**

Las especies ecológicamente importantes del bosque mixto de Nogal son: *Juglans neotropica*, *Verbesina lloensis*, *Piper asperiusculum*, *Lycianthes radiata*, *Blechnum occidentale* y *Cyperus rotundus*. En el matorral se destacan: *Gaultheria reticulata*, *Ageratina dendroides*, *Pteridium arachnoideum* y *Rhynchospora vulcani*. Y en el páramo antrópico las especies representativas son: *Pteridium arachnoideum*, *Paepalanthus ensifolius*, y *Calamagrostis intermedia*.

**Endemismo del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.**

Las especies endémicas del parque universitario son *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus* (Asteraceae), *Puya eryngioides* (Bromeliaceae), *Bejaria subsessilis* (Ericaceae) y *Lepechinia mutica* (Lamiaceae).

**Contenidos de carbono del páramo, matorral y bosque mixto de Nogal en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.**

Los contenidos de carbono del bosque mixto de Nogal es de 95,66 Mg C/ha, que multiplicado por el área total del bosque (2,91 ha) da como resultado

278,55 Mg C, en el matorral los resultados obtenidos son de 14,10 Mg C/ha que multiplicado por el área total del ecosistema (42,67 ha) da un resultado de 601, 81 Mg C y en el páramo con 2,22 Mg C/ha que al multiplicarlo por el área total del páramo (20,58 ha) da como resultado 45,88 Mg C. El contenido total de carbono en los tres ecosistemas del parque universitario es de 926,29 Mg C.

#### CONCLUSIONES

- En los ecosistemas de páramo, matorral y bosque mixto de Nogal del parque universitario “Francisco Vivar Castro” se registró 98 especies vegetales, pertenecientes a 43 familias, de las cuales 11 especies son árboles de 11 familias; 58 especies son arbustos de 24 familias y 29 especies son hierbas de 15 familias.
- Las especies con mayor IVI de estos ecosistemas son *Juglans neotropica*, *Piper asperiusculum*, *Blechnum occidentale*, *Cyperus rotundus*, *Gaultheria reticulata*, *Ageratina dendroides*, *Pteridium arachnoideum*, *Lycianthes radiata* y *Rhynchospora vulcani*.
- Se registró 6 especies endémicas: *Aetheolaena heterophylla*, *Verbesina pentantha*, *Senecio iscoensis*, *Cronquistianthus niveus*, *Puya eryngioides*, *Bejaria subsessilis*, *Lepechinia mutica* y *Bejaria subsessilis*.
- El contenido de carbono para el bosque mixto de Nogal es de 95,66 Mg C/ha; en el matorral 14,10 MgC/ha y en el páramo 2,22 MgC/ha y un total de 926,29 Mg C en todo el PUEAR.



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE**  
**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARERA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE  
LA CAPTURA DE CARBONO EN TRES  
ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO  
“FRANCISCO VIVAR CASTRO”, CANTÓN LOJA,  
ECUADOR**

**AUTOR:**  
Alexander Medina Medina


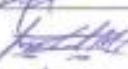



**DIRECTOR:**  
Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

Loja – Ecuador

2018



Anexo 15. Registro de asistencia a la socialización de resultados.

REGISTRO DE ASISTENCIAS PARA LA SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE TESIS				
DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN TRES ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO", CANTÓN LOJA, ECUADOR				
N <sub>ro</sub>	Fecha	Apellidos y nombres	CI	Firma
1	8/07/18	Vivanco Jimenez Joel Alexander	105430951	
2	8/07/18	Joseph A. Gonzalez Ruiz	0704669811	
3	8/07/18	Darwin Pinza Ochoa	2200136089	
4	8/07/18	Guillermo Quiroz Kirby	1150620092	
5	8/07/18	Rodriguez Acuña Emily Michelle	1104114796	
6	8/07/18	Fernanda Lizet Ochoa Durán	1105241424	
7	8/07/18	Bryan Javier Merino Galvez	1150191482	
8	8/07/18	Marquez Armas Luis Haiguer	1105205833	
9	8/07/18	Chocho Tapia Ana Belén	1105648792	
10	8/07/18	Renny Santiago Lenin Diaz	1150361473	
11	8/07/18	María Cifra Kinga Chulín	1150560728	
12	8/07/18	Medina Aguirre Katty Alexandra	1105722176	
13	8/07/18	Rodriguez Oviedo Jennifer Alexandra	1106057146	
14	8/07/18	Edison David Cortiche Guaylla	1450052804	
15	8/07/18	Valderrazo Ramirez Jennifer Alejandra	1150097275	
16	8/07/18	Peñ Jumbo Yessica Lisbeth	1150393468	
17	8/07/18	Vaca Sarango Maritza Sibefangui	1150213675	
18	8/07/18	Fanny Mireya Aguirre Gomez	1150145496	