

1. Título

PROCESOS ECOLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

2. Equipo de investigación y dedicación horaria semanal

El equipo de investigación está conformado de la siguiente manera y cumplirá los siguientes roles, como se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. Integrantes del equipo de investigadores del proyecto

| Nombre | Grado académico | Campo especializado | Rol en el proyecto | Dedicación (horas/semana) | Duración de la participación |
|---|------------------------|--|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| Zhofre Aguirre Mendoza | Ph.D. | Manejo de recursos naturales, biodiversidad | Director, responsable de la ejecución del proyecto | 12 | 24 meses |
| Manuel González | Mg.Sc | Sucesión vegetal | Investigador | 10 | 12 meses |
| Wilson Quizhpe | Mg.Sc | Flora andina | Investigador | 20 | 24 meses |
| Telmo Gaona Ochoa | Ingeniero Forestal | Implementación experimentos en el PUEAR. | Investigación | 20 | 24 meses |
| Nelson Jaramillo D. | Ingeniero Forestal | Implementación experimentos en el PUEAR. | Investigación | 10 | 24 meses |
| Tesistas de la Carrera de Ingeniería Forestal | 3 Egresados | Ejecución de tesis en dinámica, fenología, servicios ecosistémicos | Investigadores | 40 | 24 meses |
| Benítez Ch. Ángel | Ph.D | Briófitos y líquenes | Asesor Externo | 05 | 12 meses |

3. Problema/oportunidad

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.

Los ecosistemas boscosos, en especial los andinos son los complejos biológicos más diversos de la biósfera, cuyos bienes y servicios suplen las necesidades de la sociedad y de los grupos humanos que allí habitan en cuanto a frutos, madera, leña, fibras, medicinas, fauna silvestre, regulación del clima y agua; lo cual lo convierte en un sistema invaluable para el hombre, como base de sostenibilidad para la vida (Melo y Vargas, 2003).

En estas circunstancias el ecosistema andino debido a las condiciones climáticas, población que ahí vive, es el más afectado y difícil de recuperar; el conocimiento de los ecosistemas boscosos andinos no es completo y falta mucho por conocer para poder actuar. La evaluación ecológica y silvicultural conllevan conceptos de estructura, composición, dinámica y regeneración; y, por otro lado de crecimiento y rendimiento, lo cual debe ser generado bajo investigaciones puntuales (Melo y Vargas, 2003).

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).

Los ecosistemas andinos tienen su dinámica, basada en: la composición y diversidad florística, estructura, crecimiento de las especies, sobrevivencia de especies, en procesos sucesionales que se dan luego de alteraciones antrópicas, en la respuesta fenológica de las especies a factores exógenos (Fournier, 1976; Fournier y Champartier, 1978; Aguirre *et al.*, 2014). El entendimiento de la dinámica de un bosque y de sus especies involucra el conocimiento de diferentes variables, entre las que destaca el crecimiento de los árboles, que depende de factores ambientales y de características propias de las especies (Lambers *et al.*, 1998). El crecimiento de los árboles es importante tanto económica como ecológica, por su utilidad en la estimación y predicción del rendimiento forestal (Vanclay, 1994), y el papel en el entendimiento de la demografía poblacional y dinámica del bosque y en especial de los niveles de productividad primaria, para ser valorados como captadores o sumideros de carbono (Swaine y Lieberman, 1987).

Hasta ahora, son escasas las investigaciones sobre tasas de crecimiento de árboles a través de gradientes ambientales, variación que podría ser crítica para la distribución y abundancia de las especies. Las tasas de crecimiento individual dependen de una combinación del tamaño del árbol, características ecológicas específicas y de los árboles vecinos (Peálissier y Pascal, 2000).

Por tanto, se requiere generar información científica relacionada a la diversidad, composición, estructura, dinámica, crecimiento de especies y procesos ecológicos de las especies vegetales de los bosques andinos, que permitan conocer más el ecosistema y permita la planificación de proyectos con la utilización de especies adecuadas que garanticen la sustentabilidad de la producción forestal.

Esta situación se facilita debido a que la Universidad Nacional de Loja desde 1983, maneja el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, un área de 90 hectáreas, según Aguirre et al., (2016), posee cinco ecosistemas: bosque andino, matorral, páramos antrópicos, bosque de *Juglans neotropica* y plantaciones de pino y eucalipto; y, constituye una excelente oportunidad para documentar la diversidad, ecología de remanentes boscosos andinos.

Este proyecto pretende responder la pregunta central de investigación: ¿El PUEAR es el escenario para investigar y generar conocimientos sobre diversidad, captura de carbono, sucesión de especies vegetales, que sustenten la gestión forestal en la región sur del Ecuador?.

Y las preguntas específicas: 1). ¿Cuál es la composición y diversidad florística de una parcela permanente en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” y su relación con la dinámica de crecimiento de especies forestales?. 2). Cuál es la captura de carbono en el ecosistema de bosque andino del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”. 3). Y cuál es la dinámica sucesional que pasa bajo las plantaciones forestales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro.”?

4. Justificación

Los problemas ambientales que soporta el planeta en la actualidad son el resultado del constante mal uso y manejo de los recursos naturales, ante esto, varios son los esfuerzos que se ejecutan para contrarrestar estos efectos; sin embargo existen limitaciones relacionadas con: estrategias, capacidades, conocimientos y competencias necesarias que permitan hacer frente a los desafíos de evitar más daño a la tierra (Díaz, 2011).

Según García (1989) el conocimiento de la realidad y la percepción de los problemas hacen que el sentido común de los seres humanos induzca conductas y establezca estrategias que mitiguen los males y resuelvan las dificultades. Por esta razón es importante que se potencie la documentación y generación de conocimiento sobre la diversidad vegetal, procesos biológicos y ecológicos del bosque andino, en este caso existente en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar C.”,

La investigación en el PUEAR permitirá identificar la diversidad, composición florística, estructura, dinámica y sucesión vegetal en condiciones *in situ*; y, documentar estos procesos, 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.

Con la ejecución de este proyecto se contribuirá a la generación de información científica-técnica sobre diversidad de especies vegetales, fenología de especies, dinámica sucesional de

la vegetación, almacenamiento de carbono, información que puede ser usada en programas que promuevan el desarrollo forestal sostenible de la Región sur del Ecuador.

La ejecución de esta investigación se justifica debido a que se puede identificar especies vegetales multipropósito, orientar la conservación de la biodiversidad y especialmente la formación de talentos humanos, ya que se trabajaran con tesis de la carrera del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Además, con este proyecto se fortalece el Parque Universitario como un centro de educación y conservación y, escenario para la vinculación de la Universidad Nacional de Loja con la sociedad lojana y ecuatoriana.

Finalmente se justifica, debido a que en el claustro académico de la Universidad Nacional de Loja existe la capacidad instalada para impulsar este proyecto que permitirá investigar la diversidad florística, composición y algunos procesos ecológicos que se dan en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar C.”, información que será de utilidad para fomentar proyectos de conservación y producción sostenible.

5. Marco teórico

5.1. Dinámica de crecimiento de especies nativas de la región andina ecuatoriana

¿Es posible predecir cómo cambian las especies tanto como se puede predecir los cambios de clima?, ¿Dentro de 100 años estarán aquí las mismas especies que conocemos ahora?, ¿Qué tan importantes son los eventos fortuitos (por ejemplo: si un ave migratoria dispersa semillas de una especie originaria de un lugar distante en el bosque)? (Smithsonian Tropical Research Institute, 2012).

En 1980, algunos botánicos midieron e identificaron más de un cuarto de millón de árboles (árboles con diámetro basal mayor de un centímetro). Todos los árboles fueron identificados y colocados en mapas de una parcela de 50 hectáreas en Barro Colorado. Este censo ha sido repetido en 1985, 1990 y 1995. Posiblemente es el ejemplo más notorio para conocer cómo crecen las especies tropicales (Smithsonian Tropical Research Institute, 2012).

En Ecuador se han realizado plantaciones forestales en Los Andes, Costa y Amazonia, pero con escasas excepciones se ha monitoreado el crecimiento de las plantas; si se considera que éste es un proceso cuya velocidad es muy variable en el mundo vivo (Fariás, 1997). Hay plantas que alcanzan grandes tallas en corto tiempo y otras que llevan muchos años en alcanzar su tamaño adulto, de manera que hay plantas que culminan su ciclo completo en meses, mientras que otras viven por siglos. Las responsables del crecimiento son las células que se encuentran en diversas partes de la planta, así: en las yemas del ápice del tallo, axilas de las hojas y ramas, a veces en los bordes de las hojas y en la base del tallo, en la punta y axilas de las raíces, en los tejidos que originan leño formando delgadas capas bajo la corteza. A partir de estos conglomerados se desarrolla: el crecimiento del tallo, nuevas ramas, nuevas raíces, hojas, flores y frutos y, mientras se conserven vivos, la planta, en su conjunto, vivirá (Fariás, 1997).

El entendimiento de la dinámica de un bosque y de sus especies involucra el conocimiento de diferentes variables, destaca la diversidad, composición, estructura, crecimiento de los árboles, este último depende de factores ambientales y de las características propias de las especies (Lambers *et al.*, 1998). El crecimiento de los árboles es importante tanto económica como ecológicamente, por su utilidad para estimar y predecir el rendimiento forestal (Vanclay, 1994), así como por su papel en el entendimiento de la demografía poblacional y la dinámica del bosque (Swaine y Lieberman, 1987). Las tasas de crecimiento de los árboles en los bosques tropicales reflejan la variación en las estrategias de la historia de vida, definen límites a la cosecha de madera y controlan el balance de carbono (Baker *et al.*, 2003).

Aun cuando hay poca información sobre los patrones espaciales de crecimiento arbóreo en el trópico, es claro que este proceso está limitado por las variables ambientales a diferentes escalas temporales y espaciales. La radiación y la disponibilidad de agua y de nutrientes en el suelo pueden ser factores importantes que determinen las tasas de crecimiento (Baker *et al.*, 2003). Además, se ha observado que las tasas de crecimiento individual dependen de una combinación del tamaño del árbol, características ecológicas específicas y de los árboles vecinos (Peâlissier y Pascal, 2000).

De otro lado la variación inter-específica en la tasa de crecimiento potencial máximo es uno de los factores más importantes en la definición de grupos funcionales robustos, dado que ésta integra numerosos rasgos que subyacen los compromisos entre las estrategias para la adquisición de recursos (nutrientes), la defensa contra enemigos naturales y la asignación a reproducción (Baker *et al.*, 2003).

Swaine y Whitmore (1988) proponen agrupar a las especies arbóreas de acuerdo con sus requerimientos de luz, resultando dos grupos ecológicos relativamente homogéneos: pioneras y clímax (no pioneras); además, usan un segundo criterio basado en las alturas esperadas en la madurez. Esta clasificación coincide con la de Shugart (1984) en que el síndrome de pioneras o no pioneras equivale a los requerimientos de claros para la regeneración y la altura a la capacidad de crear claros. Se cuestiona la existencia de una dicotomía fundamental de tipos de historia de vida entre los árboles, afirmando que las especies cubren un amplio continuum de características, respuestas y requerimientos (Whitmore, 1989; Davies, 2001; Poorter y Arets, 2003, Saldaña-Acosta *et al.*, 2008). Al considerar el continuum de respuesta de las especies arbóreas a la luz, se han reconocido tres grupos: demandantes de luz (heliófilas – pioneras), tolerancia media (nómadas) y tolerancia alta (esciófilas - tolerantes).

En cuanto a las características de cada uno de los tipos señalados, las pioneras (conocidas como sucesionales tempranas, intolerantes a la sombra o secundarias) tienen semillas que germinan en claros, donde los rayos del sol pueden llegar al nivel del suelo, por lo menos una parte del día. Las tolerantes intermedias pasan de un estadio juvenil al reproductivo, con la participación de claros. Las tolerantes (no pioneras, sucesionales tardías) tienen la capacidad de germinar en la sombra, raramente a pleno sol, y además pueden establecerse y sobrevivir en lugares sombreados, pero también se encuentran en lugares abiertos. Tienen períodos de

vida similares a las tolerantes intermedias, pero permanecen durante una alta proporción de su vida en condiciones limitadas de luz (Swaine y Whitmore, 1988; Martínez-Ramos, 1985).

5.2. Estudios de crecimiento de árboles en el sur del Ecuador

Se han realizado estudios al respecto, así: Ojeda e Iñiguez (1985) investigaron sobre el crecimiento de seis especies forestales nativas en dos zonas ecológicas de la provincia de Loja (Loja y Zapotillo), las especies fueron: nogal *Juglans neotropica*, cedro *Cedrela montana*, canelo *Nectandra* sp., gualtaco *Loxopterygium huasango*, guayacán *Handroanthus chrysanthus* y *Myroxylon balsamum* (chaquino). El periodo de evaluación de crecimiento fue de un año obteniendo el siguiente resultado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Crecimiento de especies forestales

| Especie | Crecimiento promedio mensual (cm) | Altura total (cm) en un año |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| <i>Juglans neotropica</i> | 6 | 75 |
| <i>Cedrela montana</i> | 10 | 120 |
| <i>Nectandra</i> sp. | 9 | 108 |
| <i>Loxopterygium huasango</i> | 6 | 80 |
| <i>Handroanthus chrysanthus</i> | 8 | 96 |
| <i>Myroxylon balsamum</i> | 9 | 110 |

Sánchez y Rosales (2002) estudiaron la dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, en la primera medición se encontraron 2310 individuos distribuidos en 29 familias, 78 especies, 43,97 m² de área basal, volumen total de 271,23 m³ y un total de 176 rebrotes en la hectárea. Después de 12 años la parcela de Cajanuma tuvo una mortalidad de 499 individuos e ingresaron 469 quedando un total de 2280 árboles y 112 rebrotes. El número de especies paso de 78 a 80 y de 29 a 30 familias, el área basal de 43,97 a 45,80 m² y el volumen de 271,23 a 284,95 m³, es decir 1,83 m²/ha de área basal y 13,72 m³/ha de volumen respectivamente, que son producto del reclutamiento dentro del DAP mínimo (≥ 5 cm) y el crecimiento en diámetro y altura de los árboles sobrevivientes. La tasa de dinamismo fue de 2,05 % por año.

Aguirre *et al.*, (2014) investigaron la supervivencia y crecimiento de 29 especies nativas en el centro de conservación El Padmi; las especies fueron establecidas en dos periodos (2005 y 2009). Las especies establecidas en el año 2005, que demuestran mejor supervivencia y crecimiento son: *Cedrelinga cateniformis*, *Persea* sp., *Huartea glandulosa*, *Lafoensia* cf. *punicifolia*, *Platymiscium pinnatum*, *Clarisia biflora* y *Vitex cymosa*; estas especies son por ahora recomendables para el establecimiento de plantaciones y sistemas agroforestales, considerando características similares del sitio, por presentar mejor crecimiento en D_{1,30 m}, altura y volumen.

Las especies establecidas en el año 2009 que mejor supervivencia y crecimiento tienen son: *Terminalia oblonga*, *Apeiba aspera*, *Guarea kunthiana*, *Caryodendron orinocense*, *Terminalia amazonia*, *Albizia* sp., *Ochroma pyramidale*, *Piptocoma discolor*, *Heliocarpus americanus*, *Aspidosperma laxiflorum*, *Pouteria capasifolia*, *Clarisia racemosa* y *Cedrela odorata*; especies que se recomienda para programas de reforestación, restauración y plantaciones en La Amazonia sur, considerándose árboles de interés comercial y, ecológicamente son especies esciófitas difíciles de adaptarse fuera del bosque, pero los resultados en esta investigación sugieren que es posible su plantación en condiciones *ex situ*.

5.3. Almacenamiento de carbono

El dióxido de carbono (CO₂) 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)

5.3.1. 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).

5.3.2. 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.

a) 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 (m³)

D = Densidad básica de la madera (t/ m³)

FEB = Factor de expansión de la biomasa.

b) 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).

c) 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)

5.3.3. Estudios de carbono realizados en bosques andinos del Ecuador

Según Osinaga *et al.*, (2014), en un estudio de monitoreo de 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). Los datos respecto a los contenidos de carbono para estos bosques provienen de regiones muy puntuales de Los Andes en Perú y Ecuador.

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 m snm con un promedio de 154 Mg C/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 mg C/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 m, cerca del ecotono con el páramo, evidencian un repunte en el contenido total de carbono (87 mg C/ha), especialmente por la biomasa subterránea que constituye el 38 % del total contenido en estos bosques. El carbono contenido en las raíces de los bosques 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 de la transecta en altitudes menores.

5.4. Procesos ecológicos

Un ecosistema es un conjunto de componentes bióticos y abióticos que interactúan utilizando y transformando la materia y la energía disponible en él. Los procesos que operan en los ecosistemas se dan de manera simultánea y anidada a diferentes escalas espaciales y temporales (Maass, 1999).

Se mencionan los procesos bioquímicos como la fotosíntesis o la respiración celular que operan a escalas de unas cuantas micras y toman segundos en ocurrir. En el otro extremo los procesos geológicos como la formación de montañas y la deriva continental, que ocurren a escalas regionales y globales y operan en períodos de cientos de miles y millones de años. En medio tenemos procesos fisiológicos como la abscisión foliar o la digestión, que ocurren a una escala de cm^2 y en períodos de horas, y procesos ecológicos como la dispersión de semillas o el reciclaje de nutrientes, que operan a escalas espaciales de hectáreas y km y que toman días o años en ocurrir (Maass 1999).

Se define como cualquier interacción entre organismos con su medio o con el hombre. Es una definición muy amplia y así todo es un proceso ecológico. Una definición funcional para una evaluación ambiental, hace referencia a los siguientes fenómenos interrelacionados: colonización y sucesión, migración, reproducción que incluye polinización y dispersión de propágulos y alimentación que incluye competencia (parcialmente) y depredación (Neotrópicos, 2007).

Según González *et al.*, (2013) existen cuatro procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas que son: el ciclo del agua, los ciclos biogeoquímicos (o de nutrientes), el flujo de energía y la dinámica de las comunidades, es decir cómo cambia la composición y estructura de un ecosistema después de una perturbación (sucesión).

5.4.1. Proceso sucesional

El proceso de cambios en la vegetación a través del tiempo, después de haber sufrido perturbaciones se conoce como sucesión secundaria (Walker y Del Moral, 2003). Frecuentemente la sucesión secundaria ocurre cuando las plantas colonizan el suelo previamente ocupado por una comunidad viviente (Gurevitch *et al.*, 2006). Este tipo de sucesión es frecuente en campos de cultivo abandonados, en plantaciones forestales y en claros de bosque, en los cuales existen semillas y/o remanentes de la vegetación natural.

Durante el proceso de sucesión secundaria se observa que las comunidades se van reemplazando a lo largo del tiempo, hasta lograr un equilibrio en la composición y estructura que se refleja en la persistencia de las especies arbóreas en el tiempo (Glenn y Veblen, 1992).

Según Bazzaz (2000), la sucesión secundaria es un proceso multidireccional, probabilístico que puede tener diversos resultados. En función de los factores que interrelacionen (bióticos y abióticos). Los cambios temporales en las características del ecosistema (nutrientes, biomasa, productividad), la comunidad (diversidad de especies, composición, estructura) o de una población (distribución de edad, patrones de historia de vida) están cercanamente asociados con el cambio de especies; por lo que los estudios de sucesión se basan en esta última característica (Glenn-Lewin, Peet y Veblen, 1992). Aunque la sucesión secundaria ha sido un tema estudiado desde hace varias décadas, existe poca información sobre el desarrollo de este proceso en la región neotropical.

Posiblemente, la poca disponibilidad de información se debe a que el estudio directo (en campo) requiere de largos periodos para completar la observación del proceso (al menos 100 años). Por lo tanto, la descripción de la sucesión secundaria usualmente se basa en la comparación de sitios vecinos, con características de clima y suelo semejantes, y vegetación con diferentes estados de desarrollo (Finegan, 1996).

El conocimiento del proceso de sucesión vegetal contribuye con el desarrollo de la Ecología y ofrece un potencial en el desarrollo de programas de conservación y uso de los recursos biológicos (Finegan, 1996). En este sentido es importante describir y comparar las características fisionómicas de las diferentes etapas de sucesión en parcelas con vegetación de diferentes edades. Los parámetros a comparar pueden ser: riqueza de especies arbóreas,

número de árboles, área basal de los árboles, altura promedio del dosel y cantidad de estratos arbóreos.

5.4.2. Factores que intervienen en un proceso ecológico

De acuerdo a los puntos que estudia la ecología según Torres (2009), existen diversos aspectos que afectan a los seres vivos y entre ellos están:

Factores abióticos.- son aquellas características físicas o químicas que afectan a los organismos, entre ellos: factores climáticos, entre ellos están la temperatura, luz, humedad, viento, altitud, latitud y el agua.

Factores bióticos.- son aquellos en donde intervienen las relaciones que existen entre los organismos, o bien, individuos de la misma especie o de diferente especie.

5.4.3. Estudios realizados en el Ecuador

Eguiguren y Ojeda (2010), investigaron sobre la diversidad florística de una zona piloto para el monitoreo del cambio climático en el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. Para ello, se identificó y seleccionó tres cimas situadas a lo largo de la gradiente altitudinal (3270 a 3400 m snm), estas tres cimas están influenciadas por el mismo clima regional. En toda la zona piloto de instalaron 48 parcelas permanentes de 1m (16 parcelas por cada cima) para la identificación y cuantificación de la diversidad florística. Se registraron 86 especies, 60 géneros y 33 familias, de las cuales 57 especies están representadas en 765 individuos en la cima CIA; 51 especies y 1 085 individuos en CIB; y 59 especies distribuidas en 1 126 individuos en CIC. Entre todas las cimas se estableció que las familias más diversas son Asteraceae y Ericaceae; mientras en la mayor cantidad de individuos por ha, sobresalen *Oxalis spiralis* con 55 833 ind/ha, *Tillandsia aequatorialis* con 44 375 ind/ha y *Disterigma empetrifolium* con 36 875 ind/ha. Finalmente se pudo establecer que todas las cimas posee una diversidad alfa alta, sin embargo existe una diferencia significativa entre las cimas CIA y CIB, mientras que en lo relacionado a la similaridad los resultados mostraron que esta es mediana, existiendo una mayor similitud entre las cimas CIB y CIC.

Armijos y Lima (2011), en un estudio realizado sobre monitoreo de la regeneración natural en zonas alteradas en la microcuenca Jipíro, cantón Loja, instalaron 45 parcelas temporales de 10 x 10 m, ubicadas en áreas alteradas con presencia de vegetación en tres estados sucesionales diferentes, que corresponden a las categorías: categoría 1 (2-3 años), categoría 2 (5-6 años) y categoría 3 (8-10 años). Además, para comparar la vegetación que llega a estados maduros han instalaron 3 transectos en zonas que han sido alteradas hace más de 10 años, se midió los individuos \geq a 5 cm de DAP y, 3 transectos en bosque nativo se registraron individuos \geq a 5 cm de DAP.

Las especies vegetales que se regeneran naturalmente y que presentan mayor densidad, abundancia y frecuencia en las áreas alteradas son especies típicas que crecen en zonas que han sufrido alteración. Así las especies representativas en la categoría I son: *Pteridium arachnoideum*, *Ageratina dendroides*, *Baccharis genistelloides*; en la categoría II: *Pteridium*

arachnoideum, *Panicum stigmatum*, *Tibouchina lepidota*, y en la categoría III: *Zeugites mexicana*, *Pteridium arachnoideum*, *Panicum stigmatum*. En el área alterada mayor a 10 años las especies más representativas son: *Tibouchina lepidota*, *Miconia* cf. *cladonia*, *Critoniopsis pycnantha*. Y en el bosque nativo las especies de mayor densidad y abundancia son: *Weinmannia glabra*, *Miconia caelata*, *Graffenrieda harlingii*, *Hedyosmum racemosum* y *Morella pubescens*.

6. Objetivos

6.1. Objetivo General

- Contribuir al conocimiento de la diversidad florística, dinámica y algunos procesos ecológicos en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar C.”, que permita generar conocimientos, pautas y referentes científicos para la gestión de los recursos vegetales de la región andina del Ecuador.

6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la vegetación en una parcela permanente en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”, con miras a medir la dinámica de crecimiento de especies forestales.
- Estimar la captura de carbono en el bosque andino del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”.
- Determinar la dinámica sucesional que ocurre en las plantaciones forestales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”

7. Hipótesis

- La diversidad y composición florística en una parcela permanente en el PUEAR es similar a otros bosques andinos del sur del Ecuador.
- La captura de carbono en el ecosistema bosque andino en el PUEAR está influenciado por el tipo de especies, en especial su densidad específica?
- La dinámica sucesional en las plantaciones forestales del PUEAR está en función de la especie exótica establecida y de las características del sitio?.

8. Metodología

8.1. Área de estudio

El Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Ing. Francisco Vivar C.”, se encuentra ubicado en La Argelia, parroquia San Sebastián, cantón Loja, es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, localizado a 5 km de la ciudad de Loja, tiene una superficie de 99,2 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m snm. Localizado entre las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223N, 700 970 – 9 553 139S - 701 309 – 9 553 171E, 699 961 – 9 554 049W (Figura 1).

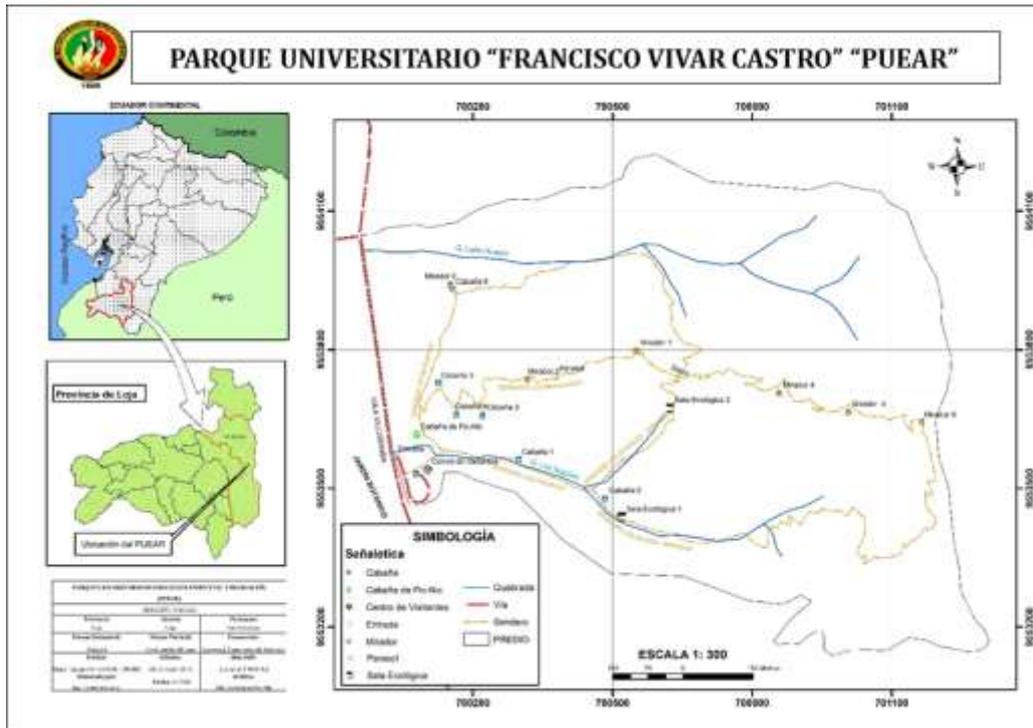


Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

8.2. Metodología

8.2.1. Caracterización de la vegetación en una parcela permanente de bosque andino en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”.

8.2.1.1. Diseño del ensayo

Se instalará una parcela permanente de 1 hectárea en un sitio representativo del PUEAR (ecosistema de bosque andino); para lo cual se considerará aspectos como: topografía del terreno (pendiente regular) y ubicación dentro del bosque para evitar el efecto de borde.

Utilizando brújula se instalará la parcela permanente de 1 ha (100 x 100 m), delimitada con piola nylon. Una vez demarcado el cuadrante de 10 000 m² se subdividirá en 25 subparcelas de 400 m² (20 x 20 m) a las que se asignará un código, usando letras del alfabeto (A, B, C...). En los vértices de la parcela grande y de las subparcelas de 20 x 20 m se colocaran mojones de cemento para facilitar las futuras mediciones. Con GPS se registrará las coordenadas geográficas de los cuadrantes. En cada parcela se medirán todos los individuos leñosos \geq a 5 cm de $D_{1,3}$ m, éstos serán numerados considerando la letra de las subparcelas donde están ubicados, lográndose la combinación A₀₁, A₀₂..., cada árbol será plaqueado con una placa de aluminio adherido a la planta a 1,40 m. A cada árbol se le realizará una marca circular (con pintura color rojo) a 1,30 m de altura desde el suelo para medir el $D_{1,30}$ m, para que así la próxima medición sea a la misma altura. Para medir la altura del árbol se utilizará el hipsómetro HAGA y para el DAP una cinta diamétrica (Aguirre y Aguirre, 1999; Aguirre, 2015). Los datos obtenidos en esta medición son la base para las futuras mediciones de crecimiento de las especies forestales.

En la figura 2 se presenta la manera cómo van a ser distribuidas las subparcelas dentro de la parcela permanente.

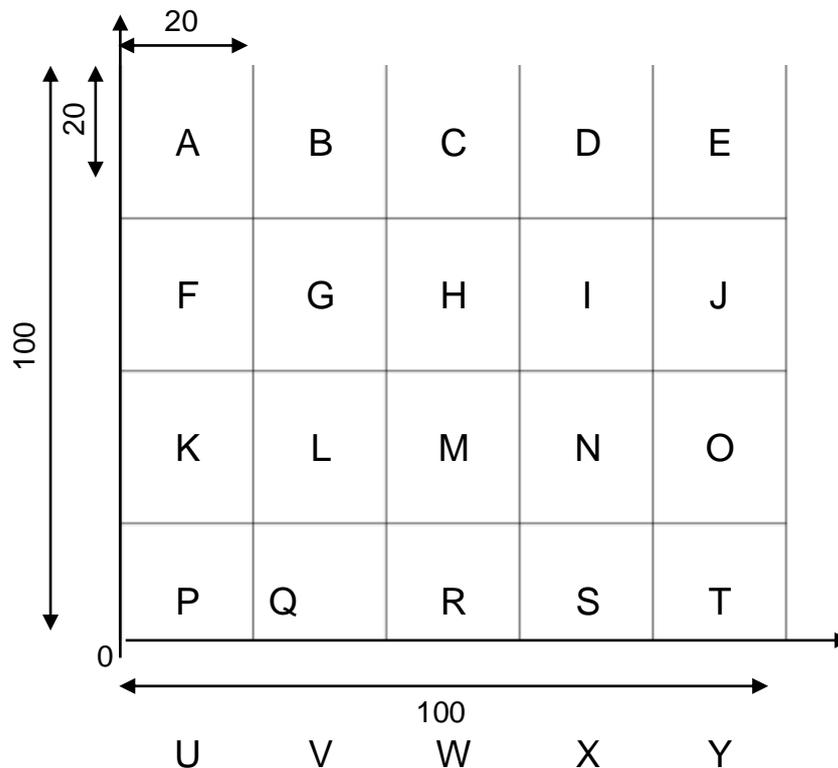


Figura 2. Diseño de distribución de subparcelas en la parcela permanente

8.2.1.2. Análisis de datos

Por tratarse de datos iniciales, éstos serán usados para calcular parámetros estructurales que permitirán caracterizar la vegetación del PUEAR. Entonces se obtendrá: composición florística, riqueza de especies, área basal, volumen del bosque, alturas medias, diámetros medios, clases diamétricas, perfil horizontal y vertical de la vegetación. Y parámetros estructurales de: densidad, abundancia, frecuencia, dominancia e índice valor de importancia, usando las formulas:

| Parámetro | Formula |
|--------------------------------------|--|
| Área basal ($G \text{ m}^2$) | Cuando se mide el DAP: $G = 0,7854 \times (\text{DAP})^2$ Cuando se mide el CAP: $G = 0,0796 \times (\text{CAP})^2$ |
| Volumen ($V \text{ m}^3$) | $V = G \times H \times f$ |
| Densidad (ind/m^2) | $D = \text{Número de individuos de la especie} / \text{Total área muestreada}$ |
| Densidad relativa (%) | $DR = (\text{Número de individuos de la especie} / \text{número total}) \times 100$ |
| Frecuencia relativa (%) | $FR = (\text{Número de parcelas en las que se inventaría las especies} / \text{Sumatoria de frecuencia de todas las especies}) \times 100$ |
| Dominancia Relativa (%) | $DmR = (\text{Área basal de la especie} / \text{Área basal de todas las especies}) \times 100$ |
| Índice valor de importancia (/300) | $IVI = DR + FR + DmR$ |

También se obtendrán la apertura de dosel (%), índice de esbeltez (%) índice de espacio vital (m²), aplicando la fórmula planteada por Quezada *et al.*, (2012).

Para determinar el índice de esbeltez se aplicara la fórmula planteada por Serrada *et al.* (2008), que es el resultado de la división entre la altura y el D_{1,30 m}, expresado en porcentaje; este procedimiento se aplicará a los datos promedios por especie.

$$E = \frac{h}{d} \times 100$$

h = altura total del árbol

d = diámetro normal D_{1,30 m}.

Para determinar el índice de espacio vital se aplicará la fórmula planteada por Serrada *et al.* (2008), resultado obtenido de la división entre el diámetro de copa y el D_{1,30 m}, este procedimiento se aplicará a los datos promedios por especie

$$IEV = DC/D_{1,30}$$

DC = diámetro de copa

D_{1,30 m} = diámetro normal a 1,30 m del suelo.

8.2.2. Determinación de la captura de carbono en los diferentes ecosistemas del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”.

La captura de carbono se realizará en los ecosistemas existentes en el PUEAR, para el caso del bosque se usaran los datos de la parcela permanente de 1 ha, complementando sus estratos que faltan; se aplicará el método directo según Osinaga *et al.* (2014); que consiste en la extracción de muestras y sub-muestras de los componentes muestreados (e.g., árboles: ramas, hojas, fuste; necromasa, raíces), para luego determinar su masa seca en laboratorio (biomasa, necromasa seca).

8.2.2.1. Calculo de la biomasa aérea

Cuantificación de las existencias de carbono en el PUEAR

En el primer año se dedicará a cuantificar el carbono existente en la parcela permanente instalada, abarcando la biomasa arbórea, arbustiva, herbácea, necromasa y raíces. Para el segundo año se trabajará en los ecosistemas de matorral, bosque mixto de nogal y páramo antrópico.

Mediciones de la biomasa en el estrato arbóreo

Para las mediciones y cálculos se seguirá la metodología planteada por Aguirre y Aguirre (2004); así, para el estrato arbóreo se considerará a los compartimentos: fuste, copa y raíces.

Dentro de cada parcela se medirá el $DAP_{1,30\text{ m}}$ y la altura del fuste de cada árbol. Estos dos datos, junto con el factor de forma (Ff) permiten calcular el volumen del fuste (VF) del árbol. El volumen de cada árbol muestreado se calcula usando la fórmula:

$$V_{\text{fuste}} = \frac{1}{4} \pi (\text{DAP})^2 * \text{HF} * \text{Ff}$$

dónde:

V_{fuste} = Volumen del fuste

DAP = Diámetro a la altura del pecho

$\frac{1}{4} (\text{DAB})^2$ = Área Basal (AB)

HF = Altura del fuste

Ff = Factor de forma

La biomasa total del fuste en los árboles se obtiene a partir de la expresión:

$$B_{\text{fuste } n} = pe * V_{\text{fuste } n}$$

dónde:

$B_{\text{fuste } n}$ = peso seco total del fuste del árbol n

$V_{\text{fuste } n}$ = Volumen total del fuste del árbol n

pe = peso específico de la especie

Este valor de biomasa de los árboles de la parcela se multiplica por 0,5, y es la cantidad de carbono acumulada en esa muestra, se interpola con el número de árboles y se tiene el resultado final.

Compartimento copa (ramas y follaje)

La determinación del peso total de la copa se realizará mediante el peso húmedo y seco de una porción representativa de la copa. Para ellos se realizarán mediciones de la altura y el diámetro máximo de la copa del árbol seleccionado, estimación del volumen de ésta. El procedimiento de campo: se cosecha una porción de la copa, luego se separa en subcompartimentos (ramas gruesas, ramas finas y follaje). De cada una de estas partes se pesa la masa verde y se toma muestras de 1 kg, se empacan en bolsas plásticas y se llevan a laboratorio, éstas muestras son pesadas y después secadas en una estufa a 90°C hasta obtener un peso constante. Posterior a ello se calcula la relación *peso seco/peso verde* (Ps/Pv) de las muestras y esta relación se aplica al peso verde de la correspondiente parte entera del árbol, la cual se había pesado en el campo. Con lo cual se obtiene la biomasa seca total de la copa. Para las ramas más gruesas se debe calcular la densidad básica en lugar de la relación Ps/Pv.

Cálculos

$$PS_{\text{copa } j} = r * Ph_{\text{copa } j}$$

dónde:

$PS_{\text{copa } j}$ = peso seco total de la copa del árbol j

$PH_{\text{copa } j}$ = peso húmedo (fresco) total de la copa del árbol j

r = razón peso seco/peso húmedo de una porción de la copa.

Otra alternativa para estimar el peso seco de la copa consiste en considerarla como un elipsoide, en donde su volumen puede ser calculado en función del diámetro máximo de su corona y la altura del árbol resolviendo la siguiente expresión:

$$V_{\text{copa}} = \frac{\pi}{6} * H * D_{\text{copa}}^2$$

dónde,

V_{copa} = volumen de la copa

H = altura del árbol

D_{copa} = diámetro máximo de la copa

Compartimento sotobosque

En cada parcela de muestreo, se instalan subparcelas de 10 m², (mínimo tres parcelas). En las cuáles se recolecta toda la vegetación de sotobosque (arbustos). Posteriormente todo este material debe ser pesado para obtener su peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), de esta manera se determina la relación peso seco/peso húmedo. El valor de estos pesos suele depender del tipo de sotobosque, sus especies y su altura.

Compartimento Herbáceo

Dentro de las parcelas de (20 x 20 m) se instalaran tres subparcelas de 1 m². En las cuales se recolecta toda la vegetación herbácea. Este material será pesado para obtener su peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), de esta manera se determina la relación peso seco/peso húmedo.

Compartimento Necromasa

En cada parcela de muestreo, se instalan subparcelas de 1 m², (mínimo tres parcelas). En las cuales se recolecta todo el material considerado necromasa (Hojarasca, mantillo y detritos de madera). Todo este material será pesado para obtener el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), y de esta manera se determina la relación peso seco/peso húmedo.

Para el cálculo final de la biomasa de las especies dentro de la parcelas permanente del bosque andino del PUEAR, se usa la siguiente expresión:

Biomasa del estrato no arbóreo (Compartimento Arbustivo + Herbáceo + Necromasa)

A partir de este contenido de biomasa se puede obtener el valor correspondiente al contenido de carbono en el estrato no arbóreo, multiplicando su biomasa por el valor constante de conversión (0,5) reportado en la literatura.

Biomasa subterránea (Radicular)

Para calcular la biomasa de este compartimento se utilizará valores de las relaciones entre la biomasa aérea/biomasa subterránea reportadas en literatura, Según MacDicken (1994) considera que entre el 20 al 30 % de la biomasa total del árbol, corresponde a la biomasa de la raíz. De esta manera con la biomasa aérea obtenida para cada árbol de la muestra y con el valor de la razón biomasa subterránea/biomasa aérea, se puede obtener el valor teórico esperado para la biomasa subterránea de cualquier árbol, usando la expresión:

$$B_{\text{raíces}} = B_{\text{sr}} * \text{rel}$$

dónde,

$B_{\text{raíces}}$ = peso seco de las raíces

B_{sr} = peso seco de la biomasa aérea total

rel = Relación biomasa arbórea subterránea/ biomasa aérea reportada por literatura.

Biomasa total en las parcelas de muestreo

A partir de este contenido de biomasa, podemos obtener 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.

$$B_{\text{árbol}} = B_{\text{fuste}} + B_{\text{copa}} + B_{\text{raíces}} + B_{\text{no arbórea}}$$

dónde,

$B_{\text{árbol}}$ = peso seco total del árbol

B_{fuste} = peso seco del fuste

B_{copa} = peso seco de la copa

$B_{\text{raíces}}$ = peso seco de las raíces

Con esta expresión, se calcula la biomasa para cualquier unidad de superficie, agregándole la respectiva superficie

Estimación de captura de carbono en los otros ecosistemas del PUEAR

Se trabajará en páramo antrópico, matorral y bosque mixto de nogal. En éstos se procederá así: 10 parcelas de 5 x 5 m en páramos, 10 parcelas de 10 x 10 m matorrales y 5 parcelas de 20 x 20 m en el bosque mixto de nogal. Para los cálculos se seguirá el procedimiento propuesto para la parcela permanente.

Contenido de carbono a nivel de paisaje

Para la extrapolación de los contenidos de carbono de nivel de parcela a nivel de paisaje, se aplicará el más utilizado, que es la extrapolación lineal de los datos. Este método promedia 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 obtendrá el valor de carbono de todo el paisaje.

Además, para el caso de la biomasa aérea arbórea se desarrollará ecuaciones alométricas que reflejen estos contenidos, a través de diferentes correlaciones entre los datos de masa seca y los obtenidos en campo (diámetro del fuste, altura, densidad de la madera).

8.2.3. Determinación de la dinámica sucesional que ocurre en las plantaciones forestales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro.”

El escenario donde se evaluará la dinámica sucesional son las plantaciones de eucalipto y pino, localizadas en la parte baja del Parque Universitario, se aplicará la metodología:

8.2.3.1. Inventario de la regeneración natural en zonas alteradas

Para conocer la dinámica sucesional de las especies florísticas que aparecen y participan en el proceso de regeneración natural en las plantaciones forestales de pino y eucalipto, se establecerá 10 parcelas de 10 x 10 m (100 m²) en cada plantación, esto comprobado con la curva de acumulación de especies. En las parcelas instaladas se registrarán todos los individuos de árboles, arbustos y hierbas presentes en el muestreo (Aguirre, 2015; Aguirre y Aguirre, 1999). Además, se realizaran mediciones de tres especies forestales plantadas en áreas degradadas del PUEAR, con el fin de determinar su sobrevivencia y crecimiento inicial.

8.2.3.2. Parámetros para el análisis de la sucesión

Se determinará la diversidad y composición florística que permitirá definir las especies importantes desde el punto de vista ecológico; además, se calculará los parámetros:

| Parámetro | Formula |
|------------------------------------|--|
| Densidad (ind/m ²) | $D = \text{Número de individuos de la especie} / \text{Total área muestreada}$ |
| Densidad relativa (%) | $DR = (\text{Número de individuos de la especie} / \text{número total}) \times 100$ |
| Frecuencia relativa (%) | $FR = (\text{Número de parcelas en las que se inventaría las especies} / \text{Sumatoria de frecuencia de todas las especies}) \times 100$ |
| Dominancia Relativa (%) | $DmR = (\text{Área basal de la especie} / \text{Área basal de todas las especies}) \times 100$ |
| Índice valor de importancia (/300) | $IVI = DR + FR + DmR$ |

9. Resultados y su aplicabilidad

Los resultados y su aplicabilidad que se generaran en el proyecto se presentan en la matriz:

| Logros específicos | Indicadores | Medios de verificación |
|---|--|---|
| Conocimiento de la composición y diversidad florística del bosque andino en la hoya de Loja, mediciones iniciales de diámetro y altura de las especies del bosque andino en la parcela permanente | Instalada una parcela permanente de una hectárea en los predios del PUEAR Se dispone de la línea base para monitorear la dinámica de crecimiento de las especies forestales en el PUEAR. | Información de la composición florística y estructura del bosque Base de datos con diámetros y altura de todas las plantas de la parcela permanente. |
| Conocimiento del contenido de carbono de los diferentes ecosistemas del PUEAR. | Se levantan datos del componente arbóreo, arbustivo y herbario en la parcela permanente en el bosque del PUEAR. Diez parcelas instaladas en la zona de páramo del PUEAR Diez parcelas en matorral Diez parcelas en el bosque mixto de nogal | Datos de CAP y Altura Datos de biomasa del sotobosque, del estrato herbáceo. De la necromasa Hojas de campo Informe de los cálculos de contenido de carbono |
| Conocer los procesos sucesionales en plantaciones forestales del PUEAR, cuales son las especies que se regeneran con mayor facilidad y como van sobresaliendo unas de otras. | 20 parcelas instaladas bajo las plantaciones de pino y eucalipto | Datos de campo Informe de actividades y del proyecto Fotos de trabajo y de los recursos |
| Difusión de resultados | Al menos dos artículos científicos publicados | Copias de los artículos publicados |

La aplicabilidad se verá reflejada en:

- Conocimiento de la composición y diversidad florística del bosque andino en la hoya de Loja, mediciones iniciales de diámetro y altura de las especies del bosque andino en la parcelas permanente, que permitirá a futuro investigar la dinámica de crecimiento de las especies forestales. Información que permitirá seleccionar y apoyar a tomar decisiones para reforestar en plantaciones y sistemas agroforestales, con las especies que presenten mejores niveles de crecimiento para las condiciones de la región andina ecuatoriana.
- Mediante el cálculo de los parámetros estructurales de la vegetación se conoce la ecología del bosque andino de la hoya de Loja, lo cual es importante para la academia y toma de decisiones de instituciones que hace manejo de los recursos naturales.
- Información sobre el contenido de carbono que almacenan los diferentes ecosistemas del Parque Universitario, lo cual es útil desde dos puntos de vista, el primero para

valorar los ecosistemas al realizar este servicio ecosistémico y el segundo la aplicación con los estudiantes de Ingeniería Forestal en el aprendizaje de esta área del conocimiento.

- Conocimiento del proceso sucesional en plantaciones forestales, cuales son las especies que se regeneran con mayor facilidad y como van sobresaliendo unas de otras. Esta realidad será utilizada en la enseñanza de la ecología para los estudiantes de las diferentes carreras del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Los resultados que consolidan la conservación *in situ* en el Parque Universitario el cual es el escenario de la Universidad Nacional de Loja para su vinculación con la colectividad; aquí se realizarán días de campo, educación e interpretación ambiental para las comunidades, escuelas, colegios y público en general.

10. Difusión de los resultados: interna hacia las carreras y programas y a lo externo

La difusión de los resultados se realizará mediante:

- Elaboración de tres artículos científicos que se publicaran en revistas indexadas de la Universidad Nacional de Loja y de otras.
- Por la naturaleza del proyecto, se facilita la interacción con las carreras y futuros postgrado del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, específicamente con las carreras de Ingeniería Forestal, Medio Ambiente y Agronomía, los ensayos estarán a disposición para que estudiantes puedan hacer visitas y participen de pasantías en las actividades que se ejecuten.
- Participación en al menos dos eventos nacionales e internacionales para exponer los avances de los resultados del proyecto.
- Para llegar con la información generada a sectores estudiantiles, técnicos y otros investigadores se organizará dos días de campo que permitan socializar los resultados y observación de las actividades ejecutadas. Además, se invitará y facilitará visitas al Parque Universitario a escuelas, colegios, universidades.

11. Cronograma de actividades

Las actividades contempladas en el proyecto de presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cronograma de actividades del proyecto de investigación, durante los dos años de ejecución.

| Objetivo/actividad | Meses años 1: 2017 | | | | | | | | | | | | Meses años 2: 2018 | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Objetivo 1: Caracterizar la vegetación en una parcela permanente en el PUEAR, con miras a medir la dinámica de crecimiento de especies forestales. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Establecimiento de la parcela permanente | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|------------------|------|------|--------------|--|---------------|--|
| Día de campo | Logística | 2 | 150 | 150 | | 150 | |
| Subcontratos y Servicios varios | | | | | | | |
| Técnico-Investigador | Ing. Forestal | 12 | 1080 | | | 12960 | |
| Asesoría técnica externa | Asesoría | 2 | 5000 | 5000 | | 5000 | |
| Elaboración de trípticos | Hoja de tríptico | 1000 | 0,20 | 100 | | 100 | |
| Subtotal | | | | 15770 | | 22 488 | |
| Total por año | | | | 15770 | | 22 488 | |
| TOTAL | | | | | | 38 258 | |

13. Financiamiento: UNL y/o externo

NO APLICA

14. Cronograma general y trimestral de desembolsos

El plan general de proyección de gastos por trimestre se presenta en el cuadro 5 y 6.

Cuadro 5. Proyección de gastos de investigación, primer año de ejecución 2017.

| Rubros | Trimestre 1 | | | Trimestre 2 | | | Trimestre 3 | | | Trimestre 4 | | | Total |
|--|-----------------------------|--|------|-------------|-----|------|-------------|-----|------|-------------|------|------|-------|
| | | | mar. | ab. | may | jun. | jul. | ag. | sep. | oct. | nov. | dic. | |
| Viajes técnicos | | | | | | | | | | | | | |
| Viajes técnicos al Padmi y otros sitios | Viajes | | 100 | 100 | 100 | 100 | 200 | | 200 | 100 | 100 | | 1000 |
| Viaje a eventos científicos a exponer resultados | Ticket Viáticos Inscripción | | | | | | | | | 2000 | | | 2000 |
| Materiales y suministros | | | | | | | | | | | | | |
| Papel bond | | | 60 | | | | | | | | | | 60 |
| Cuadernos | | | 10 | | | | | | | | | | 10 |
| Tinta impresora | | | 128 | | | | | | | | | | 128 |
| Podadoras | | | 100 | | | | | | | | | | 100 |
| Placas de aluminio | | | 500 | | | | | | | | | | 500 |
| Marcadores numéricos y alfabéticos | | | 30 | | | | | | | | | | 30 |
| Pintura Esmalte | | | 80 | | | | | | | | | | 80 |
| Piola nylon | | | 15 | | | | | | | | | | 15 |
| Cemento | | | 20 | | | | | | | | | | 20 |
| Clavos de 2,5 pulgadas | | | 15 | | | | | | | | | | 15 |
| Martillo pequeño | | | 12 | | | | | | | | | | 12 |
| Bibliografía y Software | | | | | | | | | | | | | |
| Libros | | | | | | 250 | | | | | | | 250 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|-----|-----|--|---------------|
| Equipos | | | | | | | | | | | | | |
| Workstation de alto desempeño | | | 5000 | | | | | | | | | | 5000 |
| Hipsómetro | | | 800 | | | | | | | | | | 800 |
| Binocular 10 x | | | 500 | | | | | | | | | | 500 |
| Transferencia de resultados | | | | | | | | | | | | | |
| Día de campo | | | | | | | | | | | 150 | | 150 |
| Subcontratos y Servicios varios | | | | | | | | | | | | | |
| Asesoría técnica externa | | | | | | | | | 5000 | | | | 5000 |
| Elaboración de trípticos | | | | | | | | | | 100 | | | 100 |
| Total | | | | | | | | | | | | | 15 770 |

Cuadro 6. Proyección de gastos de investigación, segundo año de ejecución 2018.

| Rubros | Trimestre 1 | | | Trimestre 2 | | | Trimestre 3 | | | Trimestre 4 | | | Total |
|---|-----------------------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|--------------|
| | | | mar. | ab. | may | jun. | jul. | ag. | sep. | oct. | nov. | dic. | |
| Viajes técnicos | | | | | | | | | | | | | |
| Viajes técnicos al Padmi y otros sitios | Viajes | | 100 | 100 | 100 | 100 | 200 | | 200 | 100 | 100 | | 1000 |
| Viaje a eventos científicos para exponer resultados | Ticket Viáticos Inscripción | | | | | | | | | 3000 | | | 3000 |
| Materiales y suministros | | | | | | | | | | | | | |
| Papel bond | | | 60 | | | | | | | | | | 60 |
| Cuadernos | | | 10 | | | | | | | | | | 10 |
| Tinta impresora | | | 128 | | | | | | | | | | 128 |
| Pintura Esmalte | | | 80 | | | | | | | | | | 80 |
| Transferencia de resultados | | | | | | | | | | | | | |
| Día de campo | | | | | | | | | | | 150 | | 150 |
| Subcontratos y Servicios varios | | | | | | | | | | | | | |
| Técnico-Investigador | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 1080 | 12960 |
| Asesoría técnica externa | | | | | | | | | 5000 | | | | 5000 |
| Elaboración de trípticos | | | | | | | | | | 100 | | | 100 |
| Total | | | | | | | | | | | | | 24488 |

15. Bibliografía

Aguirre-Mendoza, Z., Gaona T., y Palacios, B. (2014). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el jardín botánico El Padmi. *CEDAMAZ* 4(1): 62-75.

Aguirre-Mendoza, Z., Yaguana, C., y Gaona T. (2016). *Parque Universitario de Educación ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. Editorial Cosmos.

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 para realizar estudios en comunidades vegetales*. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. Editorial Universitaria.

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

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.

Armijos, J. y Lima, A. (2011). *Monitoreo de la regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca Jipíro, cantón Loja*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

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.

Baker, T. R., Swaine, M. D. y Burslem, D. F. R. P. (2003). Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics* 6: 21-36.

Bazzaz, F. (2000). *Plants in Changing Environments: linking, physiological, population and community ecology*. Cambridge University Press.

Brown, S. (1997). *Estimating biomass and change of tropical forest*. A primer. FAO Forestry paper 134. Roma.

Davies, S. J. (2001). Tree mortality and growth in 11 sympatric *Macaranga* species in Borneo. *Ecology* 82: 920-932.

Díaz, D. (2011). *Plan de manejo para el área de conservación municipal cañón del río blanco 2012 – 2017*. Quito, Ecuador

- Eguiguren, P. y Ojeda, T. (2010). *Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el Monitoreo del Cambio Climático*. Loja, 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.
- Farías, M.C. (1997). *La Ciencia para Todos. Fondo de Cultura Económica*. México Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in Neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Tree*, 11 (3): 119-124.
- 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.
- Fournier, L. A. (1976). Observaciones fenológicas de un bosque húmedo premontano de San pedro de montes de Oca, Costa Rica. *Rev. Turrialba*. 26 (1): 54-59
- Fournier, L. y Champartier, C. (1978). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en un estudio de las características fonológicas de los árboles tropicales. *Revista Cespedesia. Cali*. Vol.7, Suplemento 2 (25-26):25-32.
- García, J. (1989). *Zonas y Ecosistemas en Degradación. Desertificación*. Valencia, España.
- Gibbon, A., Silman, M., Malhi, Y., Fisher, J., Meir, P., Zimmermann, M., Dargie, G., Farfan, W. y Garcia, K. (2010). *Almacenamiento de carbono del ecosistema a través de la transición de pastizales forestales en los Andes altos del Parque Nacional de Manu*, Lima, Perú.
- Gayoso, J.; Guerra, J.; Alarcón, D. (2002). *Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas*. Valdivia, Chile.
- Glenn-Lewin, D., R. K., Peet & T. T. Veblen. (1992). *Plant succession: theory and prediction*. Chapman & Hall.
- González, J; Valenzuela, E; López, G; Castro, G; Betzabe, N; Ruiz, V & García, V. (2013). *Procesos Ecológicos*. México. Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gurevitch, J, Scheiner, S. & Fox, G. (2006). *The ecology of plants*. Sinauer Associates.
- 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.

Lambers H., Chapin III F.S. y T.L. Pons. (1998). *Plant Physiological Ecology*. Springer.

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.

MacDicken K.G. (1994). *Selection and management of nitrogen-fixing trees*. Winrock international Institute for Agricultural Development, Morrilton. Arkansas, USA and UNFAO, Bangkok, Thailand

Martínez, R. M. I. (1985). Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. In: *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz México*. A. Gómez y S. Del Amo (eds.). Vol. II. Editorial Alambra Mexicana, México.

Maass, J. (1999). *La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala*. Centro de Investigaciones en Ecosistemas UNAM, Campus Morelia, España.

Melo, O. y Vargas, R. (2003). *Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos*.

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.

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, 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.

Neotrópicos, (2007). *Procesos Ecológicos*. Disponible en: [http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Procesos ecol%C3%B3gicos](http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Procesos_ecol%C3%B3gicos)

Ojeda V. y L. Iñiguez (1985). *Estudio del crecimiento de seis especies forestales nativas en dos zonas ecológicas de la provincia de Loja* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Osinaga, O., Báez, S., Cuesta, F., Malizia, A., Carrilla, J., Aguirre, N. y Malizia, L. (2014). *Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques andinos-Protocolo extendido. Protocolo 2 - Versión 1*. CONDESAN / IER-UNT / COSUDE. Quito, Ecuador.

- Parresol, B. (1999). *Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons*. Forest Science.
- Peâlissier, R., Pascal, J. (2000). Two-year tree growth patterns investigated from monthly girth records using dendrometer bands in a wet evergreen forest in India. *Journal of Tropical Ecology* 16:429-446
- Poorter L. y E. J. M. Arets. (2003). Light environment and tree strategies in a Bolivian tropical moist forest: an evaluation of the light partitioning hypothesis. *Plant Ecology* 166: 295-306.
- Quesada, R., Acosta, L., M, Garro y M Castillo. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 56 25 (5), Número Especial.
- 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., y Rosales, C. (2002). *Dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, Sector Cajanuma*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Saldaña-Acosta A., Meave J.A., Paz H. Sánchez-Velásquez L.H., Villaseñor J.L., y Martínez-Ramos M. (2008). Variation of functional traits in trees from a biogeographically complex Mexican cloud forest. *Acta Oecologica* 34: 111 – 121.
- 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*.
- Serrada, R. (2008). *Apuntes de Selvicultura*. Servicio de Publicaciones.. Madrid, España. EUIT Forestal.
- Shugart H.H. (1984). A theory of forest dynamics. *Springer-Verlag*. New York.
- Smithsonian Tropical Research Institute, (2012). Disponible en: http://www.stri.si.edu/sites/forest_speaks/espanol/plantas/index.html. Consultado el 09 de enero del 2016.
- Swaine, M.D., Lieberman, D. (1987). Note on the calculation of mortality rates. *Journal of Tropical Ecology*. 3, ii-iii
- Swaine, M.D., Whitmore, T.C. (1988). *On the definition of ecological species groups in tropical rain forests*. *Journal of Tropical Ecology*. 75 (1): 81–86

Vanclay J. (1994). *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International, Oxford.

Torres, G. 2009. *Factores y disciplinas de la ecología*. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos73/factores-disciplinas-ecologia/factores-disciplinas-ecologia2.shtml>

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*.

Walker, L. R. & R. Del Moral. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge, UK. Cambridge University Press.

Whitmore, T. (1989). *Tropical Rain Forests of the Far East*. Clarendon Press, Oxford.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

PROCESOS ECOLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE
ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR
CASTRO”, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Director: Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

Periodo de ejecución: enero 2017 a diciembre 2018

Loja- Ecuador
Enero, 2017