



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE *POLYLEPIS RETICULATA* DEL PARQUE NACIONAL CAJAS”

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL.**

AUTOR(ES):
SARAVIA JARA GLADYS ESTEFANIA
VINTIMILLA TORRES DANIELA CRISTINA

DIRECTOR (ES):
Dr. CARLOS GRACIA ALONSO PhD.
PASAPORTE: AAD274452
Dra. HENRIETTA HAMPEL PhD.
C.I. 0107313041

**CUENCA-ECUADOR
2016**



Resumen

El presente trabajo de investigación se relaciona con la fisiología y fenología de los rodales de *Polylepis reticulata* y su respuesta frente a las fluctuaciones de temperatura. Se determinó el crecimiento de los árboles en estudio. En primera instancia se pretendió determinar mediante el análisis de los anillos de crecimiento (método dendrocronológico), con el cual no se obtuvieron resultados positivos debido a la nula estacionalidad climática del área de estudio, por lo que se optó por instalar dendrómetros tanto artesanales como electrónicos que permiten el registro continuo del crecimiento. En el Parque Nacional Cajas, se instalaron 64 dendrómetros artesanales y 5 electrónicos (2 dendrómetros electrónicos están registrando datos durante los últimos 15 meses), instalados en árboles tipo de *P. reticulata*, ubicados en tres cerros (Taquiurco, Toreadora y San Luis). Con los datos registrados por los dendrómetros electrónicos se pretendía determinar la respuesta fenológica del árbol a través de la utilización de un modelo de actividad vegetativa que utiliza la temperatura como un estimador principal (Leinonen, 1996), con el que se esperaba determinar la influencia de las bajas temperaturas en la actividad vegetativa del árbol. El análisis de los datos obtenidos con los dendrómetros nos ha permitido establecer un umbral mínimo de temperatura próximo a los 6°C por debajo del cual la actividad vegetativa disminuye notablemente poniendo de manifiesto que la temperatura es el factor clave que regula el crecimiento de estos árboles. Su análisis nos ha permitido reconstruir los patrones de crecimiento de *Polylepis* en el P.N. Cajas y determinar el incremento anual de la sección transversal de los árboles de diferentes clases diamétricas presentes en el área de estudio. Una vez determinada la tasa de crecimiento se ha estimado la edad de los individuos presentes en el Parque Nacional Cajas.

Palabras claves: fisiología, fenología, *Polylepis reticulata*, temperatura, crecimiento, dendrómetros, patrones de crecimiento, clases diamétricas, edad.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Abstract

This research is related to the physiology and phenology of stands of *Polylepis reticulata* and its response to fluctuations in temperature. The growth of the trees is determined in the current study. At first we tried to determine the growth of the *P. reticulata* by analyzing the growth rings (dendrochronological method), in which no positive results were obtained due to the lack of seasonality in the climate at the study area. Therefore we chose to install dendrometers (artisanal and electronic) which allowed the continuous record of tree growth. 64 artisanal and 5 electronic dendrometers were mounted on *P. reticulata* trees, located on three hill sides (Taquiurco, Toreadora and San Luis) in the Cajas National Park. With the data recorded by the electronic dendrometers, we intended to determinate the phenological response of the trees through the application of a vegetative activity model using temperature as a main estimator we aimed to determine the influence of low temperatures on the vegetative activity of the tree. Analysis of the data resulted the definition of a minimum threshold of 6 ° C below which the vegetative activity decreases significantly showing that the temperature is the key factor that regulates the growth of *P. reticulata*. Furthermore we reconstructed the growth patterns of \ *Polylepis reticulata* and determined the annual increase of the cross section of trees in the different diameter classes presented in the study area. Once determined the growth rate, the age of the individuals in Cajas National Park was estimated.

Key words: physiology, phenology, *Polylepis reticulata*, temperature, growth, dendrometers, growth patterns, diameter class, age.



Índice del contenido

“ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE <i>POLYLEPIS RETICULATA</i> DEL PARQUE NACIONAL CAJAS”.....	1
Resumen.....	2
Abstract.....	3
Introducción.....	18
Páramo ecuatoriano.....	19
Justificación.....	22
Objetivos Generales.....	25
Objetivos Específicos.....	25
Hipótesis	27
Capítulo 1.....	29
Marco Teórico	29
1.1. Bosques	29
1.1.1. Tipos de Bosques	29
1.1.2. Competencia entre árboles.....	31
1.2. Descripción del género <i>Polylepis</i>	31
1.2.1. Clasificación de grupos evolutivos de <i>Polylepis</i>	32
1.2.2. Distribución	33
1.2.3. Funciones ecológicas	33
1.2.4. Importancia de <i>Polylepis</i>	34
1.3. Características morfológicas del <i>Polylepis</i>	34
1.4. Fisiología de <i>Polylepis</i>	35
1.5. <i>Polylepis reticulata</i>	37
1.6. Fenología del <i>Polylepis reticulata</i>	37
1.7. Actividad vegetativa	39
1.7.1. Tejido meristemático.....	39
1.7.1.1. Meristemo primario	39
1.7.1.2. Meristemo secundario	39
1.7.1.2.1. Cambium vascular	39
1.7.1.2.2. Cambium suberoso o felógeno	40
1.8. Crecimiento radial	40
1.8.1 Factores que influyen en el crecimiento de los árboles de <i>Polylepis</i> 41	41
1.8.2. Variabilidad en las tasas de crecimiento de los árboles	42



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Capítulo 2.....	45
Área de estudio	45
2.1. Parque Nacional Cajas	45
2.2. Ubicación geográfica	46
2.3. Geología	46
2.4. Hidrología	47
2.5. Clima.....	48
2.6. Flora y Fauna.....	49
Capítulo 3.....	50
Metodología	50
3.1. Parcelas de muestreo	50
3.2. Determinación de la actividad vegetativa de <i>Polylepis reticulata</i>	51
3.3 Parametrización del modelo de actividad vegetativa de <i>P. reticulata</i>	54
3.3.1 Umbrales máximo y mínimo de temperatura que controlan el crecimiento	55
3.3.2 Inercia térmica	55
3.4 Determinación de patrón de crecimiento del <i>P. reticulata</i>	56
3.5 Determinación de las tasas de crecimiento de las distintas clases diamétricas.	57
3.6 Determinación de la edad aproximada de los individuos del PNC.....	57
Capítulo 4.....	58
Resultados	59
4.1 Influencia de la temperatura en la actividad vegetativa del <i>Polylepis reticulata</i>	59
4.1.1. Actividad vegetativa diaria con respecto a la temperatura en la Parcela 1 y 2.....	60
4.1.2. Actividad vegetativa respecto a la temperatura mensual Parcela 1 y 2	62
4.1.3. Actividad vegetativa acumulada en el año Parcelas 1 y 2.....	64
4.2. Parametrización del modelo de actividad vegetativa de <i>P. reticulata</i>	65
4.3 Estimación del patrón de crecimiento de <i>Polylepis reticulata</i>	67
4.4 Determinación de la tasas de crecimiento según las clases diamétricas	69
4.5 Determinación de la edad de los individuos del PNC	71
Conclusiones.....	75
Recomendaciones	78
Bibliografía	80



Índice de figuras, tablas y gráficas

Índice de figuras

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE ÁRBOLES	30
FIGURA 2. BOSQUES IRREGULARES	31
FIGURA 3. ÁRBOLES DE <i>POLYLEPIS RETICULATA</i>	32
FIGURA 4. ESTRUCTURA DEL <i>POLYLEPIS RETICULATA</i>	39
FIGURA 5. UBICACIÓN DEL PARQUE NACIONAL CAJAS DENTRO LA PROVINCIA DEL AZUAY	46
FIGURA 6. PARQUE NACIONAL CAJAS (LAGUNA LUSPA).....	48
FIGURA 7. PARQUE NACIONAL CAJAS (LAGUNA TOREADORA).....	49
FIGURA 8. LOCALIZACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO UTILIZADAS EN EL DESARROLLO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	51
FIGURA 9. DENDRÓMETRO ELECTRÓNICO INSTALADO EN <i>POLYLEPIS</i> <i>RETICULATA</i> EN LA PARCELA 1.....	52
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS DE LA PARCELA 1 CORRESPONDIENTES AL PERÍODO JUNIO - SEPTIEMBRE 2014 REGISTRADOS EN EL SOFTWARE MIN32.....	52
FIGURA 11. DESCARGA DE DATOS DE LOS DENDRÓMETROS DIGITALES EN EL CAMPO	53
FIGURA 12. DENDRÓMETROS ARTESANALES.....	56
FIGURA 13. MEDICIÓN DEL INCREMENTO DEL DAP EN ÁRBOLES CON DENDRÓMETROS ARTESANALES	57



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Índice de tablas

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE DE POLYLEPIS EN LOS 6 PAÍSES ANDINOS.....	33
TABLA 2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS PARCELAS.....	50
TABLA 3. SUBDIVISIÓN DE LOS 57 ÁRBOLES DE MUESTREO SEGÚN SU CLASE DIAMÉTRICA EN CINCO RANGOS (<10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, <35 CM) CON SU RESPECTIVA TASA DE CRECIMIENTO CALCULADA SEGÚN LA ECUACIÓN EN EL APARTADO 4.3.....	69
TABLA 4. ÁREA DE INCREMENTO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL SEGÚN SU CLASE DIAMÉTRICA.	72
TABLA 5. EDAD ESTIMADA DE LOS ÁRBOLES (AÑOS) DE TODOS LOS INDIVIDUOS DE CADA PARCELA. EL NÚMERO TOTAL DE ÁRBOLES MUESTREADOS (227) Y LA EDAD MEDIA ESTIMADA.....	73



Índice de gráficas

GRÁFICA 1. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DIARIA REGISTRADOS EN EL PNC	19
GRÁFICA 2. AMPLITUD TÉRMICA DIARIA REGISTRADO EN EL PNC.....	20
GRÁFICA 3. PARCELA 1. ACTIVIDAD VEGETATIVA CORRESPONDIENTE A LAS MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURA REGISTRADAS EN EL PERÍODO 16 AL 28 DE MAYO 2015.....	59
GRÁFICA 4. PARCELA 1. ACTIVIDAD VEGETATIVA CORRESPONDIENTE A LAS MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURA REGISTRADAS EN EL ÚLTIMO MES DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL 26 DE AGOSTO AL 2 DE SEPTIEMBRE DE 2015.....	60
GRÁFICA 5. PARCELA 1: ACTIVIDAD VEGETATIVA DIARIA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA.....	61
GRÁFICA 6. PARCELA 2 ACTIVIDAD VEGETATIVA DIARIA CON RESPECTO A LA TEMPERATURA.	62
GRÁFICA 7. PARCELA 1. ACTIVIDAD VEGETATIVA CALCULADA CON LAS MEDIAS MENSUALES DE TEMPERATURA REGISTRADAS DESDE EL 17/06/2014 HASTA EL 01/09/2015.....	63
GRÁFICA 8. PARCELA 2. ACTIVIDAD VEGETATIVA MENSUAL CORRESPONDIENTE A LAS MEDIAS MENSUALES DE TEMPERATURA REGISTRADOS DESDE EL 17/06/2014 HASTA EL 01/09/2015.....	63



UNIVERSIDAD DE CUENCA

GRÁFICA 9. PARCELA 1. ACTIVIDAD VEGETATIVA CORRESPONDIENTE A LAS MEDIAS MENSUALES DE TEMPERATURA ACUMULADAS A LO LARGO DE UN AÑO (PERIODO DESDE EL 17/06/2014 HASTA EL 01/09/2015).....	64
GRÁFICA 10. PARCELA 2. ACTIVIDAD VEGETATIVA CORRESPONDIENTE A LAS MEDIAS MENSUALES DE TEMPERATURA ACUMULADAS A LO LARGO DE UN AÑO (PERIODO DESDE EL 17/06/2014 HASTA EL 01/09/2015).....	65
GRÁFICA 11. PROMEDIO DE LA TEMPERATURA MEDIA DE LOS CINCO DÍAS PRECEDENTES Y LA ACTIVIDAD VEGETATIVA DEL QUINTO DÍA.....	67
GRÁFICA 12. CORRELACIÓN NEGATIVA ENTRE LAS VARIABLES DBHF E INCREMENTO ANUAL DEL DIÁMETRO.....	68
GRÁFICA 13. INCREMENTO ANUAL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS ÁRBOLES DE DIFERENTES CLASES DIAMÉTRICAS.....	72



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Índice de anexos

ANEXO 1. ACTIVIDAD VEGETATIVA E ACTIVIDAD VEGETATIVA ACUMULADA DATOS DIARIOS PARCELA 1	86
ANEXO 2. ACTIVIDAD VEGETATIVA Y ACUMULADA DE LA PARCELA 2 ..	98
ANEXO 3. GRAFICA DE LA ACTIVIDAD VEGETATIVA HORARIA COMPLETA EN EL PERIODO DE MUESTREO	110
ANEXO 4. ACTIVIDAD VEGETATIVA E ACTIVIDAD VEGETATIVA ACUMULADA DATOS MENSUALES PARCELA 1	111
ANEXO 5. ACTIVIDAD VEGETATIVA E ACTIVIDAD VEGETATIVA ACUMULADA DATOS MENSUALES PARCELA 2	111
ANEXO 6. DATOS DE LOS DENDRÓMETROS ARTESANALES DE LAS 6 PARCELAS	112
ANEXO 7. EQUIPO POLYLEPIS	115



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CLAUSULA DE DERECHOS DEL AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

VINTIMILLA TORRES DANIELA CRISTINA, autora de la tesis "ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE POLYLEPIS RETICULATA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, marzo de 2016

VINTIMILLA TORRES DANIELA CRISTINA

C.I: 0105444483



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

SARAVIA JARA GLADYS ESTEFANIA, autora de la tesis "ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE POLYLEPIS RETICULATA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, marzo de 2016



SARAVIA JARA GLADYS ESTEFANIA

C.I: 0105490932



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

VINTIMILLA TORRES DANIELA CRISTINA, autora de la tesis "ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE POLYLEPIS RETICULATA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, marzo de 2016

VINTIMILLA TORRES DANIELA CRISTINA

C.I: 0105444483



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

SARAVIA JARA GLADYS ESTEFANIA, autora de la tesis "ACTIVIDAD VEGETATIVA, TASAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS INDIVIDUOS EN LOS RODALES DE POLYLEPIS RETICULATA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, marzo de 2016

SARAVIA JARA GLADYS ESTEFANIA

C.I: 0105490932



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Pablo y María.

Gracias a Ustedes por darme la vida, por quererme mucho, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y sobre todo muchas gracias papitos por creer en mí. Todo lo que soy les debo a ustedes les amo.

A mis hermanos, José, Priscila y Jean.

Gracias por estar conmigo y apoyarme siempre. Espero que sean mucho mejor que yo y que cumplan todas sus metas, los quiero mucho.

A mi sobrina, Sandy Estefanía.

Gracias mi pequeño sé que aún estas pequeña, pero llegaste en el momento preciso para iluminar nuestras vidas eres el angelito que Dios nos envió para fortalecernos como familia, eres mi motivación, inspiración y felicidad esto es para ti con mucho amor.

A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y de manera muy especial al Dr. Carlos Gracia que nos ayudó en la elaboración de la tesis muchas gracias

Estefanía Saravia J.

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer por su amistad, apoyo, ánimo y la compañía que me brindaron durante todo este tiempo. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en especial en mi corazón. Sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Esta tesis tiene una dedicatoria especial y va para mis padres quienes nunca dejaron de creer y confiar en mí. Gracias por ser mi bastón todos estos años. Hoy estoy aquí gracias a ustedes, a su infinito amor y paciencia.

A mis hermanos Pedro y Juan Andrés, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mi sobrino Mathias por ser mi fuerza y motivación.

A mi enamorado, quien ha sido un gran apoyo en todo momento, millón gracias.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno, pero en especial a mi mejor amiga Cristina, por todos los momentos que pasamos juntas y porque has estado conmigo siempre.

A todos mis profesores no solo de la carrera sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

Al más especial de todos, a ti señor porque hiciste realidad este sueño.

Daniela Vintimilla T.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecer a nuestro Director y tutor de tesis Dr. Carlos Gracia, quien siempre estuvo presto para resolver todas las dudas e inconvenientes que hemos tenido a lo largo de este arduo camino, quien con su gran conocimiento, calidad humana y su carisma nos motivó día tras día para alcanzar nuestra meta.

De igual manera nuestro agradecimiento se hace extensivo para el Biólogo Aldemar Carabajo, quien nos acompañó y brindo su ayuda desde el primer día en el que nos incorporamos al equipo *Polylepis*. Siendo más que un compañero un gran amigo.

Agradecemos a todos quienes conforman el Laboratorio de Ecología Acuática por su ayuda brindada en el desarrollo de nuestra tesis y de manera muy especial a nuestra Directora Dra. Henrietta Hampel quien nos abrió las puertas del mismo de una manera muy cálida y presta a ayudarnos siempre.

En general un agradecimiento muy sincero a todas y cada una de las personas que nos acompañaron y motivaron a lo largo de este caminar.

Daniela y Estefanía



UNIVERSIDAD DE CUENCA

INTRODUCCIÓN



Introducción

El Páramo es un ecosistema alto andino que se extiende al norte de la cadena montañosa denominada “Los Andes”, el cual se caracteriza principalmente por tener una vegetación dominante como el pajonal, ubicándose desde altitudes de aproximadamente 2500 a 4500 m.s.n.m, hasta la línea de nieves perpetuas (Sklenář, 2005). Se destaca tres sistemas ecológicos de páramo: páramo norteandino herbáceo de almohadillas (4000-4100 m.s.n.m.), caracterizado por la dominancia de grupos compactos de forma plana o almohadillada; páramo norteandino de pajonal arbustivo (3000-4300 m.s.n.m), caracterizado por pajonales generalmente altos y con pocas plantas herbáceas no gramíneas, sin estrato arbustivo; y páramo norteandino arbustivo (3000-4300 m.s.n.m), caracterizado principalmente por la presencia de árboles del género *Polylepis* (Baquero, 2004). Las zonas ecuatoriales de páramos se caracterizan por tener poblaciones de organismos propios, adaptados a condiciones extremas como baja presión atmosférica, baja presión parcial de oxígeno y de CO₂, baja temperatura y elevada radiación ultravioleta. Estos ecosistemas proporcionan servicios hidrológicos garantizando la calidad y cantidad del agua por su gran capacidad de retención, además de mantener una especificidad de fauna adaptada a ecosistemas de altura. La principal amenaza que estos ecosistemas enfrentan es, además del cambio climático, la extracción excesiva de madera para convertirla en carbón y la quema para la consecución de pastos tiernos para el ganado.

Los Andes ecuatorianos albergan la mayor diversidad florística del Ecuador, además de poseer una amplia gama de especies endémicas de fauna y flora (Baquero, 2004). La riqueza de biodiversidad presente en los Andes ecuatorianos se atribuye a la diversidad de climas, el rango de altitudes, a los diferentes tipos de suelo y a la complejidad geomorfológica. El clima en los Andes ecuatorianos está influenciado principalmente por la altitud, latitud y la persistencia de las masas de aire húmedo cálidas derivadas de los sistemas de



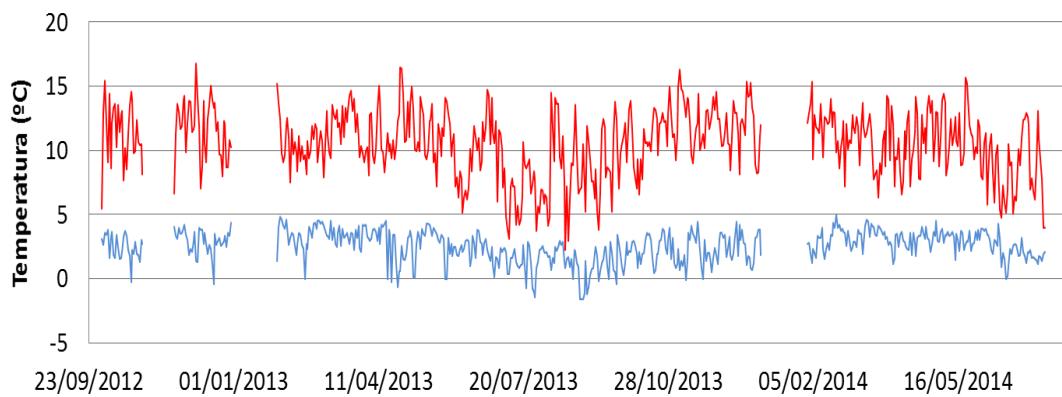
UNIVERSIDAD DE CUENCA

vientos tropicales provenientes del océano Atlántico que chocan con los extremos occidentales y orientales de las cordilleras andinas, creando condiciones de muy alta humedad (Clapperton & Vera, 1986).

El Parque Nacional Cajas es un escenario bastante representativo de los Andes ecuatorianos. Aquí se combinan factores tanto bióticos como abióticos dando lugar a una gran variedad de tipos de vegetación y ecosistemas. En estos múltiples hábitats se encuentran especies de distribución restringida, con alto grado de vulnerabilidad.

Páramo ecuatoriano

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1250000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional, se usa comúnmente la altitud de 3500 m.s.n.m. como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe mucho y que se encuentren a veces páramos desde los 2800 m.s.n.m., especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por encima de los 4000 m.s.n.m. En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total (Nonhebel, y otros, 2001). Los páramos están por encima de lo que es, o lo que algún día fue, el ecosistema de bosques andinos, en la actualidad fuertemente alterado. Las bajas temperaturas y la alta incidencia de neblina y radiación solar, hace que el clima sea muy extremo para los seres vivos presentes. El clima varía durante el año, como se observa en la gráfica 1 en donde la temperatura oscila entre los -2 y 18°C.



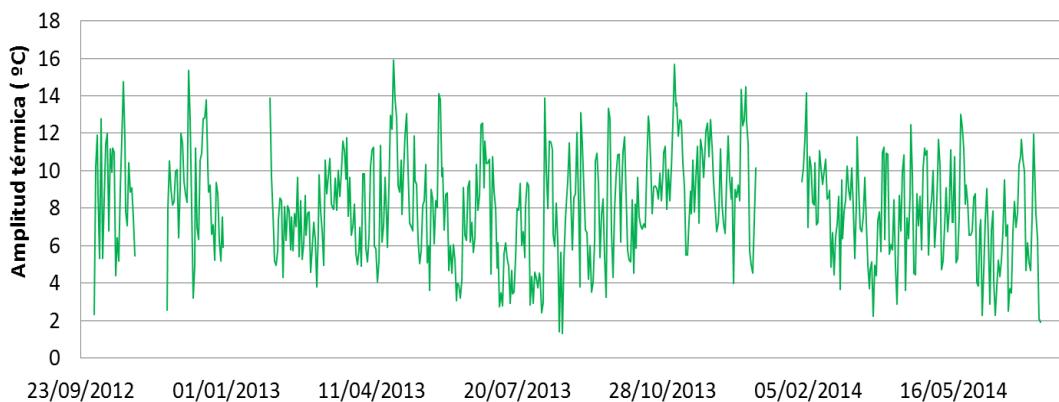
Gráfica 1 Temperatura máxima y mínima diaria registrados en el PNC



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fuente: Equipo *Polylepis*.

Pero, así mismo como existe inestabilidad de la temperatura a lo largo de un año también hay una diferencia muy marcada entre el día y la noche (gráfica 2), la amplitud térmica a lo largo de un año es menor en comparación a la amplitud térmica diaria. (Hedberg & Hedberg, 1979).



Gráfica 2Amplitud térmica diaria registrado en el PNC.

Fuente: Equipo *Polylepis*.

En el Ecuador, millones de personas dependen directa o indirectamente del buen estado de conservación del páramo, lo que demuestra la gran importancia ecológica y económica de este ecosistema para nuestro país (Nonhebel, y otros, 2001). Sin embargo, el páramo actualmente es uno de los ecosistemas más amenazados debido principalmente a los efectos del cambio climático, la expansión de las zonas de cultivo, las prácticas pecuarias entre ellas las quemas y el sobrepastoreo, la introducción de especies exóticas, la minería y la cacería, que han transformado este frágil pero rico paisaje continuo de turberas, arbustos, pastos y rosetas gigantes en un paisaje de pastizales pobres y fragmentados, (Camacho & Cuesta, 2008), (Froncau, 2008),(Vouille, y otros, 2008).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

JUSTIFICACIÓN



Justificación

Cada vez más vulnerables, los bosques de *Polyepis* (Rosaceae) son un ecosistema andino importante para la protección de la biodiversidad. El género *Polyepis* incluye aproximadamente 27 especies (Mendoza & Cano, 2011) (Kessler & Schmidt, 2006), que forman bosques de hoja perenne con poblaciones muy fragmentadas a lo largo de las alturas de los Andes tropicales y subtropicales. Se estima que quedan menos del 10% de su extensión original en las regiones altas de Bolivia y Perú (Fjeldså, & Otros, 1996) y catorce especies se encuentran en la lista roja de especies vulnerables (IUCN, 2011). Además, estos bosques contienen una variedad de especies endémicas y en peligro de extinción (Servat, & Otros, 2002) y cumplen importantes funciones hidrológicas en intercepción de neblina (Fjeldså, 2002).

Existe una amplia diversidad de especies de árboles en los bosques en la provincia del Azuay. Un género poco estudiado es *Polyepis* más conocido como Yagual. El género *Polyepis* representa gran parte de la vegetación natural y endémica de los Andes (Kessler & Schmidt, 2006). Los bosques de *Polyepis* en la provincia de Azuay están en su gran parte dentro del Parque Nacional Cajas (PNC). Las condiciones climáticas extremas que se presentan en el PNC por ser zona de páramo andino, además de estar en un rango altitudinal entre 3200 y 4545 m.s.n.m. Los bosques de *Polyepis* resultan ser extremadamente sensibles a las variaciones de temperatura, razón por la cual resulta necesario conocer con detalle la estructura y funcionamiento de los árboles para comprender cómo viven, crecen y se reproducen los mismos. Sin un conocimiento de los valores actuales y la respuesta de *Polyepis* a los mismos poco se puede explorar acerca de los cambios que experimentarán en el futuro a medida que el clima vaya experimentando cambios paulatinos.

Es oportuno abordar este tipo de estudios que resultan pioneros en Ecuador. Siendo obvio que el PNC presenta todas las condiciones para que el estudio se lleve a cabo de la mejor manera, ya que es una zona protegida con



UNIVERSIDAD DE CUENCA

presencia de *Polylepis*. De aquí la importancia de estudiar el comportamiento fisiológico de los bosques, en este caso particular de los bosques de *Polylepis reticulata* en los Andes Ecuatorianos. Se ha propuesto estudiar cómo influye la temperatura sobre el crecimiento, su respuesta fisiológica, fenológica, estimación del patrón crecimiento, tasas de crecimiento de las distintas clases diamétricas y finalmente estimar la edad aproximada de los árboles de *P. reticulata* del PNC.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

OBJETIVOS



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Objetivos Generales

- ⊕ Determinar en qué medida influye la temperatura sobre el crecimiento radial de *Polylepis reticulata* en el Parque Nacional Cajas.

Objetivos Específicos

- ⊕ Determinar la respuesta fenológica de *P. reticulata*.
- ⊕ Parametrizar un modelo de actividad vegetativa de *P. reticulata*.
- ⊕ Estimar el patrón crecimiento de *P. reticulata*.
- ⊕ Determinar las tasas de crecimiento de *P. reticulata* según su clase diamétrica.
- ⊕ Estimar la edad de los individuos del PNC.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

HIPÓTESIS



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Hipótesis

H: 1 El crecimiento de *Polylepis reticulata*, depende estrechamente de la temperatura; debe existir un umbral mínimo (aproximadamente alrededor de los 6°C), que es un límite casi universal para la actividad de muchas especies de árboles. En la presente tesis se pretende corroborar o rechazar el límite de 6° C como umbral de la actividad vegetativa en la planta.

H: 2 La respuesta fenológica de *Polylepis reticulata* se ve afectada por los cambios de temperatura, que afectan la actividad meristemática del cambium secundario, limitando el crecimiento radial del árbol.

H: 3 El patrón de crecimiento del *Polylepis reticulata* no es constante y varía a lo largo del año.

H: 4 La tasa de crecimiento de *P. reticulata* varía según la clase diamétrica del árbol.

H: 5 La edad de los individuos del PNC está estrechamente ligada a la tasa de crecimiento según su clases diamétrica.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO



Capítulo 1

Marco Teórico

1.1. Bosques

Para entender su dinámica es necesario definir la respuesta de los bosques a las condiciones ambientales; se puede clasificar en dos grandes grupos: Respuesta de las masas forestales limitadas por la disponibilidad de energía y la respuesta de las masas forestales limitadas por la disponibilidad de agua (Yepes & Mayorga, 2011).

En el primer caso, las masas limitadas por la disponibilidad de energía son, principalmente, aquellas que viven en ambientes (alta montaña o altas latitudes) en las que la energía disponible permite una evapotranspiración potencial inferior a la disponibilidad hídrica (Hubbell, y otros, 1999).

Las masas forestales limitadas por la disponibilidad hídrica son aquellas en las que la energía disponible, permite una evapotranspiración potencial muy superior a la cantidad de agua disponible (Running & Gower, 1991). En estas condiciones, el control y regulación estomáticos resultan fundamentales para optimizar la eficiencia en el uso del agua de estas especies de tal modo que puedan lograr un balance entre fotosíntesis (que se ve parcialmente limitada por el cierre estomático) y respiración.

A menudo estas condiciones se traducen en masas forestales de porte reducido que acumulan una cantidad de biomasa cuyo coste de mantenimiento resulta compatible con la baja tasa de fotosíntesis que puedan alcanzar en las condiciones en las que se desarrollan.

1.1.1. Tipos de Bosques

La siguiente clasificación muestra dos tipos de bosques:

Bosques Regulares (Fig. 1): En los que encontramos

- **Árboles Dominantes:** Son aquellos cuyas copas se extienden sobre el dosel superior, reciben luz desde arriba y los lados. Sus copas son bien desarrolladas.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Árboles Codominantes:** A diferencia de los árboles dominantes, la luz es poco recibida a los lados, pero muestra una similitud en cuanto a la luz que ingresa en la parte de arriba del copa. Sus copas son de tamaño medio y se presentan más comprimidas lateralmente en relación con los árboles dominantes.
- **Árboles Intermedios:** Aquellos cuyas copas están por debajo del dosel del bosque.
- **Árboles Dominados o Suprimidos:** Aquellos cuyas copas se encuentran completamente por debajo del dosel, no reciben luz directa.

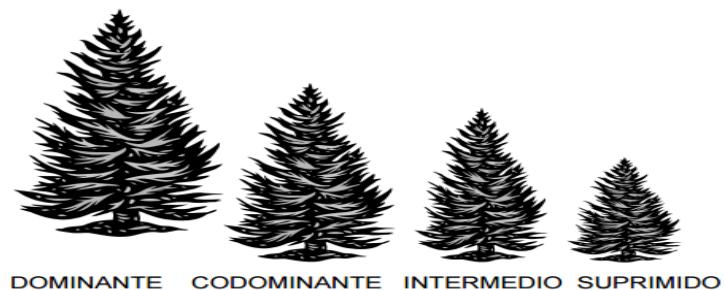


Figura 1. Clasificación de árboles.

Fuente: (Sotomayor, W, & Garcia, 2015).

Bosques Irregulares (Fig. 2): Se encuentra conformado por los siguientes pisos.

Piso Superior: Son aquellos que tienen sus copas por encima del techo general del bosque.

Piso Medio: Lo constituyen los árboles que tienen sus copas dentro de la altura promedio de los árboles generales del bosque y forman el techo del mismo.

Piso Inferior: Constituido por los árboles que tienen sus copas por debajo de la altura promedio y debajo del techo general del bosque.

Piso Medio: Lo constituyen los árboles que tienen sus copas dentro de la altura promedio de los árboles generales del bosque y forman el techo del mismo.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sotobosque: Piso formado por arbustos y regeneración natural, se consigue en bosques tropicales húmedos a muy húmedos.

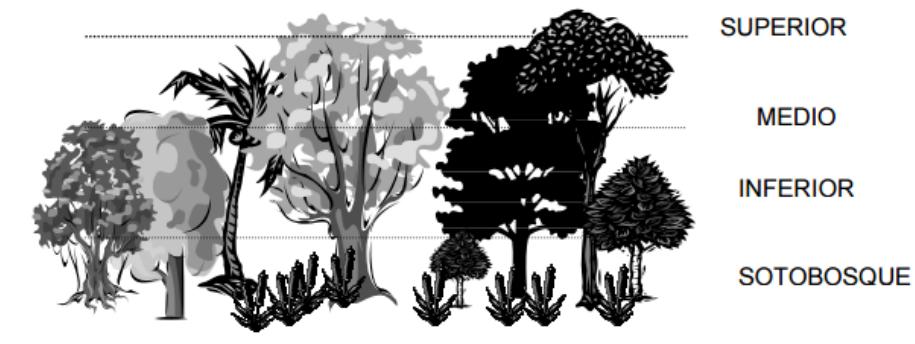


Figura 2. Bosques irregulares.

Fuente: (Sotomayor, W, & Garcia, 2015).

1.1.2. Competencia entre árboles

La competencia es el momento en el que los árboles, por la cercanía y el terreno, comienzan a “pelear” por la luz, el agua y los nutrientes del suelo. Cuando los árboles crecen altos y delgados, con un diámetro de entre 10 o 20 centímetros, es que están compitiendo por la luz, que llega sólo por arriba. De igual manera sucede cuando las copas de los árboles están concentradas en la parte de arriba, y si escarbamos un poco el suelo (sotobosque) y encontramos tierra seca, entonces los árboles están compitiendo por agua. Se puede apreciar también una coloración en las hojas de los árboles tornándose rojas o amarillentas, se caen sin razón aparente, y las copas se reducen, entonces hay competencia por agua y nutrientes del suelo.

1.2. Descripción del género *Polylepis*

El nombre *Polylepis* proviene de las palabras griegas *Poly* (muchas) y *lepis* (capas). Este género lo podemos encontrar a partir de los 3500 msnm hasta los 5200 msnm, en estas elevaciones las especies forestales son bastante escasas en número y variedad, por lo tanto, *Polylepis* es uno de los pocos árboles leñosos (Fig. 3) que puede desarrollarse a tales altitudes. Se caracteriza por una polinización anemófila y por sus frutos secos; en su mayoría son árboles de 5 a 12 metros de altura comúnmente, estos árboles son llamados queñua o queñual (del quechua *qiwuña*), pertenecientes a la



UNIVERSIDAD DE CUENCA

familia *Rosaceae* y a la tribu *Sanguisorbeae* (Bitter, 1911), (Simpson, 1979), (Kessler, 1995).

Las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan estos bosques están relacionadas principalmente a características de temperatura, humedad y tipo de suelos (Fjeldsa & Kessler, 1996). Debido a encontrarse en una localización con elevaciones altas en los Andes, los bosques de *Polylepis* están sujetos a significativas variaciones diurnas de temperatura, entre las temperaturas máximas del día y la noche.



Figura 3. Árboles de *Polylepis reticulata*.

1.2.1. Clasificación de grupos evolutivos de *Polylepis*

Las especies de *Polylepis* fueron categorizados en tres grupos por Simpson en 1979 y 1986. Los grupos son denominados “grupo sericea”, “grupo reticulata” y “complejo incana”.

El “grupo reticulata” comprende a las especies *P. reticulata*, *P. weberbaueri* y *P. quadrijuga*. Estas especies tienen menos cantidad de foliolos que los miembros del “grupo sericea”, el haz de los foliolos (2 a 4) es rugoso y brillante, el envés es panoso y los márgenes de los foliolos son emarginados. Evolutivamente este grupo es considerado un grupo intermedio evolutivo (Simpson, 1986). Estas especies comúnmente habitan sitios relativamente húmedos, usualmente en los extremos superiores de los bosques montanos (Simpson, 1979).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.2.2. Distribución

Este género consta de 28 especies (Kessler & Schmidt, 2006) distribuidas únicamente en los Andes, existen parches de *Polylepis* en 6 países que son: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile y Argentina (Simpson, 1979). En Ecuador existen 7 especies que son: *P. incana*, *P. lanuginosa*, *P. microphylla*, *P. pauta*, *P. reticulata*, *P. sericea* y *P. weberbaueri*. La distribución de *Polylepis* en los países andinos se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de la especie de *Polylepis* en los 6 países andinos

PAÍS	ESPECIE	ENDEMISMO
PERU	19	5
BOLIVIA	13	4
ECUADOR	7	3
ARGENTINA	4	1
COLOMBIA	3	1
CHILE	2	0
VENEZUELA	1	0

Fuente: (Mendoza & Cano, 2011).

1.2.3. Funciones ecológicas

Los bosques de *Polylepis* cumplen varias funciones ecológicas (Fjeldsa & Kessler, 1996). Los parches de bosque incrementan la precipitación, detienen la escorrentía interceptando agua en la vegetación y dejándola filtrar dentro del suelo. Los bosques contienen un sotobosque de plantas que protegen el suelo contra la erosión, retienen sedimentos, nutrientes y fijan el carbono (Fjeldsa & Kessler, 1996).

El dosel del bosque reduce la radiación nocturna manteniendo el interior de los bosques más cálido y libre de heladas (Kessler, 2002). Además son hábitat y refugio de muchas especies de fauna como aves, micros mamíferos e insectos (Fjeldsa & Kessler, 1996).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.2.4. Importancia de *Polylepis*

Los bosques de *Polylepis* representan islas importantes para la conservación de la biodiversidad en los Andes (Gareca, & Otros, 2010).

Bosques de *Polylepis* albergan una amplia biodiversidad de especies, algunas de ellas endémicas, y en peligro de extinción, además de cumplir una fuerte función hidrológica ya que estos bosques funcionan como depósitos de agua, almacenando gran cantidad de humedad proveniente de la lluvia y densas neblinas (Zutta, 2012). Representan uno de los ecosistemas más amenazados del mundo, pero al mismo tiempo cumplen un rol central en la ecología andina, como hábitat de muchas especies de plantas y animales, previenen la erosión y la degradación de tierras, y como importante fuente de recursos para los habitantes locales (Kessler & Schmidt, 2006).

1.3. Características morfológicas del *Polylepis*

Los bosques de *Polylepis* presentan una compleja estructura de ramas, troncos caídos con láminas y hojas muertas, lo que genera diversos nichos que van a estar asociados a diversas especies de vertebrados e invertebrados que habitan los pajonales adyacentes y utilizan los bosques para descansar y reproducirse (Fjeldsa & Kessler, 1996).

La corteza de *Polylepis* consiste en numerosas capas delgadas y exfoliantes. Aparentemente, esta corteza sirve como aislamiento de las heladas nocturnas y la intensa radiación diurna. Debido al medio en que se desarrollan los árboles tienden a ser torcidos y contorneados, lo que normalmente se lo asocia al viento, frío y los hábitats áridos. Dentro de los patrones de ramificación su crecimiento es simpodial (Hedberg, 1964). Todas las especies de *Polylepis* tienen hojas compuestas, imparipinnadas (uno a nueve pares) y alternadas. Las hojas son imparipinnadas y la inflorescencia es un racimo simple, rara vez ramificado. Las flores son apétalas; el hipantio y las anteras son pubescentes. El fruto es un aquenio encerrado en el hipantio que puede ser espinoso o alado. Las especies se pueden reconocer entre sí por algunas características morfológicas como son: el tipo de pubescencia, la cantidad de foliolos, tipo de inflorescencia y forma del fruto (Romoleroux, 1996).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Dentro de este género existen dos tipos de tricomas: capilli resiniferi y capilli pili. El primero incluye a la mayoría de tricomas multicelulares y aparentemente contienen o secretan resina, la cual produce un material rojo o anaranjado. Los tricomas capilli pili son unicelulares o con dos células basales cuya forma varía de cortos a largos (lanosos, 5 ásperos o suaves), formando un anillo junto con las estípulas alrededor de las ramas (Hedberg, 1964). La densidad de los tricomas puede frecuentemente variar dentro de una especie. Los miembros del grupo *sericea* usualmente tienen tricomas largos en el envés de los foliolos pero el patrón de localización varía de una especie a otra. En el grupo *reticulata* presenta tricomas en el envés de los foliolos, pero difiere del grupo *sericea* por la presencia de un segundo tipo de tricomas (Simpson, 1979).

Muchas adaptaciones adquiridas por los miembros de este género, al igual que muchas plantas, son de carácter morfológico, por ejemplo, presencia de pubescencia, la rigidez de las hojas, la disposición, en agrupamientos de las hojas en las ramas y su corteza exfoliante (Purcell & Brelsford, 2004).

1.4. Fisiología de *Polylepis*

Las especies de *Polylepis* se han adaptado fisiológicamente a las condiciones de su hábitat, a esto se lo denomina aclimatación. Representa la habilidad de estos organismos a ajustarse dentro de un ambiente cambiante y al mismo tiempo de mejorar sus oportunidades de sobrevivir y reproducirse. Debido a su localización a grandes elevaciones en los Andes, los bosques de *Polylepis* están sujetos a amplias variaciones de temperatura máximas del día y las heladas nocturnas. Estas variaciones representan estrés para las plantas, sobre todo a altitudes por encima de los 4000 m.s.n.m.; la gran mayoría de las especies muestran adaptaciones a temperaturas bajas, consistentes con cambios morfológicos, como gruesas cortezas y el crecimiento en cojines en Azorella o fisiológicas como la resistencia al congelamiento (Lojan, 1992). La preferencia por refugios térmicos permite también explicar los mecanismos de aislación que presentan algunas especies. Por ejemplo, los cojines mantienen una gruesa capa de hojarasca que aísla a sus raíces de las temperaturas congelantes (Squeo, & Otros, 2006). En la zona andina, muchas especies de



UNIVERSIDAD DE CUENCA

hierbas perennes crecen de preferencia sobre cojines, pues junto con ser un substrato más estable, rico en agua y nutrientes (Cavieres, 2002), este micro-hábitat podría conferir protección a las bajas temperaturas.

El género *Polylepis* muestra resistencia a la sequía. Sin embargo para desarrollarse bien, requiere buen nivel de humedad en el suelo. Las condiciones semiáridas a áridas, de gran parte de los bosques de *Polylepis* han resultado en adaptaciones especiales de las plantas.

En época seca, que coincide con la época relativamente más fría, muchas plantas se encuentran en estados inactivos, sobreviviendo como semillas (plantas anuales), bulbos o rizomas subterráneos, o al menos no mostrando crecimiento, siendo esta una manera de proteger a sus flores, frutos y no perder sus recursos de una manera innecesaria.

El clima en los páramos es muy variable, los factores más variables incluyen la irradiación, los vientos fuertes y la precipitación (Körner, 2003). Estos factores pueden ser los responsables de las diferencias en morfología y fisiología encontradas en la flora del páramo. Por ejemplo, los doseles de los bosques de *Polylepis* forman un microclima que aumenta la temperatura de la superficie de las hojas a pesar de las temperaturas bajas en el ambiente (Körner, 2003). Algunas adaptaciones fisiológicas en las plantas permiten su sobrevivencia y funcionamiento en climas extremos. Algunas especies de *Polylepis* incluyendo a *P. sericea* y *P. tarapacana* sobreviven el congelamiento por procesos de resistencia como el superenfriamiento. También utilizan otros mecanismos de acumulación de nutrientes para bajar la temperatura de congelamiento del agua y así evitar el congelamiento en la planta (Rada, y otros, 2001).

Las condiciones agrestes del hábitat de las especies del género *Polylepis* las han obligado, al igual que la flora y fauna asociada, a adaptarse fisiológicamente para poder resistir heladas esporádicas y continuar creciendo. Las plantas de páramo tienen que adaptarse a baja presión atmosférica, intensa radiación ultravioleta, cambios rápidos en disposición de calor y desecamiento por vientos fuertes (Lutelyn, 1992).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.5. *Polylepis reticulata*

El género *Polylepis reticulata* se caracteriza por ser árboles que miden hasta 12 m de alto; los troncos son retorcidos y tienen la corteza de color café-anaranjado, que se desprende en láminas bastante delgadas como papel. Las hojas y las flores por lo general están cubiertas de pelos. Las hojas son alternas y crecen amontonadas en las puntas de las ramas, están conformadas por 3 o 5 foliolos nítidos, elípticos fuertemente emarginados en el ápice, miden hasta 2,5 cm de largo, tienen densa pubescencia en la cara inferior que protege las estomas solo presentes en dicha cara inferior (hojas hipostomáticas), la cara superior lisa. Las inflorescencias son racimos colgantes poco llamativos, de hasta 8 cm de largo. Las flores miden alrededor de 5 mm y son de color verdoso. Fruta, adornado con espinas irregulares, aplanadas, las espinas con dispersos tricomas, el cuerpo de la fruta densamente lanosa, 0,2-0,8 cm ancho incluyendo espinas, 0,3-0,9 cm de largo.

1.6. Fenología del *Polylepis reticulata*

El estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina fenología palabra que deriva del griego phaino que significa manifestar, y logos tratado (Fournier, 1978). Señala que es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros (Fig.4). Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede sacar secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

Distribución en la zona Central al sur del Ecuador, su floración se registra mayormente durante la estación seca (Mayo-Octubre) y fructifica a comienzos de la temporada de lluvias (Septiembre-Noviembre). El patrón de floración y fructificación de la especie es similar al de otras especies de *Polylepis* (Hensen, 1995), (Kessler, 1995).

Las condiciones ambientales durante la época seca favorecen el transporte de polen de las especies anemofílicas, como es *P. reticulata*. Por ejemplo, la baja humedad atmosférica, escasa precipitación y vientos frecuentes promueven la



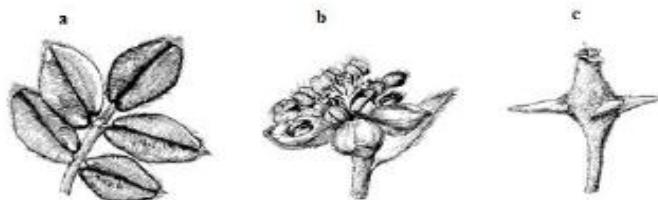
UNIVERSIDAD DE CUENCA

dispersión de polen y la fertilización de óvulos de individuos (Russell, 1998), (Culley, 2002). Por otro lado, en el caso de las especies que florecen durante la época húmeda, los mecanismos involucrados en el transporte de polen son menos claros puesto que las lluvias pueden dañar las flores, reducir la viabilidad del polen e inhibir el transporte de polen. En todo caso, las estrategias demográficas comúnmente compartidas por varias especies de *Polylepis* crean condiciones favorables para el transporte de polen y por consiguiente el intercambio genético entre individuos. Particularmente resalta la tendencia a formar parches de bosques mono específicos con una alta densidad de individuos adultos (Cázares & Martínez, 2010).

Los patrones reproductivos de *P. reticulata*, apoyan la hipótesis de momento óptimo de germinación (Van Schaik, 1993). La hipótesis postula que el tiempo de fructificación se ajusta de tal forma que precede al momento óptimo de germinación de semillas. En este sentido, la fructificación a finales de la estación seca podría haber evolucionado como una estrategia para incrementar la germinación de semillas y promover la supervivencia de plántulas. La fructificación a principios de la temporada de lluvias aumenta la posibilidad de establecimiento de las plántulas, puesto que las semillas tienen mayores probabilidades de llegar a suelos húmedos, donde pueden germinar y las plántulas pueden crecer antes de la próxima época seca (Garwood, 1983). La sincronía de la fenología a lo largo de gradientes elevacionales ha sido comúnmente interpretada como producto de señales ambientales, particularmente la temperatura ambiental, que induce la formación de tejidos embrionarios (Stinson, 2004). Sin embargo, experimentos que mantuvieron individuos de diferentes poblaciones bajo las mismas condiciones experimentales muestran que la fenología está determinada mayormente por la variabilidad genética. Esto sugiere que los individuos ubicados a elevaciones mayores y que tienden a florecer más tarde poseen una mayor ventaja para evitar daños a los tejidos por heladas.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



a) Hoja compuesta por 5 folios b) Flor c) Fruto.

Figura 4. Estructura del *Polylepis reticulata*.

Fuente: (Simpson, 1979)

1.7. Actividad vegetativa

1.7.1. Tejido meristemático

Los meristemos son los encargados del crecimiento de la planta, tanto en longitud como en grosor, es decir que estos desarrollan la capacidad de crecimiento y regeneración de la planta. En las plantas se distinguen dos tipos de meristemos: meristemo apical o primario y meristemos laterales o secundarios.

1.7.1.1. Meristemo primario

Los meristemos primarios son los responsables del crecimiento en longitud de la planta, se encuentran situados en el extremo o ápice de las raíces y los tallos (yemas apicales) y en los brotes de las ramas (yemas laterales).

1.7.1.2. Meristemo secundario

Los meristemos secundarios aparecen como un anillo de células que rodea el interior del tallo como de la raíz son los responsables del crecimiento en grosor y se originan a partir del primer año de la planta, esto se debe a que la presencia de algunas células adultas adquieren la capacidad de reproducirse continuamente, por lo que solo están presentes en plantas leñosas. Existen dos tipos: cambium vascular y cambium suberoso o felógeno.

1.7.1.2.1. Cambium vascular

El cambium vascular se encuentra situado en el interior y provoca el crecimiento por la formación de nuevos vasos conductores, dando lugar a



UNIVERSIDAD DE CUENCA

tejidos de sostén: colénquima y esclerénquima los cuales se encuentran localizados entre el xilema y floema primerio de tallos y raíces.

1.7.1.2.2. Cambium suberoso o felógeno

Se encuentra situado bajo la epidermis. Forma 3 capas: Una extrema en el súber o corcho hacia afuera, al medio se encuentra el felógeno, y a la felodermis, hacia el interior. Los tres en conjunto reciben el nombre de peridermis que sustituye a la epidermis cuando se produce el crecimiento secundario de la planta.

1.8. Crecimiento radial

El crecimiento de los árboles se produce de tal manera que, a medida que transcurre el tiempo, al aumentar el diámetro de los individuos, generalmente los individuos más débiles de la comunidad, van muriendo siguiendo un patrón que resulta predecible (Gracia, com. pers.).

El incremento diamétrico define el crecimiento de un árbol (Manokaran & Swain , 1994) el cual está influenciado por factores del clima y del suelo propios del área de estudio (Mora, & Otros, 2009). La dendrometría es la ciencia encargada de estudiar este fenómeno, planteándose como objetivos investigar la edad de los árboles y sus tasas de crecimiento. Las tasas de crecimiento de una determinada especie permiten explicar la dinámica forestal (Botkin, 2009). En diversas investigaciones se ha encontrado que las tasas de crecimiento de los árboles están en función de la edad, tamaño, especie y características climáticas del sitio (Hernández & Castellanos, 2006).

El crecimiento y el desarrollo de las plantas dependen de la actividad de los meristemos. El meristemo apical se encuentra en las puntas de los tallos y las raíces y es responsable de la extensión del cuerpo de la planta. En estos puntos ocurren divisiones mitóticas ilimitadas de las células “iniciales”, estas células se dividen de tal manera que siempre habrá una célula “inicial” en el meristemo. La otra célula, producto de la división, se convierte en una nueva célula del cuerpo de la planta. Este tipo de crecimiento, donde existe un alargamiento de la planta, se denomina crecimiento primario.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El crecimiento en grosor de raíces y de tallos es el resultado de la actividad de dos meristemos laterales, el cambium vascular y el cambium suberógeno (felógeno). El cambium vascular es el responsable de la producción del floema y el xilema secundario; las células que se forman a partir de las células “iniciales” del cambium hacia afuera se convertirán eventualmente en células del floema y las células que se forman hacia adentro de las células “iniciales” se convertirán en células del xilema. Esto resulta en la formación de una fila continua de células dispuesta de manera radial.

En la mayoría de los tallos leñosos la peridermis reemplaza a la epidermis en su función de revestimiento del cuerpo de la planta y se forma cuando empieza a producirse el floema y el xilema secundario. La peridermis comprende tres tipos de células, las células del felógeno, las células súber o corcho y las células del felodermis. Las células del felógeno son células meristemáticas encargadas de producir los elementos de la peridermis. Al dividirse, las células del felógeno producen células de corcho compactadas en filas radiales. El corcho está ubicado hacia el exterior del felógeno, al estar recubierto de suberina y cera, crea una impermeabilidad hacia gases y agua; estas células mueren en la madurez. Las células que crecen hacia el interior del felógeno pertenecen al felodermis, son células vivas que crean un tejido parenquimatoso. Este tipo de crecimiento, en el cual se agranda el tronco en diámetro, es conocido como crecimiento secundario (Duchicela, 2011).

1.8.1 Factores que influyen en el crecimiento de los árboles de *Polylepis*

Algunos factores que pueden influir sobre el crecimiento lento de *Polylepis*, son su ubicación en altitudes cercanas a la línea del bosque, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y el estrés ambiental. La nutrición desigual entre bosques de *Polylepis* y bosques de tierras bajas es un factor importante, ya que anula la influencia de origen y temperatura (Körner, 2003). Sin embargo, todavía existe mucha incertidumbre con respecto a los factores controladores del crecimiento en plantas de páramo (Körner, 2003). El potencial de crecimiento de las plantas de páramo no siempre es más pequeño que el de



UNIVERSIDAD DE CUENCA

árboles de tierras bajas, aunque su crecimiento es menor. En este caso, los rangos de crecimiento de *Polylepis* y de los árboles de bosques tropicales tienen algunos valores similares. La temperatura es altamente influyente en la adquisición de nutrientes, la cual es importante para el crecimiento de los árboles. Por lo tanto, la tasa de crecimiento puede disminuir para árboles tropicales en temperaturas bajas y puede aumentar para plantas de páramo en temperaturas altas.

1.8.2. Variabilidad en las tasas de crecimiento de los árboles

La variabilidad en el crecimiento de los árboles, posiblemente está atribuido a las diferencias en sus edades, las cuales no necesariamente están relacionadas a sus diámetros. La diferencia en edades puede causar diferencias intraespecíficas en sus tasa de crecimiento (Liberman, 1985) ya que a diferentes edades, los árboles tienen distintas capacidades para aprovechar los nutrientes disponibles, por ejemplo, árboles que están entrando en senescencia limitan sus funciones metabólica y entran a un periodo de deterioro (Larcher, 1995). El conocimiento de las edades de las plantas de páramo es complejo por la falta de estacionalidad (Argollo, 2004). Por lo tanto, es problemático hacer un estudio donde se puedan tomar árboles de edades congruentes. Otro factor que influiría en la variación de las tasas de crecimiento es la altura del árbol y el porcentaje de su copa que se encuentra en el dosel, la estructura del dosel del bosque tiene la misma importancia en bosques alpinos que en bosques de tierras bajas. Este factor determina la cantidad de radiación que recibe el árbol y es altamente relevante por su fuerte vínculo con la fotosíntesis. Un aumento en su tasa fotosintética equivale a un aumento en la productividad, y por lo tanto, un aumento en la tasa de crecimiento de la planta (Körner, 2003). La luz ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano.

La respiración celular es independiente a la presencia o no de luz. En ella se consume oxígeno, durante las 24 horas del día, al contrario de lo que sucede



UNIVERSIDAD DE CUENCA

en la fotosíntesis, en la que el oxígeno se desprende en la fase luminosa, es decir, durante el día. En la respiración se consume oxígeno y se desprende dióxido de carbono, liberándose energía. La tasa de respiración de una célula vegetal disminuye, cuando la temperatura baja hasta detener la respiración casi o completamente alrededor de las temperaturas de congelación. La respiración aumenta con temperaturas crecientes, hasta llegar a temperaturas muy altas y dan como resultado el deterioro del tejido. La temperatura afecta en gran medida la respiración para su mantenimiento, mucho más que las células dedicadas al crecimiento de las plantas.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO 2

ÁREA DE ESTUDIO



Capítulo 2

Área de estudio

2.1. Parque Nacional Cajas

El Parque Nacional Cajas fue creado mediante acuerdo ministerial N° 203 del 6 de junio de 1977 como Área Nacional de Recreación, para luego mediante acuerdo Interministerial N°. 0322 del 26 de julio de 1979, establecer sus límites, finalmente mediante resolución N°. 057, del 5 de noviembre de 1996, se procede a cambiar la categoría de Área Nacional de Recreación a Parque Nacional Cajas (acuerdo ministerial N°177 del 12 de diciembre del 2002), el mismo que se encuentra situado en la provincia del Azuay al sur del Ecuador, al occidente del cantón Cuenca, posee una extensión de 28544 ha, se encuentra entre altitudes de 3200 m y los 4545 m perteneciente a la Cordillera Occidental del Sur de los Andes Ecuatorianos, además de formar parte del Área de Biosfera Macizo del Cajas reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en el año 2013.

El Parque Nacional Cajas existen 2164 cuerpos de agua, de los cuales: lagos menores a una hectárea existen 1963 y lagos mayores a una hectárea 199 (Alonso, M. com. pers.).

De las características más sobresalientes que presenta el Parque son sus condiciones hidrográficas y climáticas, siendo de esta manera reconocido por ser uno de los centros de mayor biodiversidad en el mundo.

El Parque Nacional Cajas sobresale como un centro de diversificación y endemismo de *Polylepis*, por mantener 4 de las 7 especies registradas en el Ecuador. El Parque forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), como una de las 50 áreas protegidas del Ecuador.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.2. Ubicación geográfica

El Parque Nacional Cajas (Fig. 5) ocupa una parte de los territorios de la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos. El límite occidental del parque no está bien definido, pero sobre todo al oeste de la división de aguas entre el Pacífico y el Océano Atlántico. El límite norte es una cadena montañosa, el límite sur es el valle de Soldados y el límite oriental no está bien definido, pero puede ser considerado como el valle del Tomebamba.

El Parque Nacional Cajas se caracteriza por grandes afloramientos de roca madre. Se encuentra situado a 33 km al noroccidente de la ciudad de Cuenca dentro de las parroquias San Joaquín, Sayausí, Chaucha y Molleturo. El área incluye las cuencas altas de los ríos Llaviuco, Mazan, Soldados, que drenan hacia el Atlántico y Luspa, Sumincocha, Atugyacu, Yantahuai, Jerez y Angas hacia el Pacífico. (Jiménez & Otros, 2013).

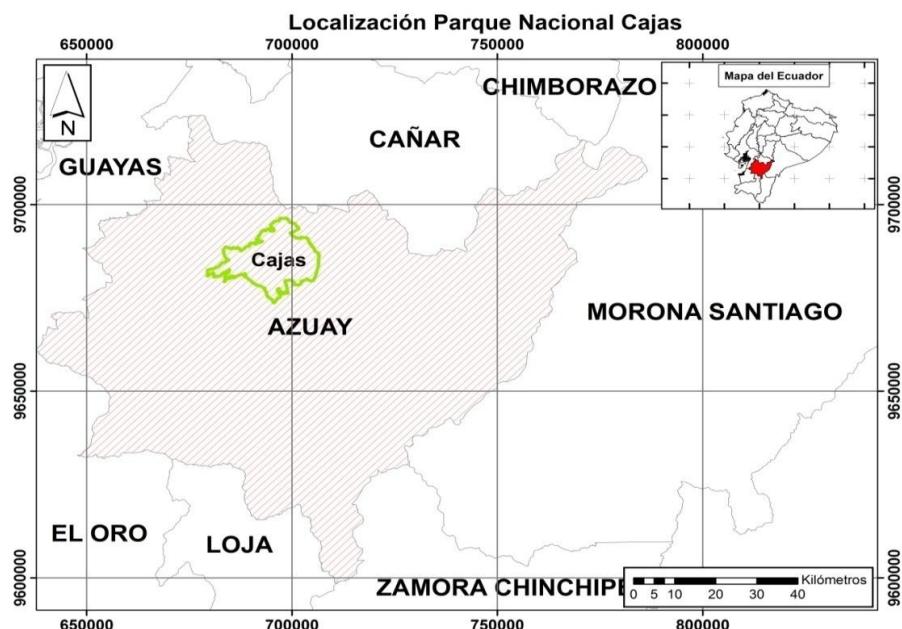


Figura 5. Ubicación del Parque Nacional Cajas dentro la provincia del Azuay.

2.3. Geología

El origen de la roca del Parque es de la era mesozoica o secundaria (entre 120 y 200 millones de años, era volcánica en toda Sudamérica), y el complejo lagunar data de la era antropozoica o cuaternaria (entre 1 y 2 millones de años, era glaciar, origen y desarrollo del hombre). Durante el tiempo en la que se



UNIVERSIDAD DE CUENCA

derritieron los glaciares, en las elevaciones se labraron los valles en “U” y las lagunas escalonadas a manera de “cajas”. En las partes altas y a lo largo de la Cordillera Occidental, se encuentran los cajones glaciarios o cajas; por lo que se pueden señalar que las glaciaciones cuaternarias afectaron a toda la región interandina, y que sus efectos son todavía visibles. (ETAPA.EP., s.f.).

2.4. Hidrología

El Parque es conocido por sus fuentes de agua (Fig. 6), puesto que en él nacen los principales afluentes que abastecen de agua potable a la ciudad de Cuenca y que, a su vez, son los aportadores del Complejo Hidroeléctrico Paute, que provee de electricidad a casi todo el país. Cabe agregar que las lagunas más importantes son Lagartococha, Osohuaycu, Mamamag o Taitachungo, Quinoascocha, La Toreadora, Sunincocha, Cascarillas, Ventanas y Tinguishcocha (Freile & Santaner, 2016). Dentro del Parque Nacional Cajas existen las siguientes microcuenas:

Las microcuenas Matadero, Llaviuco y Mazán son tributarios de la Subcuenca del Río Tomebamba y éste a su vez parte de la Cuenca del río Paute.

Las microcuenas, Soldados e Ishcayrrumi son tributarios de la Subcuenca del río Yanuncay y éste de la cuenca del río Paute.

Las microcuenas Canoas, Jerez y Angas son tributarios de la Subcuenca del río Chaucha y este de la cuenca del río Balao

Las microcuenas Chorro, Atugayacu, Sunincocha y Luspa, son tributarios de la Subcuenca del río Miguir y este de la cuenca del río Cañar (ETAPA.EP., s.f.).



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Figura 6. Parque Nacional Cajas (Laguna Luspa).

2.5. Clima

El clima del Parque es especial, ya que el aire húmedo que viene de la costa choca con las masas de aire frío que asciende del oriente y también con el aire seco que proviene de la Corriente del Niño. No existe una marcada regularidad en el clima y se dan frecuentes heladas, lloviznas (garúa), neblina y días de intenso sol. La temperatura oscila entre los -2 y los 18 °C (MAE., 2007).

La radiación solar diaria es casi constante a través del año, debido a la localización cercana a la línea equinoccial; sin embargo, contrasta con un ciclo diario bien marcado (Buytaert, 2006). La insolación anual supera levemente los 4000MJ valor muy inferior al que podríamos esperar por la localización cercana a la línea equinoccial. Las frecuentes y abundantes nieblas son responsables de este nivel de insolación.

La precipitación media anual estimada para el Parque Nacional Cajas fluctúa entre los 1000–2000 mm (IERSE, 2004). La variabilidad de las lluvias a pequeña escala está determinada principalmente por variaciones en la velocidad y dirección del viento, controladas por pendientes pronunciadas y la topografía accidentada (Buytaert, 2006). Por otro lado, el consumo natural de agua en el páramo es muy bajo debido al predominio (Buytaert, 2004) de pajonales y de hierbas xerofíticas con características de baja evaporación, a pesar de la radiación alta a estas altitudes y latitudes. Las pocas estimaciones existentes de la evapotranspiración actual en el páramo están en el rango de cerca de 1 mm a 1,5mm día⁻¹ (Buytaert, 2004). Estos datos son válidos para el pajonal. Como resultado de la baja evapotranspiración, hay un gran excedente



UNIVERSIDAD DE CUENCA

de agua, lo cual alimenta los ríos que descienden hacia las regiones costeras y a la cuenca amazónica.

2.6. Flora y Fauna

Se estima que existen alrededor de 500 plantas vasculares distribuidas en 243 géneros y 70 familias. Es considerado un centro de endemismo vegetal (Fig. 7) y de evolución de muchos taxones y, al menos 16 especies de plantas vasculares son únicas del área (12 en peligro de extinción y 4 están amenazadas). Además, 71 especies endémicas de Ecuador están en el Parque Nacional Cajas (Chacón, 2016).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA



Figura 7. Parque Nacional Cajas Flora y Fauna (Laguna Toreadora).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Capítulo 3

Metodología

3.1. Parcelas de muestreo

El PNC alberga varias especies de género *Polylepis*, sin embargo, la predominante en el área es la especie *Polylepis reticulata* que se encuentra distribuida a lo largo de todo el parque formando parches de bosque.

Cerro San Luis, Taquiurco y Laguna Toreadora son las tres áreas asignadas para el muestreo del presente estudio (Fig. 8), debido a su fácil acceso 6 rodales fueron designados dentro del área de estudio los cuales se encuentran repartidos de la siguiente manera: 2 en el tramo de la Laguna Toreadora y 2 en el Cerro San Luis y 2 en el Cerro Taquiurco. En cada uno de los rodales seleccionados, se marcaron parcelas permanentes de una superficie de 10m x 10m. Cada parcela de muestreo consta de 10 dendrómetros artesanales, adicionalmente en el cerro Taquiurco (parcelas 1y 2) se instalaron 2 dendrómetros electrónicos.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de las parcelas

Parcela	Latitud (S)	Longitud (O)	Altitud m.s.n.m.	Pendiente	Orientación
Parcela 1	2°46'48"	79°12'24"	3803	20°	105°
Parcela 2	2 2°47'	79°12'36"	3813	25°	30°
Parcela 3	2°46'58"	79°13'24"	3930	25°	340°
Parcela 4	2°46'42,4"	79°13'35"	3890	0°	110°
Parcela 5	2°46'21.8"	79°13'12.1"	3833	30°	45°
Parcela 6	2°46'27"	79°13'14.4"	3735	3°	85°

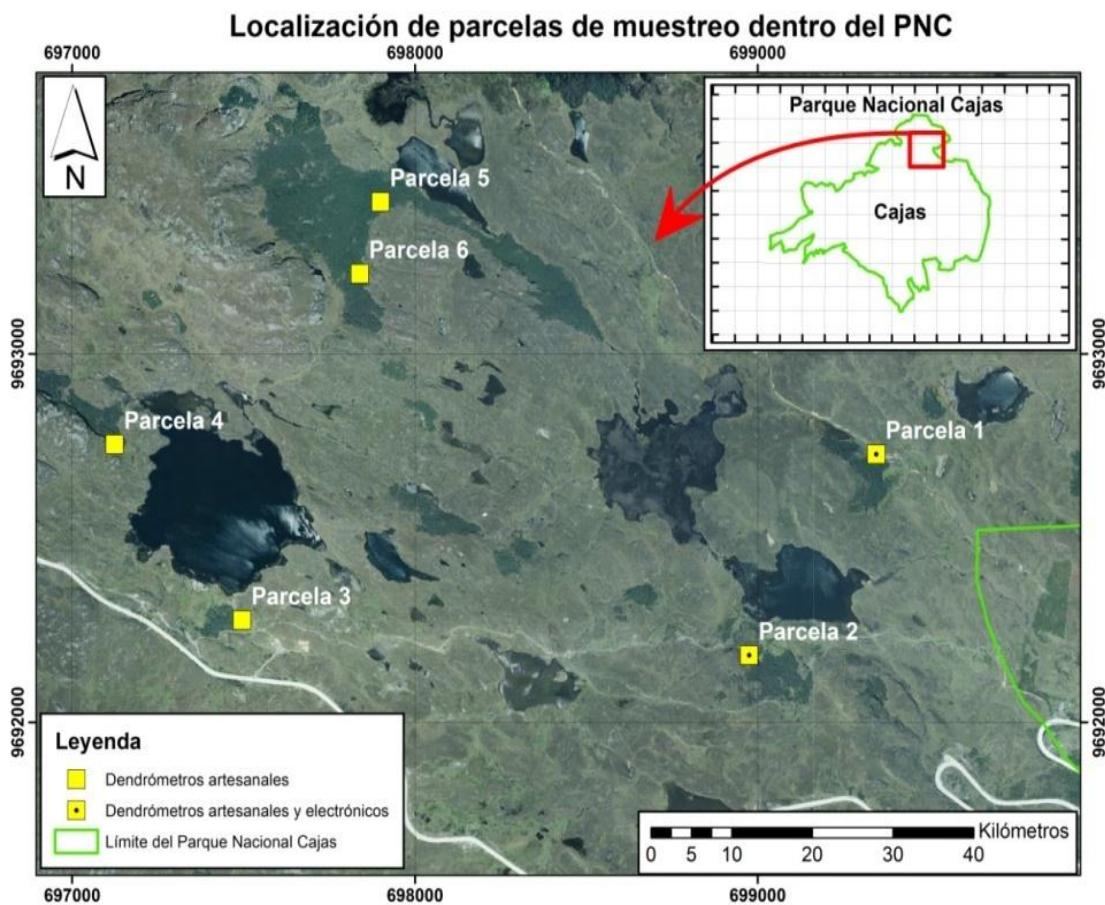


Figura 8 .Localización de parcelas permanentes de muestreo utilizadas en el desarrollo de la presente investigación.

3.2. Determinación de la actividad vegetativa de *Polylepis reticulata*.

Para determinar la actividad vegetativa se instalaron 2 dendrómetros electrónicos (Fig. 9) (modelo dendrometer increment sensor DRL 26A with built-in datalogger de Environmental Measuring Systems, Brno, Check Republic) en la parcela 1 y 2 en dos árboles de diferente diámetro. Los dendrómetros electrónicos han registrado datos desde Junio 2014 y actualmente siguen almacenando datos para futuros análisis; fueron programados para que registraran datos de temperatura e incremento radial cada cinco minutos. Para el presente estudio se utilizaron los datos registrados hasta el mes de Septiembre 2015, contando con la información de 15 meses, lo que representa un total aproximado de 130 mil registros.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Figura 9. Dendrómetro electrónico DRL 26 A instalado en *Polylepis reticulata* en la parcela 1

Los datos acumulados en la memoria de los dendrómetros son descargados a través del software MIN 32 (Fig. 11), el cual permite realizar algunas operaciones básicas (incremento radial, temperatura, etc.) (Fig. 10), a la vez que permiten su exportación a Excel para posteriores análisis.

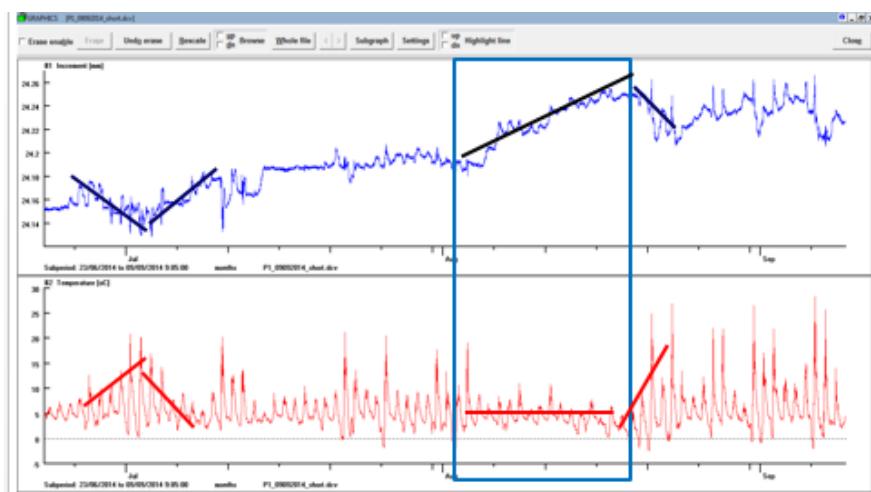


Figura 10. Representación gráfica de los datos de la parcela 1 correspondientes al periodo Junio - Septiembre 2014 registrados en el Software Min32. Nótese la imagen especular de los valores del diámetro respecto a los valores de la temperatura. La aparente disminución del diámetro del árbol siguiendo periodos de bonanza es debida al estímulo de la trasmisión asociado a las temperaturas suaves. El aumento de la transpiración provoca un relativo vaciado momentáneo del agua contenida en el tronco, que no debe confundirse con variaciones en el diámetro asociadas a la actividad meristématica. La consideración de este comportamiento resulta crucial en el tratamiento de los datos para obtener resultados de calidad satisfactoria.

Para determinar la respuesta de la actividad vegetativa del *P. reticulata* frente a las variaciones de temperatura se utilizaron en el análisis las medias mensuales, diarias y horarias de temperatura.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Figura 11. Descarga de datos de los dendrómetros digitales en el campo.

Con los datos exportados al software Excel se analizó el comportamiento de *P. reticulata* a lo largo de los 15 meses de muestreo, para lo cual primero se aplicó la ecuación expresada a continuación, que resume el modelo de respuesta de la actividad vegetativa a la temperatura de Leinonen (1996), mediante la que se determinó la actividad vegetativa del árbol en estudio.

$$AV_i = \frac{\frac{Td_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} - V_{i-1}}{\varphi}$$

En donde:

- AV_i = Actividad Vegetativa del día i
- T_{min} = Umbral mínimo de temperatura que controla el crecimiento

Es el valor mínimo de temperatura que percibe la planta, debajo de la cual se interrumpe el crecimiento de la misma.

- T_{max} =Umbral máximo de temperatura que controla el crecimiento

Valor de temperatura máximo que resulta ser el más favorable para el desarrollo de la planta, por encima del cual no se percibe un incremento de la actividad vegetativa.

- Td_i =Temperatura media diaria del día i

Es el valor medio de las temperaturas de un día determinado del año. Se ha calculado con la media de 288 valores de temperatura registrados diariamente (un valor registrado cada 5 min).

Ahora bien, si calculamos el cociente entre la diferencia de la temperatura media diaria y el umbral mínimo de temperatura con la diferencia entre el



UNIVERSIDAD DE CUENCA

umbral máximo y mínimo de temperatura, obtendremos el potencial de crecimiento, lo cual nos da una idea de la actividad vegetativa potencial de la planta. Una vez que conocemos cual es la respuesta potencial de la planta a las variaciones de temperatura, queda por resolver la cuestión de la inercia de la respuesta de la planta es decir, que periodo de tiempo acumulado explica mejor la respuesta de la planta a la temperatura. Este periodo de inercia en la respuesta se debe a que las plantas necesitan garantizar unas condiciones favorables mínimas antes de iniciar procesos como la floración o fructificación, es por ello que acumulan un periodo de varios días en el cual las temperaturas alcanzan valores por encima del umbral mínimo. Mientras mayor es el rango umbral mínimo- umbral máximo de crecimiento mayor es la actividad vegetativa potencial.

- V_{i-1} =Actividad vegetativa acumulada hasta el día i

Es la capacidad que presentan las plantas para responder a los diferentes estímulos del medio externo, en el cual se puede apreciar un crecimiento vegetativo o en su defecto una inactividad de la planta, es por ello que una planta para mostrar desarrollo formación de flores, frutos, etc. Requiere acumular varios días de temperaturas favorables lo que asegura a la planta condiciones favorables para la actividad vegetativa.

- φ =Inercia térmica

Inercia térmica es la variable que indica cómo la planta responde a las variaciones de temperatura. El valor de φ se desconoce y es por ello que debe explorarse en el ajuste posterior del modelo de actividad vegetativa. Luego de aplicar la ecuación expresada anteriormente, se realizan diversos análisis para explorar y visualizar tanto la actividad vegetativa como su variación. Estos resultados se presentan y discuten en el apartado 4.1 y Anexo 5.

3.3 Parametrización del modelo de actividad vegetativa de *P. reticulata*

Para parametrizar el modelo de actividad vegetativa es necesario determinar cuál es la respuesta del *Polylepis* a las diferentes variaciones de temperatura que se dan en el PNC; es necesario determinar 3 constantes (umbral mínimo-máximo e inercia térmica).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

3.3.1 Umbrales máximo y mínimo de temperatura que controlan el crecimiento

Mediante el análisis de las gráficas obtenidas en el punto 4.1 se podrá observar cómo responde el género *P. reticulata* a las variaciones de temperatura registradas durante los 15 meses de muestreo.

De acuerdo con las hipótesis previamente explicadas, el crecimiento de *Polylepis reticulata*, depende estrechamente de la temperatura y debe existir un umbral mínimo que suponemos alrededor de los 6°C. Se trata de un límite ampliamente extendido en la naturaleza y que presentan muchas especies de árboles.

Así mismo, de acuerdo con el modelo de actividad vegetativa, debe existir un umbral máximo de temperatura que permita determinar el crecimiento en función de la temperatura. Algunas observaciones previas apuntan hacia un valor de dicho umbral máximo de unos 12°C.

En la presente tesis se pretende corroborar o rechazar los límites de 6° C y 12°C como umbrales mínimo y máximo de la actividad vegetativa en *Polylepis*. Ahora, si las hipótesis planteadas son verdaderas, tanto en lo que concierne al umbral mínimo como máximo, existirá una correlación significativa entre el valor del índice de actividad vegetativa calculado con estos umbrales y el crecimiento del árbol. Para determinar si existe dicha correlación se relaciona la media de las temperaturas de los últimos cinco días con la actividad vegetativa correspondiente al mismo periodo. Posteriormente se exploran otros periodos de integración (φ) para explorar la inercia térmica de *Polylepis* de acuerdo con el modelo de actividad vegetativa que estamos aplicando.

3.3.2 Inercia térmica

Como se había expresado anteriormente, la inercia térmica es la variable que caracteriza la velocidad de la respuesta de la planta a las variaciones de temperatura. De acuerdo con los criterios de Gracia C (com. pers.), se ha establecido un valor de inercia térmica correspondiente a 3, ya que dicho valor acostumbra a proporcionar resultados satisfactorios en la mayor parte de aplicaciones en el estudio de actividad vegetativa de árboles.



3.4 Determinación de patrón de crecimiento del *P. reticulata*.

Para la determinación del patrón de crecimiento se instalaron 10 dendrómetros artesanales en 6 parcelas dentro del PNC es decir, un total de 60 dendrómetros en otros tantos árboles de *P. reticulata* de distintas clases diamétricas. Los dendrómetros fueron sujetados a los árboles usando muelles de acero, los mismos que variaron en medidas a lo largo del muestreo. Se instalaron dendrómetros con resortes de 6mm de diámetro por 40 mm de largo. De todos los dendrómetros instalados, se tomó una medida inicial (separación inicial entre los extremos de medida del dendrómetro, Fig. 12). En Septiembre 2015 y Diciembre 2015 se procedió a medir dicha separación (separación final) teniendo así entre 14-16 meses de muestreo por parcela.



Figura 12. Dendrómetros artesanales. Las medidas correspondientes de incremento del diámetro del árbol se determinan a partir del incremento de separación entre los extremos de medida del dendrómetro en un periodo de tiempo determinado.

Con las separaciones final e inicial de cada árbol seleccionado se obtiene el incremento radial durante toda la etapa de muestreo. Comparando la separación final con la inicial del dendrómetro de cada árbol se determina el incremento del perímetro del árbol en el periodo de muestreo y de ahí se obtiene el valor del DAP final.





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Figura 13. Medición del incremento del DAP en árboles con dendrómetros artesanales.

El incremento anual de diámetro se obtuvo con las siguientes formulas:

$$\text{Incremento diámetro} = [\text{DAPfinal} - \text{DAPinicial}] * 10$$

La constante 10 se utiliza para expresar el incremento radial en mm

$$\text{Incremento anual} = \left[\left(\frac{\text{incremento diámetro} * 365}{\# \text{ dias transcurridos}} \right) \right]$$

3.5 Determinación de las tasas de crecimiento de las distintas clases diamétricas.

La determinación de las tasas de crecimiento se obtendrá con los patrones de crecimiento, en donde a través del incremento de la sección trasversal de árboles de diferentes de clases diamétricas. Se procederá a realizar un diagrama de cajas en donde se determinará las tasas de crecimiento de cada clase diamétricas.

3.6 Determinación de la edad aproximada de los individuos del PNC

Para determinar la edad de los individuos del PNC se calculó los valores medios de las tasas de crecimiento según cada clase diamétrica, el incremento de la sección trasversal se ha ajustado a los valores medios registrados en cada clase logrando de esta manera la estimación de la edad de los individuos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO 4

RESULTADOS



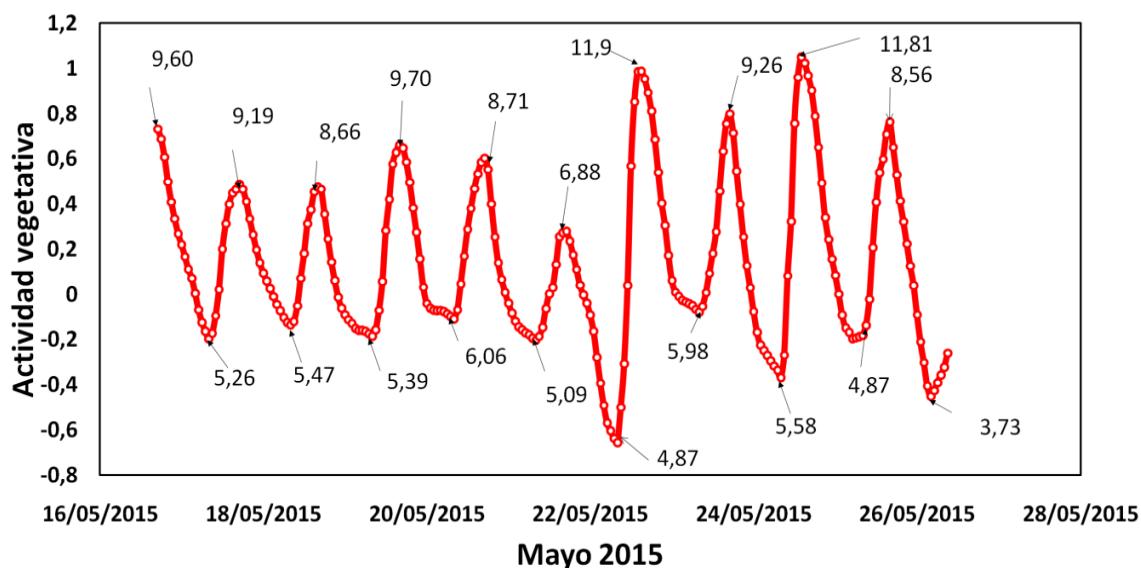
Capítulo 4

Resultados

4.1 Influencia de la temperatura en la actividad vegetativa del *Polylepis reticulata*

Con los datos registrados se calcularon las medias horarias, diarias y mensuales de temperatura y a partir de estas se determinó la actividad vegetativa.

Primero se determinó actividad vegetativa con respecto a las medias horarias de temperatura. El análisis de datos se realizó utilizando la serie completa de observaciones a lo largo de todo el periodo de muestreo. Para facilitar la comprensión de los resultados se muestran solamente los resultados correspondientes a dos periodos (16/05/2015 al 28/05/2015 y 26/08/2015-02/09/2015).



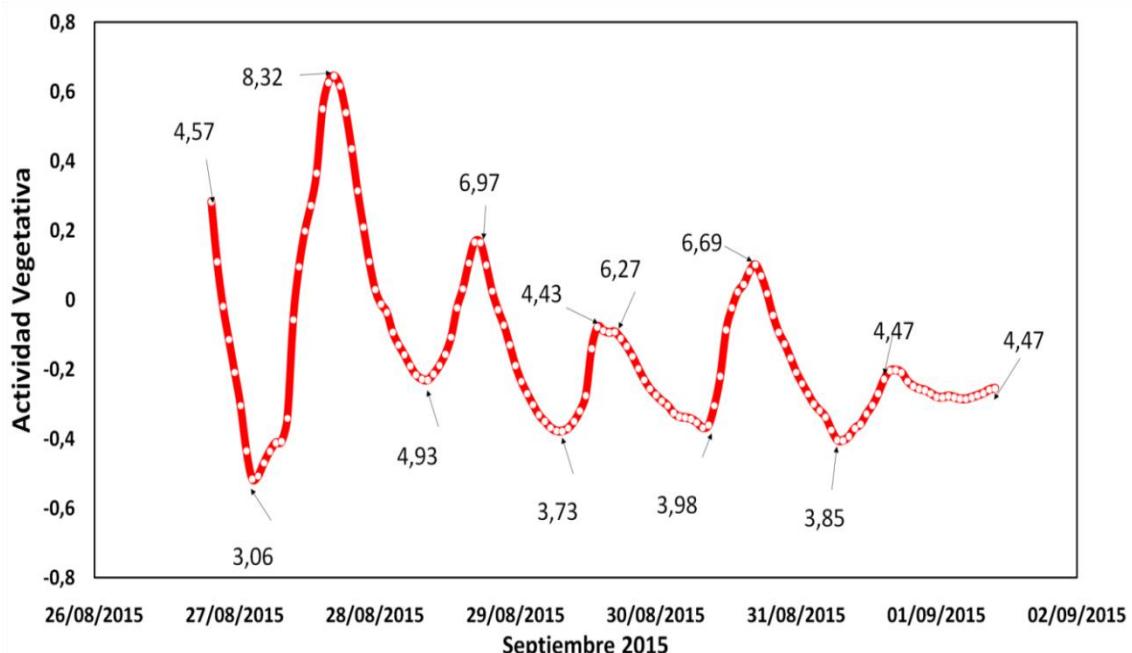
Gráfica 3. Parcela 1. Actividad vegetativa correspondiente a las medias horarias de temperatura registradas en el periodo 16 al 28 de mayo 2015. La grafica muestra la variación de la actividad vegetativa. Al tratarse de medias horarias se hace patente la variación diaria con mínimos que corresponden a los valores nocturnos con actividad vegetativa negativa y valores de temperatura inferiores al umbral de 6°C y valores diurnos con actividad vegetativa positiva y temperaturas medias horarias superiores a dicho valor umbral (valores indicados en la gráfica).

La actividad vegetativa horaria correspondiente al mes de Mayo, demuestra que las variaciones presentes en la actividad vegetativa del árbol están influenciadas directamente por la temperatura. Durante las noches la actividad



UNIVERSIDAD DE CUENCA

vegetativa es negativa, debido a que los valores de temperatura registrados son inferiores al umbral mínimo de temperatura (6°C). Contrariamente sucede durante el día en donde las temperaturas registradas son superiores a dicho umbral por lo que su actividad vegetativa alcanza valores positivos. Podemos concluir que a mayor temperatura, mayor es la actividad vegetativa de la planta, mientras que si la temperatura disminuye, la actividad vegetativa también lo hace.



Gráfica 4. Parcela 1. Actividad Vegetativa correspondiente a las medias horarias de temperatura registradas en el último mes de recolección de datos del 26 de Agosto al 2 de Septiembre de 2015. La grafica muestra la variación de la actividad vegetativa. Al tratarse de medias horarias se hace patente la variación diaria con mínimos que corresponden a los valores nocturnos con actividad vegetativa negativa y valores de temperatura inferiores al umbral de 6°C y valores diurnos con actividad vegetativa positiva y temperaturas medias horarias superiores a dicho valor umbral (valores indicados en la gráfica).

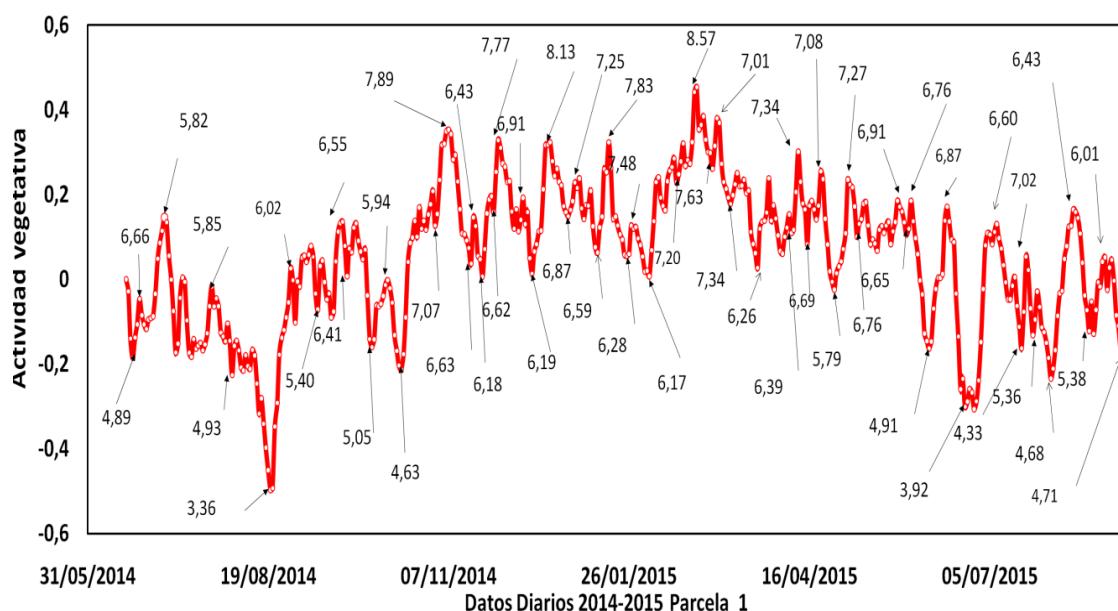
Es importante mencionar que aunque las temperaturas registradas sean superiores o inferiores al umbral mínimo (6°C), el árbol no presentara cambios inmediatos en su actividad vegetativa, esto se debe a que el árbol necesita la acumulación de días con temperaturas superiores o inferiores al umbral mínimo para manifestar tanto un incremento como decremento en su actividad.

4.1.1. Actividad vegetativa diaria con respecto a la temperatura en la Parcela 1 y 2.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

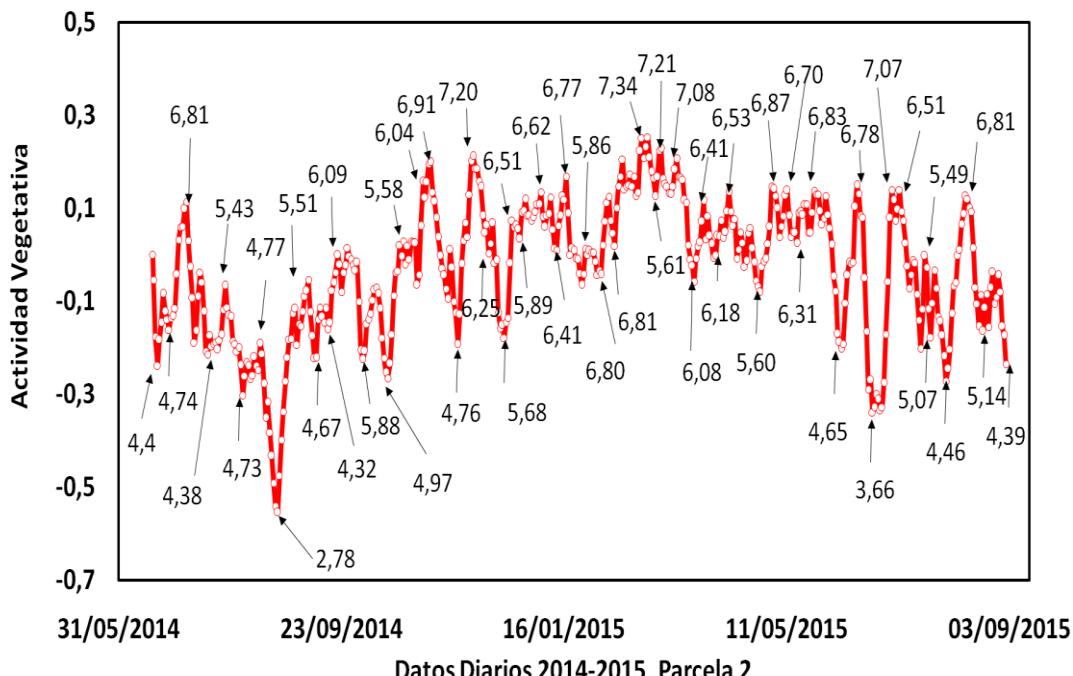
En las gráficas 5 y 6 se representa la actividad vegetativa que corresponde a la temperatura media de cada día en el periodo de estudio (Anexo 1 y 2). En los diferentes ciclos que presentan las gráficas se han señalado los valores de la temperatura media de los cinco días precedentes a cada punto singular de la gráfica (máximo y mínimo). La gráfica pone de manifiesto que la temperatura umbral de 6°C delimita la actividad vegetativa positiva en ambas parcelas de muestreo.



Gráfica 5. Parcela 1: Actividad vegetativa diaria con respecto a la temperatura. Los puntos de la gráfica representan la actividad vegetativa correspondiente a la temperatura media de cada día del periodo de estudio. Los valores de cada punto singular (máximos y mínimos) corresponden a la temperatura media de los cinco días precedentes. Puede observarse como la actividad vegetativa positiva se corresponden con temperaturas superiores a 6°C.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Gráfica 6. Parcela 2. Actividad vegetativa diaria con respecto a la temperatura. Los puntos de la gráfica representan la actividad vegetativa correspondiente a la temperatura media de cada día del periodo de estudio. Los valores de cada punto singular (máximos y mínimos) corresponden a la temperatura media de los cinco días precedentes. Puede observarse como la actividad vegetativa positiva se corresponden con temperaturas superiores a 6°C.

4.1.2. Actividad vegetativa respecto a la temperatura mensual

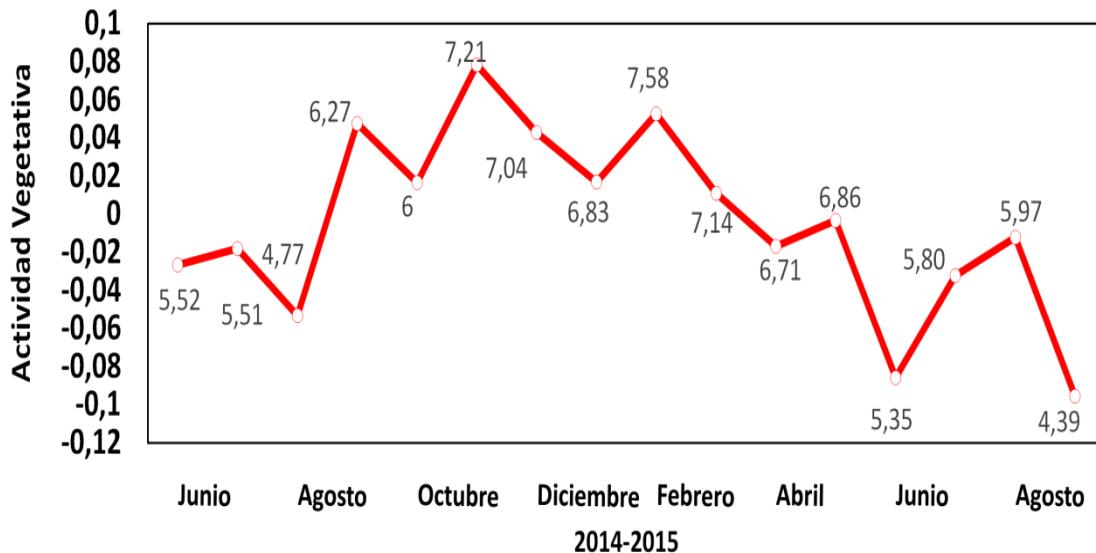
Parcela 1 y 2

A lo largo de un año existen variaciones en la temperatura. En épocas frías la actividad vegetativa disminuirá entrando la planta en un periodo de inactividad para asegurarse de no perder sus recursos hasta acumular temperaturas superiores que le permitan aumentar su actividad vegetativa (Anexo 3).

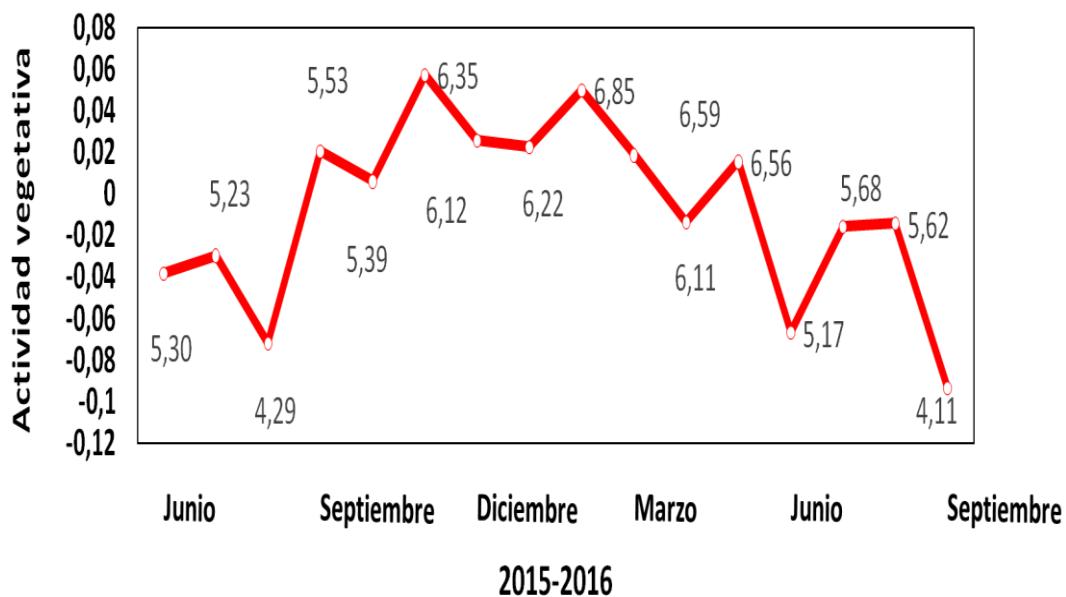
Las gráfica 7 y 8 corroboran lo antes mencionado en el análisis de los datos horarios, reforzando la idea de que a mayor temperatura, mayor es la actividad vegetativa. Las temperaturas más bajas se corresponden con menor actividad vegetativa lo que viene a demostrar la relación estrecha existente entre la actividad vegetativa y la temperatura.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Gráfica 7. Parcela 1. Actividad vegetativa calculada con las medias mensuales de temperatura registradas desde el 17/06/2014 hasta el 01/09/2015. Nótese que los valores mensuales aumentan a partir de Septiembre y se mantienen más elevados hasta Marzo-Abril indicando un periodo de mayor actividad que se corresponde con las temperaturas medias mensuales superiores a los 6°C.

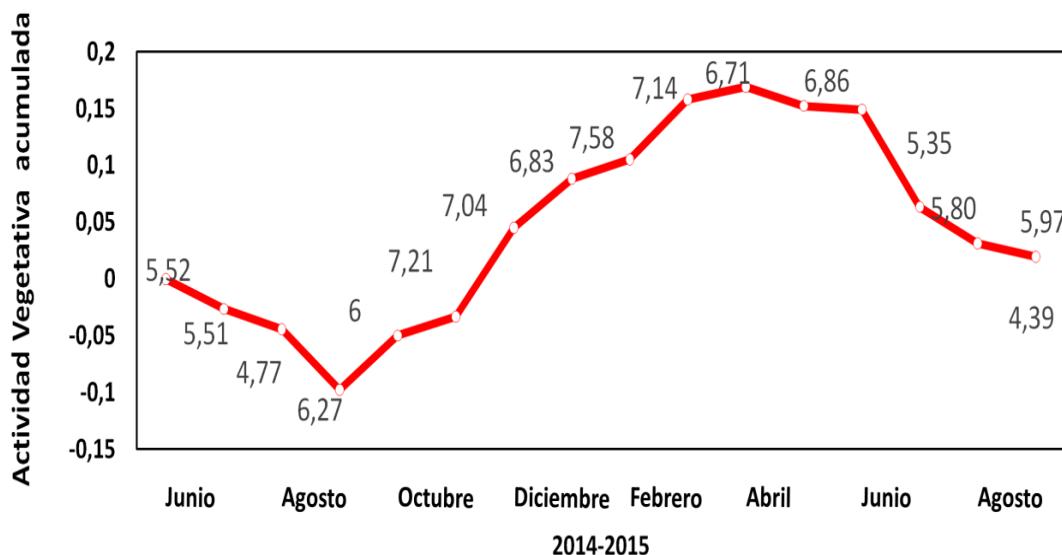


Gráfica 8. Parcela 2. Actividad vegetativa mensual correspondiente a las medias mensuales de temperatura registrados desde el 17/06/2014 hasta el 01/09/2015. El patrón de variación coincide con el que presentan los árboles de la parcela 1: los valores mensuales aumentan a partir de Septiembre y se mantienen más elevados hasta Marzo-Abril indicando un periodo de mayor actividad que se corresponde con las temperaturas medias mensuales superiores a los 6°C.

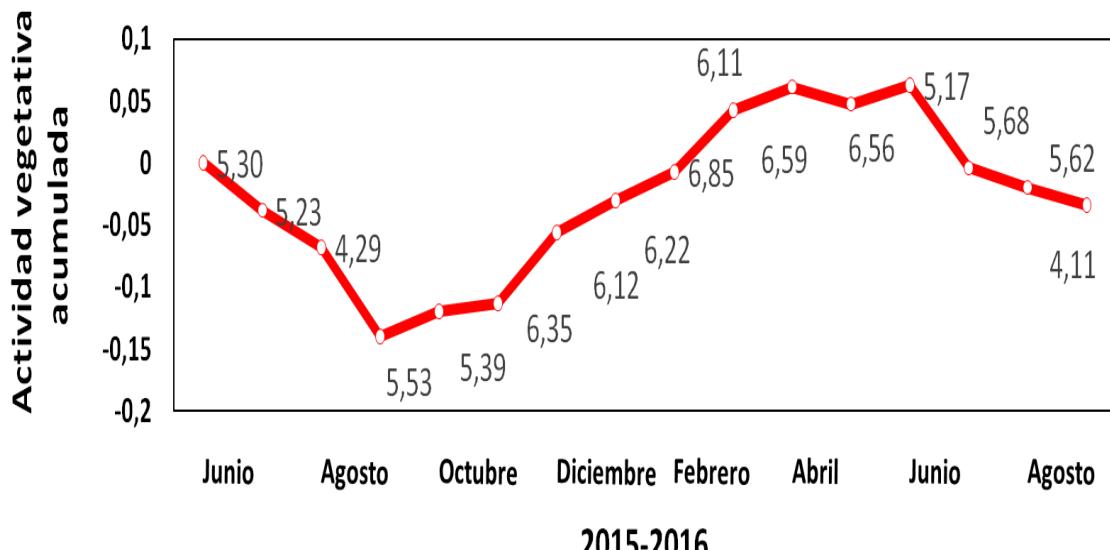


4.1.3. Actividad vegetativa acumulada en el año Parcelas 1 y 2.

En estas dos gráficas (9 y 10) se puede apreciar un patrón de crecimiento muy similar, presentando similitudes en sus pendientes que marcan claramente el periodo de crecimiento de la planta, en la primera tenemos una pendiente negativa en donde se ve una disminución de la actividad vegetativa que sería la época comprendida entre mayo y finales de septiembre y una pendiente positiva comprendida entre la inicios de octubre y finales de mayo donde existe una mayor actividad vegetativa, de las cuales se puede inferir que a temperaturas superiores a los 6 °C, la actividad vegetativa aumenta y en su defecto temperaturas inferiores a los 6°C, la actividad vegetativa disminuye o incluso cesa.



Gráfica 9. Parcela 1. Actividad vegetativa correspondiente a las medias mensuales de temperatura acumuladas a lo largo de un año (periodo desde el 17/06/2014 hasta el 01/09/2015). Obsérvese el patrón anual de actividad vegetativa bien marcado con mínimos en agosto y máximos en Marzo-Abril.





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Gráfica 10. Parcela 2. Actividad vegetativa correspondiente a las medias mensuales de temperatura acumuladas a lo largo de un año (periodo desde el 17/06/2014 hasta el 01/09/2015). Obsérvese el patrón anual de actividad vegetativa bien marcado con mínimos en agosto y máximos en Marzo-Abril, análogo al patrón de actividad que se muestra en la parcela.

4.2. Parametrización del modelo de actividad vegetativa de *P. reticulata*

La temperatura influye en la actividad vegetativa, por lo que es necesario establecer un rango de temperatura en el cual se pueda apreciar los cambios que experimenta la actividad vegetativa de la planta, en apartados anteriores se mostró que existe actividad vegetativa positiva cuando la temperatura es superior a los 6°C, caso contrario ocurre cuando la temperatura es inferior a la misma. Con el método la actividad vegetativa citada en el punto 3.2 se debe establecer un valor determinado para las siguientes constantes (Tmax- Tmin y φ). Con los resultados obtenidos en apartados anteriores se estableció valores fijos para las distintas constantes como son:

Umbral mínimo de temperatura que controla el crecimiento definido ya anteriormente, se ha podido observar a través de las gráficas 3 y 4 como responde *P. reticulata* a las variaciones de temperatura registradas durante 15 meses de muestreo, en los cuales se evidencio que la temperatura mínima en la que la planta presenta una actividad vegetativa positiva o en su defecto inactividad fluctúa alrededor de los 6°C.

Umbral máximo de temperatura que controla el crecimiento. Según se evidencia en la gráfica 3, las oscilaciones de temperatura van con picos desde 11,81 a 11,94 °C, lo cual nos indica que la temperatura en la cual se puede evidenciar actividad vegetativa máxima, es aproximadamente a los 12 °C.

Con lo cual utilizando la siguiente ecuación se demuestra lo antes dicho.

$$RV = \frac{Tdi - Tmin}{Tmax - Tmin}$$

Suponiendo una temperatura media diaria de 6 ° C, aplicando la formula obtenemos que:

$\frac{6-6}{12-6} = 0$; indica que la actividad que experimenta la planta es nula.



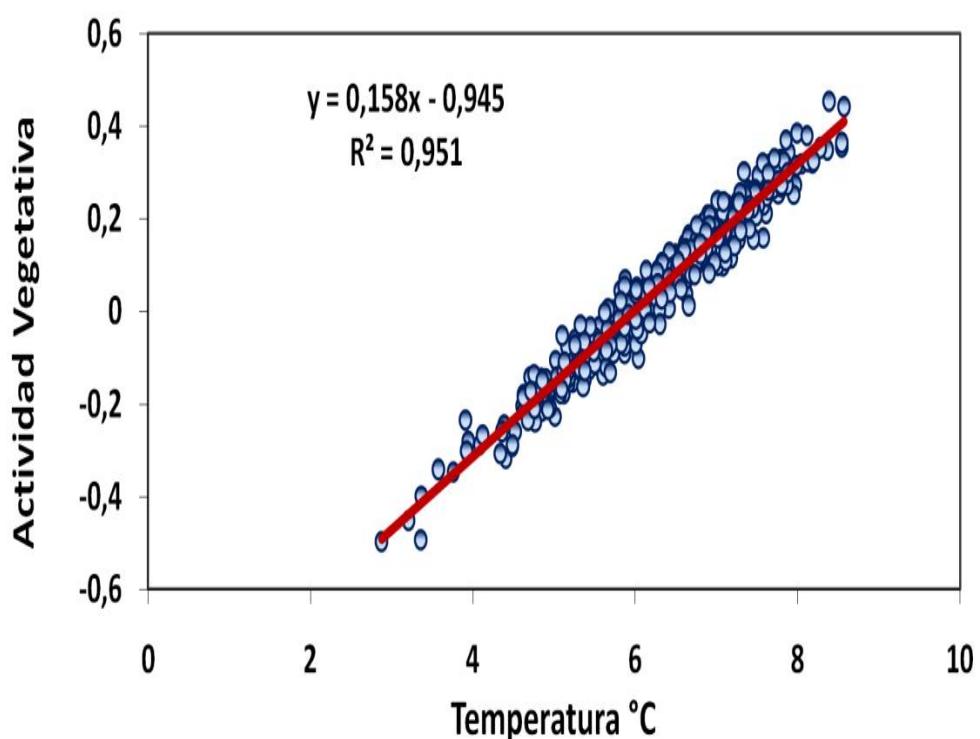
UNIVERSIDAD DE CUENCA

Caso contrario se puede apreciar si la temperatura media diaria es de 12° C.

$\frac{12-6}{12-6} = 1$; Se evidencia una actividad máxima.

Se puede concluir que el rango 6 - 12 ° C explica satisfactoriamente las variaciones observadas, en distintos periodos del año y a distintas escalas de tiempo, en la actividad vegetativa de *Polylepis reticulata* en el PNC.

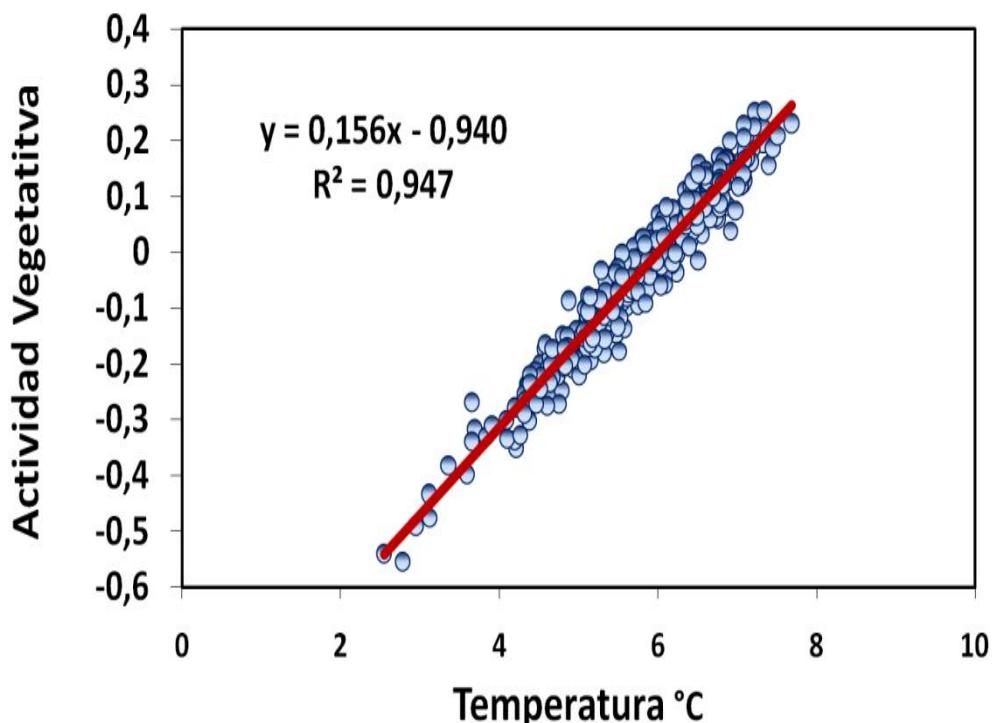
La grafica 11 y 12 pone de manifiesto la estrecha relación existente entre la temperatura promedio de los cinco días precedentes y la actividad vegetativa de cada día en cuestión. Las gráficas muestran una relación lineal con un coeficiente de correlación cercano a 0,95 en ambas parcelas, lo que pone de manifiesto, una vez más, que la temperatura es una variable crucial para explicar la actividad vegetativa de *Polylepis*.



Gráfica 11. Promedio de la temperatura media de los cinco días precedentes y la actividad vegetativa del quinto día. Parcela 1.



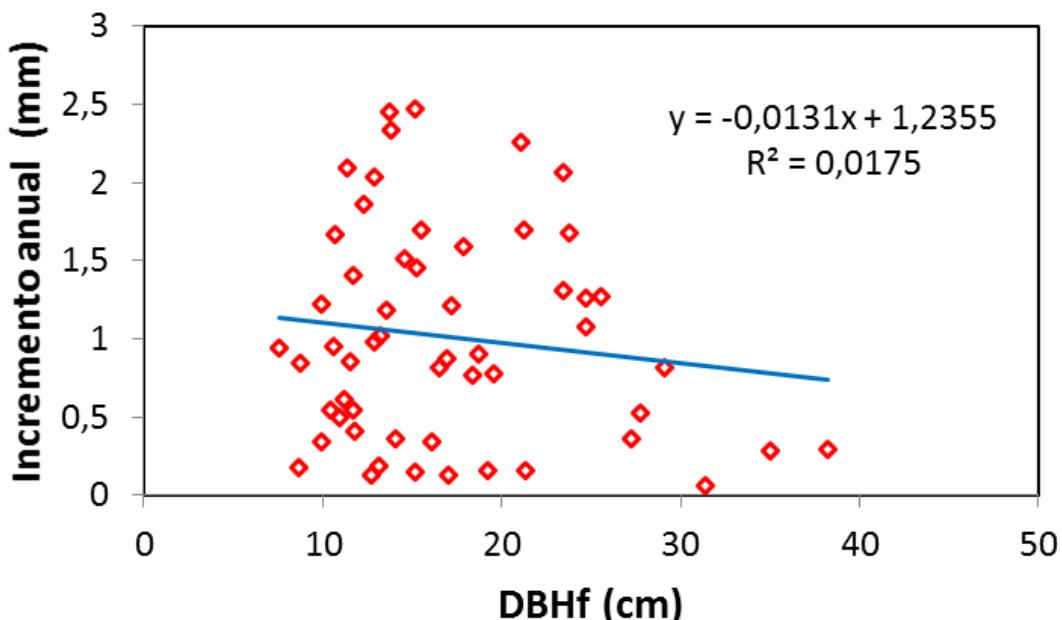
Aunque el periodo de cinco días explica bien la actividad vegetativa, sería interesante explorar períodos de otra duración y como la longitud de dichos períodos contribuye a explicar los resultados de la actividad vegetativa



Gráfica 12. Promedio de la temperatura media de los cinco días precedentes y la actividad vegetativa del quinto día. Parcela 2.

4.3 Estimación del patrón de crecimiento de *Polylepis reticulata*

A partir de los datos de todos los dendrómetros artesanales, se analizó el crecimiento de los árboles. Los valores del incremento del diámetro se representan en la gráfica 12. Siendo evidente que los árboles que presentan mayor incremento son aquellos que tienen un menor diámetro, mientras que si el diámetro del árbol es mayor, su incremento anual es menor. Aparentemente presenta una tendencia normal, con respecto a las relaciones geométricas que rigen a la estructura de los árboles, en los que el espesor del anillo de crecimiento tiende a ser cada vez menor aunque se forme la misma cantidad de madera debido al hecho de que el anillo se agrega exteriormente a un árbol que presenta cada vez mayor diámetro.



Gráfica 13. Correlación negativa entre las variables diámetro a la altura del pecho final (DBHf) e incremento anual del diámetro. El grafico fue realizado con 55 árboles. Se observa una relación decreciente entre las dos variables.

El incremento anual del diámetro de un árbol depende de su diámetro según la relación.

$$I = -0,0131 \times DAP + 1,2355$$

Dónde:

I es el incremento anual del diámetro.

DAP es el diámetro a la altura del pecho del árbol

Las tasas de incremento anual varían en función del diámetro normal de cada árbol; así los arboles con un diámetro pequeño (5cm) tienen incrementos de 1,17mm, mientras que los arboles con un diámetro grande (35cm) crecen 0,78 mm por año.

En efecto, la tasa de crecimiento de árboles con diámetros pequeños es mayor que la tasa de crecimiento de aquellos que tienen diámetros mayores.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

4.4 Determinación de la tasas de crecimiento según las clases diamétricas

Para determinar las tasas de crecimiento de los árboles según las clases diamétricas se ha agrupado los distintos árboles de cada parcelas según su diámetro como se ve en la Tabla 3.

Tabla 3. Subdivisión de los 57 árboles de muestreo según su clase diamétrica en cinco rangos (<10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, <35 cm) con su respectiva tasa de crecimiento calculada según la ecuación en el apartado 4.3.

Clases Diamétricas	DBHi (cm)	Tasas de Crecimiento anual mm ² /año
<10	9,77	1,108
<10	9,84	1,107
<10	8,69	1,122
<10	8,69	1,122
<10	7,45	1,138
10-15	12	1,078
10-15	13,5	1,059
10-15	12,73	1,069
10-15	11,08	1,090
10-15	11,14	1,090
10-15	10,44	1,099
10-15	11,46	1,085
10-15	13,4	1,060
10-15	12,73	1,069
10-15	11,78	1,081
10-15	12,7	1,069
10-15	10,5	1,098
10-15	13,08	1,064
10-15	13,04	1,065
10-15	14,51	1,045
10-15	14,83	1,041
10-15	14,36	1,047
10-15	10,85	1,093
10-15	11,59	1,084



UNIVERSIDAD DE CUENCA

10-15	14,01	1,052
10-15	11,52	1,085
10-15	10,35	1,100
10-15	13,43	1,060
15-20	19,42	0,981
15-20	15,18	1,037
15-20	16,97	1,013
15-20	15,12	1,037
15-20	19,23	0,984
15-20	16,81	1,015
15-20	17,67	1,004
15-20	15,28	1,035
15-20	18,62	0,992
15-20	17,03	1,012
15-20	16,36	1,021
15-20	18,3	0,996
15-20	16,04	1,025
20-25	24,51	0,914
20-25	24,61	0,913
20-25	23,52	0,927
20-25	20,88	0,962
20-25	21,33	0,956
20-25	23,24	0,931
20-25	23,17	0,932
20-25	20,98	0,961
25-30	25,43	0,902
25-30	28,97	0,856
25-30	27,76	0,872
25-30	27,69	0,873
25-30	27,22	0,879
>35	34,98	0,777
>35	31,35	0,825
>35	38,23	0,735

Como ya se ha mencionado anteriormente el incremento radial del tronco de cada árbol depende de su crecimiento, pero además, su valor está estrechamente ligado al diámetro del árbol. Al igual que el incremento de la

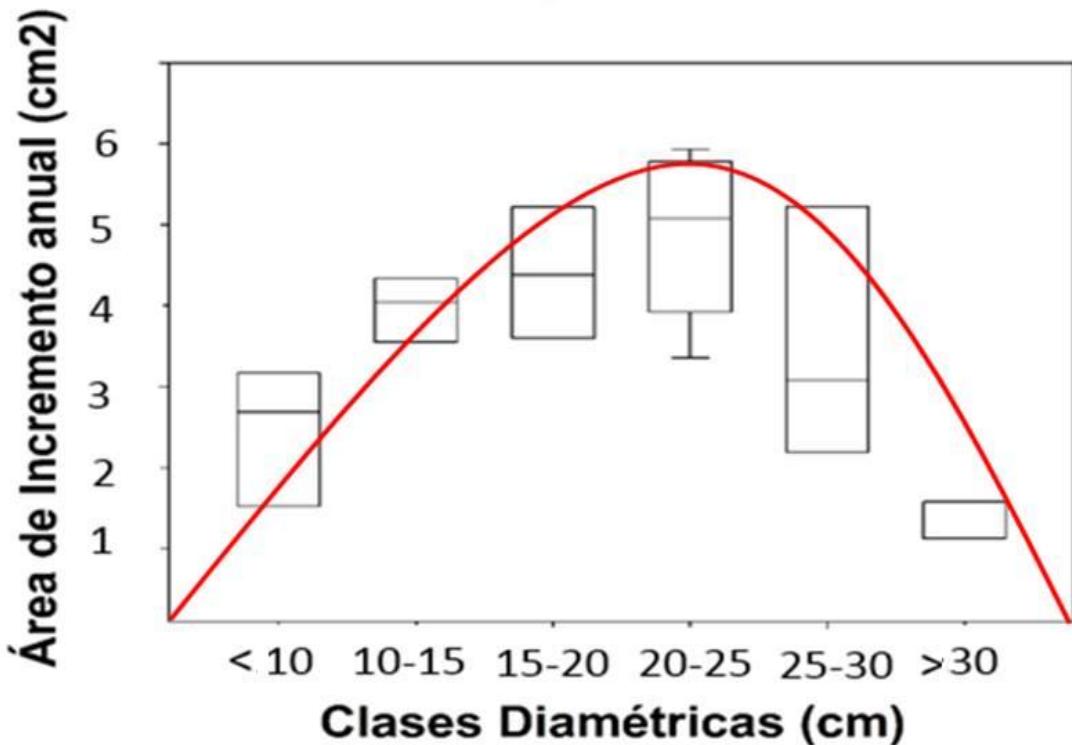


UNIVERSIDAD DE CUENCA

sección transversal del tronco, el incremento de diámetro es menor cuanto mayor es el diámetro del árbol.

4.5 Determinación de la edad de los individuos del PNC

El análisis de los datos obtenidos con los dendrómetros permite reconstruir los patrones de crecimiento de *Polylepis* en el P.N.C presentados en la tabla 3, sin embargo en la tabla 4 se resume el incremento anual de la sección transversal de los árboles de diferentes clases diamétricas. Recalcando así lo dicho anteriormente que las tasas de crecimiento aumentan con el tamaño en las primeras clases diamétricas, hasta los 20-25 cm de DBH, mientras que disminuyen de nuevo en las clases superiores. Se comprende que los árboles de las clases diamétricas inferiores, generalmente individuos suprimidos sometidos a la competencia de otros individuos de mayor envergadura, presentan tasas bajas de crecimiento con un incremento medio de la sección transversal del tronco de 2,9 cm²/año, los individuos de la clase diamétrica de 10-15 cm presentan un incremento algo mayor (4cm²/año) y este incremento aumenta hasta la clase 20-25 cm en la que alcanza valores próximos a los 5,1 cm²/año, para decrecer de nuevo en las clases superiores como consecuencia del balance entre producción y respiración que se produce en los individuos de estas clases de mayor tamaño.



Gráfica 14. Incremento anual de la sección transversal de los árboles de diferentes clases diamétricas.

La línea en la parte central de cada caja corresponde al valor de la mediana del incremento de cada clase diamétrica, los extremos de la caja indican el valor del primer y tercer cuartil, en los extremos se encuentran los valores intercuartiles.

En la gráfica se hace patente que el crecimiento anual de los árboles incrementa con el diámetro de los árboles hasta la clase de 20-25 cm. En los árboles de DBH superior a los 25 cm, la tasa de crecimiento se reduce progresivamente.

Tabla 4. Área de incremento de la sección transversal según su clase diamétrica.

Clases Diamétrica (cm)	Área de Incremento (cm ² /año)
[<10]	3,2
[10-15]	4,5
[15-20]	5,4
[20-25]	5,9
[25-30]	5,4



UNIVERSIDAD DE CUENCA

[>30]	1,5
-------	-----

A partir de los valores medios de incremento de la sección transversal se ha establecido una estimación de las edades de los individuos de cada clase diamétrica. La tabla 5 resume las edades estimadas del conjunto de árboles muestreados.

Estas estimaciones se han llevado a cabo asumiendo que en cada tramo de tamaño del tronco el incremento de la sección transversal se ha ajustado a los valores medios registrados.

Con esta aproximación la edad media estimada de los *Polylepis* del P.N.C es de 85 años, con algunos individuos de cerca de 30 cm de DBH cuya edad se estima en 295 años y algún individuo de DBH cercano a los 40 cm cuya edad se estima en 446 años. Existe una enorme longevidad y una extremadamente baja tasa de crecimiento de estos árboles que viven en condiciones severas en la línea superior de los árboles sometidos a bajas temperaturas y, como se ha puesto de manifiesto recientemente en nuestro equipo, sometidos a una elevada radiación incidente que provoca un acusado efecto de fotoinhibición que reduce considerablemente su tasa de crecimiento.

Tabla 5. Edad estimada de los árboles (años) de todos los individuos de cada parcela. El número total de árboles muestreados (227) y la edad media estimada.

Parcela	n	DBH (min-max)	Edad (min-max)	Edad media
1	88	2.29-19.42	10-172	43
2	13	5.41-28.97	31-295	125
3	20	4.08-29.04	21-295	113
4	17	13.18-39.44	73-446	214
5	31	6.58-30.28	40-312	133
6	58	4.42-16.13	34-133	66
	227		Edad Promedio	85



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONCLUSIONES



Conclusiones

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones el crecimiento de *Polylepis reticulata*, está siendo controlado fuertemente por la temperatura corroborando que valores superiores a los 6° C marcan el inicio de la actividad vegetativa en la planta. La respuesta fenológica de *Polylepis reticulata* se ve afectada con respecto a las fluctuaciones de temperatura, produciendo un efecto sobre el crecimiento, el cual se ve reducido según su estación. Se aprecia un crecimiento inicial mayor y fenología algo más temprana a finales de Septiembre y Mayo en donde tiene lugar la floración, siendo esta una estación seca, su actividad vegetativa comienza a disminuir a principios de Junio.

Las sequías pueden provocar un crecimiento negativo (contracción) y posteriormente, las precipitaciones ocasionan rehidratación de los tejidos pero con los datos obtenidos con dendrómetros no es posible conocer con exactitud si esa hidratación va acompañada de la reactivación de la actividad cambial. A partir del mes de Septiembre sí se aprecia en todos los individuos un aumento en su actividad vegetativa que provoca variaciones en la dimensión radial que corresponden a fases de hidratación motivadas por precipitación y no existe crecimiento. La combinación de datos proporcionados por dendrómetros artesanales y electrónicos es una potente herramienta que permite, por un lado, la elaboración de modelos explicativos y/ o predictivos que pueden ser utilizados para mejorar la gestión de la especie y, por otro relacionar el crecimiento y oscilaciones diarias de la dimensión del tronco con procesos ecofisiológicos.

Los rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de la planta fluctúan entre 6° C y 12°C, por lo tanto fue posible establecer un modelo para determinación y estimación de la actividad vegetativa en función de la temperatura, en el cual se constató que la planta necesita de la acumulación de días buenos, es decir, días con temperaturas optimas (entre 6 y 12 °C) para mostrar una actividad vegetativa positiva.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La correlación entre la temperatura y la actividad vegetativa es altamente confiable, ya que el valor del r para todas las ecuaciones es superior a 0,95, lo cual muestra alta dependencia entre las variables analizadas en los gráficos de correlación, lo que quiere decir que puede ser usada para estimaciones de este componente restringido su uso únicamente para *Polylepis reticulata*, debido a que la ecuación fue desarrollada bajo las características propias de la especie y de la zona.

Las variables que han sido determinadas y analizadas a lo largo de todo el periodo de muestreo, brindan información valiosa sobre la estructura de los árboles como individuos. Resulta imprescindible comprender las respuestas de *Polylepis* a los cambios de temperatura, para de esta manera conocer cuál es el comportamiento que presenta la planta. La información obtenida en el presente trabajo, podrá ser utilizada para saber cómo responderá *Polylepis* en los próximos años y en función de esto brindará la posibilidad de asegurar un buen futuro para esta especie tan vulnerable e importante en los ecosistemas alto andino.

Gracias a la presente investigación se ha podido determinar que el patrón de crecimiento de *Polylepis reticulata* no es constante y varia a lo largo del año de acuerdo con las variaciones de temperatura. Además el patrón de crecimiento depende del tamaño del árbol, así los arboles con un diámetro pequeño tienen incrementos anuales superiores al incremento de los árboles con un diámetro más grande, es decir, diámetros superiores a 35cm muestran un patrón de crecimiento de alrededor de 0,78 mm por año, creciendo a ritmos demasiado lentos. De igual manera sucede con la tasa de crecimiento que presenta variaciones según a la clase diamétrica a la que corresponde, por lo que, el incremento de diámetro es menor cuanto mayor es el diámetro del árbol.

Por otra parte la edad de los individuos del PNC está estrechamente ligada con la tasa de crecimiento de las distintas clases diamétricas, es por ello que podemos encontrar árboles con diámetros cercanos a los 40 cm, con una edad de 446 años aproximadamente y arboles con diámetros pequeños de 2,9 cm con una edad promedio de 10 años, con lo cual se puede constatar la enorme



UNIVERSIDAD DE CUENCA

longevidad y la tasa extremadamente baja de crecimiento de estos árboles que viven en condiciones severas, las condiciones climáticas propias del área de estudio, evidentemente influyen en el bajo crecimiento, ya que por las bajas temperaturas los meristemos de crecimiento permanecen inactivos.

RECOMENDACIONES



Recomendaciones

No existe demasiada información acerca de los ecosistemas alto andinos los mismos que son imprescindibles debido a sus altas funciones ecológicas. Por lo que se debería financiar más proyectos investigativos en estos ecosistemas para analizar una respuesta conjunta de todo el ecosistema en sí, frente a los cambios de temperatura.

También se recomienda analizar los patrones de crecimiento de *Polylepis reticulata* en periodos de tiempo prolongados, para así conocer con mayor profundidad los patrones de crecimiento de esta especie, ya que con solo 15 meses de muestreo no basta, es necesario más e incluso incluir variables que pueden estar relacionadas con este proceso, por ejemplo la disponibilidad de recursos.

Otra recomendación importante consiste en resaltar la importancia de proporcionar continuidad al esfuerzo realizado por parte del proyecto *Polylepis* y de la línea de trabajo iniciada con este proyecto.

Finalmente se recomienda que el presente estudio no se quede simplemente en papeles es necesario que los entes de protección al medio ambiente hagan uso de este estudio para futuros investigaciones y comparaciones. El clima está cambiando y con esto la respuesta de las distintas especies a estos cambios. Hoy se ha definido un patrón de crecimiento y una respuesta de la temperatura con respecto a la actividad vegetativa mañana esto puede cambiar.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

BIBLIOGRAFÍA



Bibliografía

- Argollo, M. S. (2004). Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes centrales de Bolivia. *Ecología de Bolivia*, 5-24.
- Baquero, F. (2004). La vegetación de los Andes del Ecuador. *Ecociencia*, 7-96.
- Bitter, G. (1911). Revision del gattung *Polylepis*. *Botanische Jahrbücher Für Systematik.*, 564-656.
- Botkin, D. B. (2009). Forest dynamics: an ecological model. *Journal of Tropical Ecology*, 10-482.
- Buytaert, W. (2004). *The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology*. Ph.D. thesis. Katholieke Universiteit Leuven.
- Buytaert, W. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *ELSEVIER*, 53-72.
- Camacho, F., & Cuesta, T. (2008). Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies de los Andes tropicales. *Ecociencia*, 15-39.
- Cavieres, L. A.-M. (2002). Nurse effect of *Bolax gummifera* cushion plants in the alpine vegetation of the Chilean Patagonian Andes. *Journal of Vegetation Science* 13, 547-554.
- Cázares, & Martínez. (2010). Fenología reproductiva de *Polylepis*. *Scielo*, 298-310.
- Chacón. (15 de 01 de 2016). *Ministerio del Ambiente* . Obtenido de Parque Nacional Cajas: <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cajas/>
- Clapperton, C. M., & Vera, R. (1986). The quaternary glacial sequence in Ecuador. *Journal of Quaternary Science*, 45-56.
- Cuesta, P. V. (Diciembre de 2009). *Los bosques montanos*. Recuperado el Miércoles de Octubre de 2015, de Los bosques montanos: <http://asocam.org/biblioteca/files/original/98c47c9098df663e89f1225188f2900e.pdf>
- Culley, T. (2002). The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 361-369.
- Duchicela Garrido, S. A. (2011). *Estudio sobre crecimiento radial, intercambio y descomposición foliar de tres especies de*. QUITO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- ETAPA.EP. (s.f.). *EP. ETAPA*. Recuperado el 11 de 12 de 2015, de EP. ETAPA.: <http://www.etapa.net.ec/>
- Fernández, M. M. (2001). Estructura y composición florística de un fragmento boscoso de *Polylepis besseri* hieron subsp. *besseri* en Sacha Loma (Cochabamba). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 15-27.



- Fjeldså, J. (2002). Polylepis Forest- vestiges of a vanishing ecosystem in the Andes. *Ecotropica*, 111-123.
- Fjeldså, J., & Kessler, M. (1996). Conserving The Biological Diversity Of Polylepis Woodlands of the Highland of Perú and Bolivia. En NORDECO, *A Contribution to Sustainable Natural Resource Management in the Andes*. (pág. 250). Cusco: DERMARK.
- Fjeldså, J., Kessler, M., Engblom, G., & Driesch, P. (1996). *Concervinting the biological diversity of polylepis woodlands of the highland of Perú and Bolivia*. Perú: Noderco.
- Fournier, F. (1978). *Balance hídrico, Ecosistemas de los bosques tropicales*. UNESCO/PNUMA/FAO.
- Freile, & Santaner. (5 de 12 de 2016). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador*. Obtenido de El Programa IBA en Ecuador: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/el-programa-iba-en-ecuador>
- Froncau, P. d. (2008). Cambio Climatico. En P. d. agrarios, *Panorama y Perspectiva sobre la Gestión Ambiental de los Ecosistemas de Páramo* (págs. 15-23). Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.
- Gareca, E., Hermy, M., Fjeldså, J., & Honnay, O. (2010). Polylepis woodland remnants as biodiversity islands in the Bolivian high Andes. *Springer*, 3327-3346.
- Garwood, N. C. (1983). Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs*, 159-181.
- Hedberg. (1964). *Tropical Alpine Environments*. Australia: Universidad de Cambridge.
- Hedberg, I., & Hedberg, O. (1979). Tropical-Alpine Life- Forms of Vascular Plants. *Oikos*, 297-307.
- Hensen, I. (1995). Die Vegetation von PolylepisWäldern der Ostkordillere Boliviens. *Phytocoenologia* , 235-277.
- Hernández, L., & Castellanos, H. (2006). Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema, Guayana Venezolana: Primeras evaluaciones. *Interciencia*, 779-786.
- Hofstede, P. M. (2006). *Los páramos ecuatorianos*. La Paz: 91-109.
- Hubbell, S. P., Foster, R. B., Brien, S. T., Harms, K. E., Condit, R., Wechsler, S. J., & Wright, S. (1999). Light-Gap Disturbances, Recruitment Limitation, and Tree Diversity in a Neotropical Forest. *Science*, 554-557.
- IERSE. (2004). *Estaciones meteorológicas de la cuenca del río Paute*. Cuenca: Universidad del Azuay..
- IUCN. (2011). *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications office of the European Union.
- Jiménez Tapia, A. K., & Rodríguez Rueda, R. Q. (2013). "INCIDENCIAS DE LA DECLARACIÓN DEL MACIZO DEL CAJAS COMO. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- K., S. S.-Y. (2009). *Distribución espacial,sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador*. Quito: Ediecuatorial.



- Kessler, M. (1995). *Polylepis Walder Boliviens: Taxa Okologie, Verbreitung and Geschichte*. Berlín: Stuttgart.
- Kessler, M. (2002). The Polylepis problem: “: Where do we stand? *Ecotropica*, 97-110.
- Kessler, M., & Schmidt-Lebuhn, A. N. (2006). Taxonomical and distributional notes on Polylepis(Rosaceae). *Organisms Diversity and Evolution*, 67-69.
- Körner, C. (2003). Alpine Plant Life: Elevational patterns of Polylepis tree height (Rosaceae) in the high Andes of Peru: role of human impact and climatic conditions. En *Plant Ecology of High Mountain Ecosystems* (pág. 568). Berlin: Functional.
- Lacey, E., & Rathcke, B. (1985). Phenological Patterns of Terrestrial Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 179-214.
- Larcher, W. (1995). Gas exchange in plants: Physiological plants ecology. Springer, 74-128.
- Leinonen, I. (1996). A simulation model for the annual frost hardiness and freeze damage of scots pine. *Annals of Botany*, 687-693.
- Liberman, C. M. (1985). Microclima y distribución de Polylepis tarapacana en el Parque Nacional del Nevado Sajama. *Doc. Phytosociol.*, 235-272.
- Lieth, H. (1974). *Phenology and seasonality modeling / edited by Helmut Lieth*. Berlin: Springer-Verlag.
- Lojan, L. (1992). *El verdor de los Andes*. Quito: Proyecto de Desarrollo Participativo de los Andes.
- Luteyn, J. L. (1992). Páramos: why study them? In: Balslev, Páramo: an Andean ecosystem under human influence . Academic Press London, 1-14.
- MAE., E. y. (2007). *Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas de L Ecuador*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2015, de Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas de L Ecuador: <http://www.cuyabenolodge.com/national-parks/parque-nacional-cajas/parque-nacional-cajas.pdf>
- Manokaran, N., & Swain , M. (1994). Population dynamics of trees in dipterocarp forests on Peninsular Malaysia. *Malayan Forest Record*.
- MDMQ., F. A. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito*. Recuperado el Miercoles de Octubre de 2015, de Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito.
- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del Género Polylepis en los Andes Peruanos. *ScieloPerú*, 100-125.
- Mora, Ramírez, & Torres. (2009). *IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS PRODUCTORES Y EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO HUMANO DE LOS PRINCIPALES CENTROS POBLADOS DEL CANTÓN YACUAMBI, EN EL PERÍODO 2012-2022*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Nonhebel, M., Mera, V., León Yáñez, S., Hofstede, R. G., Mena Vásquez , P., Wolf, J. D., & Medina, G. (2001). El estado de salud de algunos páramos



- en el Ecuador. En P. Mena, & R. Hofstede, *Los Páramos del Ecuador* (págs. 219-240). Quito: Abya-Yala.
- Osha, J. (2000). *Current stand structure of Polylepis reticulata in the Sacha Huayco forest of Ecuador and implications for regeneration*. A Message from the TRI News Editors.
- Pinos, J. (2015). *Biomasa foliar, desfronde y descomposición de la hojarasca en los rodales de Polylepis reticulata del Parque Nacional Cajas*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Purcell, J., & Brelsford, A. (2004). REASSESSING THE CAUSES OF DECLINE OF POLYLEPIS, A TROPICAL SUBALPINE FOREST. *ECOTROPICA*, 155-158.
- Rada, F., García Núñez, D., Borrero, C., Gallardo, M., Hilal, M., Gonzales, J., . . . Azócar, A. (2001). Low-temperature resistance in Polylepis tarapacana at the highest altitudes in the world. *Plant, Cell Environment*, 377-381.
- Romoleroux, K. (1996). Rosaceae. . En G. University, *Flora of Ecuador* (págs. 71-89). Harling G. & L. Anderson .
- Running, S. W., & Gower, S. T. (1991). Tree Physiology 9, 147-160 0 1991 Heron Pu A general model of forest ecosystem processes for regional applications. II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets. *Tree Physiology*, 147-160.
- Russell, S. K. (1998). . Reproductive biology of curlleaf mountain mahogany, Cercocarpus ledifolius (Rosaceae): self-compatibility, pollen limitation, and wind pollination. . *Plant Species Biology*, 7-12.
- Servat, G. P., Mendoza, W., & Ochoa, J. A. (2002). *Flora y Fauna de cuatro bosque de Polylepis en la cordillera del Vilcanota*. Cusco: Departamento Académico de Biología.
- Simpson, B. (1979). A revisión of the genus Polylepis (Rosaceae: Sanguisorbae). *Smithsonian Contributions to Botany*, 1-61.
- Simpson, B. (1986). Speciation and specialization of Polylepis in the Andes. En O. U. Press, *High Tropical Biogeography*, (págs. 304-315). Oxford: 671.
- Sklenář, P. (2005). Superpáramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador . *Elsevier*, 416-433.
- Sotomayor, A., W, E., & Garcia, E. (23 de Septiembre de 2015). *Manejo y Mantención de plantaciones forestales*. Obtenido de FUNDESYRAM: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:OauzOVjEsPgJ:www.agroforesteria.cl/agroforesteria/publicaciones/doc_download/27-manejo-y-mantencion-de-plantacio
- Squeo, Cepeda, Olivares, & Arroyo. (2006). *INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN LA ALTA MONTAÑA DEL VALLE ELQUI*. Chile: Universidad de La Serena.
- Stinson, K. A. (2004). Natural selection favors rapid reproductive phenology in Potentilla pulcherrima (Rosaceae) at opposite ends of subalpine snowmelt gradient. *American Journal of Botany*, 531-539.



- Van Schaik, C. P. (1993). The phenology of tropical forests: Significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 353-377.
- Voulle, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., & Bradley, R. S. (2008). Climate chage and Tropical Andean glaciers. *Earth Science*, 79-96.
- Yepes, A., & Mayorga. (10 de 10 de 2011). Climate change: management strategies racing against time. San Paulo, Brazil: Universidad de los Llanos.
- Zutta, B. R. (2012). Prediciendo la distribución de Polylepis: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista Peruana de Biología*, 205-212.



ANEXOS



ANEXOS

**ANEXO 1. Actividad Vegetativa e Actividad Vegetativa Acumulada datos diarios
Parcela 1**

Fecha	Incremento medio diario (mm)	Temperatura media diaria (°C)	Actividad Vegetativa acumulada	Actividad Vegetativa
17/06/2014	30,965	5,021	0,000	-0,054
18/06/2014	30,966	3,479	-0,054	-0,122
19/06/2014	30,962	3,826	-0,176	-0,062
20/06/2014	30,959	5,558	-0,238	0,055
21/06/2014	30,958	5,569	-0,183	0,037
22/06/2014	30,958	6,244	-0,146	0,062
23/06/2014	30,957	4,800	-0,084	-0,039
24/06/2014	30,957	4,969	-0,123	-0,016
25/06/2014	30,958	4,763	-0,139	-0,022
26/06/2014	30,960	5,492	-0,161	0,026
27/06/2014	30,957	5,253	-0,136	0,004
28/06/2014	30,953	5,514	-0,132	0,017
29/06/2014	30,948	6,621	-0,115	0,073
30/06/2014	30,944	7,083	-0,042	0,074
01/07/2014	30,945	6,685	0,032	0,027
02/07/2014	30,941	6,378	0,059	0,001
03/07/2014	30,912	7,043	0,061	0,038
04/07/2014	30,859	6,864	0,098	0,015
05/07/2014	30,836	5,194	0,114	-0,083
06/07/2014	30,834	5,158	0,031	-0,057
07/07/2014	30,837	4,630	-0,026	-0,067
08/07/2014	30,838	3,731	-0,094	-0,095
09/07/2014	30,837	5,305	-0,188	0,024
10/07/2014	30,806	6,345	-0,164	0,074
11/07/2014	30,775	6,397	-0,090	0,052
12/07/2014	30,743	5,387	-0,038	-0,021
13/07/2014	30,691	4,517	-0,059	-0,063
14/07/2014	30,680	3,726	-0,122	-0,086
15/07/2014	30,683	4,633	-0,208	-0,007
16/07/2014	30,673	5,465	-0,214	0,042

UNIVERSIDAD DE CUENCA



17/07/2014	30,679	4,530	-0,173	-0,024
18/07/2014	30,674	4,904	-0,197	0,005
19/07/2014	30,679	4,901	-0,192	0,003
20/07/2014	30,682	4,599	-0,189	-0,015
21/07/2014	30,682	5,138	-0,204	0,020
22/07/2014	30,640	5,106	-0,184	0,012
23/07/2014	30,593	5,942	-0,172	0,054
24/07/2014	30,591	6,222	-0,118	0,052
25/07/2014	30,609	4,745	-0,066	-0,048
26/07/2014	30,598	5,020	-0,114	-0,016
27/07/2014	30,606	5,166	-0,130	-0,003
28/07/2014	30,613	4,261	-0,133	-0,052
29/07/2014	30,610	4,779	-0,186	-0,006
30/07/2014	30,606	4,552	-0,192	-0,017
31/07/2014	30,600	4,883	-0,208	0,007
01/08/2014	30,600	4,138	-0,201	-0,037
02/08/2014	30,597	3,411	-0,237	-0,065
03/08/2014	30,587	4,933	-0,302	0,041
04/08/2014	30,586	4,941	-0,261	0,028
05/08/2014	30,609	4,490	-0,233	-0,006
06/08/2014	30,628	4,039	-0,239	-0,029
07/08/2014	30,623	4,551	-0,268	0,009
08/08/2014	30,609	5,147	-0,259	0,039
09/08/2014	30,614	4,307	-0,220	-0,021
10/08/2014	30,612	4,427	-0,241	-0,007
11/08/2014	30,615	5,533	-0,248	0,057
12/08/2014	30,622	4,468	-0,191	-0,021
13/08/2014	30,646	3,550	-0,213	-0,065
14/08/2014	30,642	3,014	-0,278	-0,073
15/08/2014	30,633	4,501	-0,351	0,034
16/08/2014	30,647	2,921	-0,317	-0,065
17/08/2014	30,644	2,803	-0,383	-0,050
18/08/2014	30,649	2,350	-0,433	-0,059
19/08/2014	30,647	2,164	-0,491	-0,049
20/08/2014	30,638	2,504	-0,541	-0,014
21/08/2014	30,621	4,094	-0,555	0,079
22/08/2014	30,616	4,529	-0,476	0,077
23/08/2014	30,612	4,705	-0,399	0,061
24/08/2014	30,614	5,156	-0,338	0,066
25/08/2014	30,622	5,290	-0,272	0,051

UNIVERSIDAD DE CUENCA



26/08/2014	30,631	5,372	-0,221	0,039
27/08/2014	30,624	4,934	-0,182	0,001
28/08/2014	30,622	5,883	-0,181	0,054
29/08/2014	30,628	5,440	-0,127	0,011
30/08/2014	30,645	3,899	-0,116	-0,078
31/08/2014	30,627	5,650	-0,194	0,045
01/09/2014	30,621	5,024	-0,149	-0,005
02/09/2014	30,623	5,649	-0,153	0,032
03/09/2014	30,634	5,849	-0,122	0,032
04/09/2014	30,628	5,679	-0,090	0,012
05/09/2014	30,618	5,950	-0,077	0,023
06/09/2014	30,618	4,427	-0,054	-0,069
07/09/2014	30,613	4,326	-0,124	-0,052
08/09/2014	30,614	4,086	-0,175	-0,048
09/09/2014	30,612	4,687	-0,223	0,002
10/09/2014	30,606	6,151	-0,222	0,082
11/09/2014	30,626	5,636	-0,139	0,026
12/09/2014	30,647	4,959	-0,113	-0,020
13/09/2014	30,647	4,972	-0,133	-0,013
14/09/2014	30,650	5,670	-0,146	0,030
15/09/2014	30,659	4,500	-0,116	-0,045
16/09/2014	30,655	5,292	-0,160	0,014
17/09/2014	30,639	6,367	-0,146	0,069
18/09/2014	30,629	5,853	-0,077	0,018
19/09/2014	30,630	6,021	-0,060	0,021
20/09/2014	30,642	6,448	-0,039	0,038
21/09/2014	30,654	5,620	-0,001	-0,021
22/09/2014	30,659	4,815	-0,022	-0,059
23/09/2014	30,660	6,267	-0,080	0,042
24/09/2014	30,660	6,051	-0,039	0,016
25/09/2014	30,641	6,538	-0,023	0,038
26/09/2014	30,639	5,763	0,015	-0,018
27/09/2014	30,655	5,831	-0,003	-0,008
28/09/2014	30,652	5,729	-0,012	-0,011
29/09/2014	30,651	5,657	-0,023	-0,011
30/09/2014	30,642	6,109	-0,034	0,018
01/10/2014	30,662	4,392	-0,017	-0,084
02/10/2014	30,662	3,501	-0,101	-0,105
03/10/2014	30,660	4,429	-0,206	-0,019
04/10/2014	30,664	4,964	-0,225	0,017

UNIVERSIDAD DE CUENCA



05/10/2014	30,655	5,815	-0,207	0,059
06/10/2014	30,659	5,267	-0,148	0,009
07/10/2014	30,673	5,398	-0,140	0,013
08/10/2014	30,678	5,770	-0,127	0,029
09/10/2014	30,682	5,804	-0,097	0,022
10/10/2014	30,686	5,639	-0,076	0,005
11/10/2014	30,690	5,335	-0,070	-0,013
12/10/2014	30,695	4,917	-0,084	-0,032
13/10/2014	30,697	4,170	-0,116	-0,063
14/10/2014	30,706	4,139	-0,179	-0,044
15/10/2014	30,713	4,104	-0,223	-0,031
16/10/2014	30,717	4,269	-0,254	-0,012
17/10/2014	30,718	4,965	-0,265	0,031
18/10/2014	30,717	5,730	-0,234	0,063
19/10/2014	30,710	6,475	-0,171	0,083
20/10/2014	30,695	6,356	-0,088	0,049
21/10/2014	30,697	5,832	-0,039	0,004
22/10/2014	30,699	6,797	-0,035	0,056
23/10/2014	30,702	5,682	0,021	-0,025
24/10/2014	30,693	6,570	-0,004	0,033
25/10/2014	30,707	5,267	0,029	-0,050
26/10/2014	30,705	6,599	-0,021	0,040
27/10/2014	30,701	5,599	0,019	-0,029
28/10/2014	30,705	6,592	-0,010	0,036
29/10/2014	30,698	6,177	0,027	0,001
30/10/2014	30,693	6,115	0,028	-0,003
31/10/2014	30,688	4,538	0,025	-0,089
01/11/2014	30,687	6,000	-0,065	0,022
02/11/2014	30,702	7,623	-0,043	0,105
03/11/2014	30,696	8,104	0,061	0,096
04/11/2014	30,697	6,310	0,158	-0,035
05/11/2014	30,714	7,340	0,122	0,034
06/11/2014	30,714	7,636	0,156	0,039
07/11/2014	30,713	7,253	0,195	0,005
08/11/2014	30,709	6,022	0,200	-0,065
09/11/2014	30,716	6,448	0,134	-0,020
10/11/2014	30,723	6,049	0,114	-0,035
11/11/2014	30,737	5,729	0,079	-0,041
12/11/2014	30,757	5,513	0,038	-0,040
13/11/2014	30,754	5,508	-0,002	-0,027

UNIVERSIDAD DE CUENCA



14/11/2014	30,727	5,559	-0,029	-0,015
15/11/2014	30,718	5,204	-0,044	-0,030
16/11/2014	30,719	5,161	-0,073	-0,022
17/11/2014	30,721	7,335	-0,095	0,106
18/11/2014	30,734	5,371	0,011	-0,038
19/11/2014	30,746	4,524	-0,028	-0,073
20/11/2014	30,738	4,951	-0,101	-0,025
21/11/2014	30,740	4,040	-0,125	-0,067
22/11/2014	30,754	5,995	-0,192	0,064
23/11/2014	30,759	7,182	-0,129	0,109
24/11/2014	30,760	6,792	-0,020	0,051
25/11/2014	30,787	6,869	0,031	0,038
26/11/2014	30,803	5,866	0,069	-0,030
27/11/2014	30,804	7,867	0,038	0,091
28/11/2014	30,803	8,063	0,129	0,072
29/11/2014	30,805	7,412	0,201	0,012
30/11/2014	30,804	6,802	0,212	-0,026
01/12/2014	30,805	7,102	0,186	-0,001
02/12/2014	30,806	6,633	0,185	-0,027
03/12/2014	30,805	6,734	0,159	-0,012
04/12/2014	30,806	5,757	0,147	-0,062
05/12/2014	30,817	5,843	0,084	-0,037
06/12/2014	30,826	6,568	0,047	0,016
07/12/2014	30,827	5,302	0,063	-0,060
08/12/2014	30,828	6,399	0,003	0,021
09/12/2014	30,832	6,928	0,024	0,043
10/12/2014	30,829	4,878	0,068	-0,085
11/12/2014	30,829	5,992	-0,017	0,005
12/12/2014	30,828	3,886	-0,012	-0,113
13/12/2014	30,829	4,647	-0,125	-0,033
14/12/2014	30,822	5,179	-0,159	0,007
15/12/2014	30,816	4,599	-0,151	-0,027
16/12/2014	30,815	5,533	-0,179	0,034
17/12/2014	30,818	5,294	-0,145	0,009
18/12/2014	30,834	7,296	-0,136	0,117
19/12/2014	30,833	7,542	-0,019	0,092
20/12/2014	30,835	6,169	0,073	-0,015
21/12/2014	30,842	6,437	0,058	0,005
22/12/2014	30,892	6,233	0,063	-0,008
23/12/2014	30,889	5,956	0,055	-0,021

UNIVERSIDAD DE CUENCA



24/12/2014	30,885	7,220	0,034	0,056
25/12/2014	30,905	6,605	0,091	0,003
26/12/2014	30,941	7,019	0,094	0,025
27/12/2014	30,959	6,095	0,119	-0,034
28/12/2014	30,982	6,494	0,085	-0,001
29/12/2014	31,010	6,308	0,084	-0,011
30/12/2014	31,029	6,598	0,073	0,009
31/12/2014	31,029	6,689	0,082	0,011
01/01/2015	31,038	6,845	0,093	0,016
02/01/2015	31,039	6,639	0,109	-0,001
03/01/2015	31,033	7,131	0,108	0,027
04/01/2015	31,036	5,835	0,135	-0,054
05/01/2015	31,037	6,112	0,081	-0,021
06/01/2015	31,032	6,803	0,060	0,025
07/01/2015	31,029	6,560	0,085	0,003
08/01/2015	31,026	7,163	0,088	0,035
09/01/2015	31,043	5,498	0,123	-0,069
10/01/2015	31,123	5,608	0,054	-0,040
11/01/2015	31,163	6,003	0,014	-0,005
12/01/2015	31,159	7,004	0,010	0,053
13/01/2015	31,157	6,773	0,062	0,022
14/01/2015	31,152	7,291	0,084	0,044
15/01/2015	31,150	6,601	0,128	-0,009
16/01/2015	31,144	7,596	0,119	0,049
17/01/2015	31,151	5,589	0,168	-0,079
18/01/2015	31,191	4,927	0,089	-0,089
19/01/2015	31,201	6,244	0,000	0,014
20/01/2015	31,268	6,000	0,013	-0,004
21/01/2015	31,268	5,731	0,009	-0,018
22/01/2015	31,271	5,923	-0,009	-0,001
23/01/2015	31,275	5,399	-0,010	-0,030
24/01/2015	31,281	5,322	-0,040	-0,024
25/01/2015	31,286	6,028	-0,064	0,023
26/01/2015	31,290	6,723	-0,041	0,054
27/01/2015	31,298	5,834	0,013	-0,013
28/01/2015	31,308	6,167	-0,001	0,010
29/01/2015	31,311	5,984	0,009	-0,004
30/01/2015	31,313	6,023	0,005	0,000
31/01/2015	31,337	5,685	0,005	-0,019
01/02/2015	31,359	5,402	-0,014	-0,028

UNIVERSIDAD DE CUENCA



02/02/2015	31,363	5,866	-0,043	0,007
03/02/2015	31,376	5,665	-0,036	-0,007
04/02/2015	31,376	6,880	-0,043	0,063
05/02/2015	31,365	7,056	0,020	0,052
06/02/2015	31,357	7,156	0,072	0,040
07/02/2015	31,386	6,904	0,112	0,013
08/02/2015	31,458	5,830	0,125	-0,051
09/02/2015	31,487	5,947	0,074	-0,028
10/02/2015	31,500	5,794	0,046	-0,027
11/02/2015	31,484	7,576	0,020	0,081
12/02/2015	31,477	7,451	0,101	0,047
13/02/2015	31,491	7,262	0,148	0,021
14/02/2015	31,534	7,662	0,169	0,036
15/02/2015	31,539	6,085	0,205	-0,064
16/02/2015	31,550	6,957	0,141	0,006
17/02/2015	31,546	6,950	0,147	0,004
18/02/2015	31,541	7,295	0,151	0,022
19/02/2015	31,555	6,588	0,173	-0,025
20/02/2015	31,543	7,254	0,148	0,020
21/02/2015	31,538	6,248	0,168	-0,042
22/02/2015	31,540	6,907	0,126	0,008
23/02/2015	31,541	8,403	0,134	0,089
24/02/2015	31,545	7,842	0,223	0,028
25/02/2015	31,620	6,736	0,251	-0,043
26/02/2015	31,627	7,663	0,208	0,023
27/02/2015	31,629	7,780	0,231	0,022
28/02/2015	31,630	6,724	0,253	-0,044
01/03/2015	31,630	6,703	0,209	-0,031
02/03/2015	31,643	6,832	0,178	-0,013
03/03/2015	31,696	6,276	0,165	-0,040
04/03/2015	31,750	7,512	0,125	0,042
05/03/2015	31,739	8,025	0,168	0,057
06/03/2015	31,727	7,416	0,224	0,004
07/03/2015	31,796	6,192	0,228	-0,065
08/03/2015	31,856	6,773	0,163	-0,011
09/03/2015	31,852	6,829	0,151	-0,004
10/03/2015	31,873	6,626	0,147	-0,014
11/03/2015	31,889	6,757	0,133	-0,002
12/03/2015	31,888	7,087	0,131	0,017
13/03/2015	31,888	7,530	0,147	0,036

UNIVERSIDAD DE CUENCA



14/03/2015	31,888	7,500	0,183	0,022
15/03/2015	31,907	6,564	0,206	-0,037
16/03/2015	31,940	6,970	0,168	-0,002
17/03/2015	31,945	6,925	0,166	-0,004
18/03/2015	31,956	6,177	0,162	-0,044
19/03/2015	31,981	6,597	0,118	-0,006
20/03/2015	32,023	5,041	0,112	-0,091
21/03/2015	32,053	5,566	0,021	-0,031
22/03/2015	32,051	5,710	-0,010	-0,013
23/03/2015	32,074	5,230	-0,023	-0,035
24/03/2015	32,087	6,547	-0,058	0,050
25/03/2015	32,101	6,403	-0,008	0,025
26/03/2015	32,125	6,275	0,017	0,010
27/03/2015	32,155	6,964	0,027	0,045
28/03/2015	32,161	7,237	0,071	0,045
29/03/2015	32,193	5,205	0,116	-0,083
30/03/2015	32,203	7,108	0,033	0,050
31/03/2015	32,220	5,735	0,084	-0,043
01/04/2015	32,230	5,924	0,041	-0,018
02/04/2015	32,235	5,595	0,023	-0,030
03/04/2015	32,235	6,041	-0,007	0,005
04/04/2015	32,234	6,763	-0,002	0,043
05/04/2015	32,232	6,217	0,041	-0,002
06/04/2015	32,240	6,858	0,039	0,035
07/04/2015	32,244	5,770	0,074	-0,037
08/04/2015	32,244	6,449	0,036	0,013
09/04/2015	32,243	7,106	0,049	0,045
10/04/2015	32,246	7,321	0,094	0,042
11/04/2015	32,261	6,034	0,136	-0,043
12/04/2015	32,280	5,995	0,093	-0,031
13/04/2015	32,346	6,648	0,062	0,016
14/04/2015	32,357	4,926	0,077	-0,085
15/04/2015	32,373	6,310	-0,008	0,020
16/04/2015	32,396	6,733	0,012	0,037
17/04/2015	32,426	5,875	0,049	-0,023
18/04/2015	32,451	5,244	0,025	-0,050
19/04/2015	32,470	6,053	-0,025	0,011
20/04/2015	32,478	6,999	-0,014	0,060
21/04/2015	32,476	6,489	0,046	0,012
22/04/2015	32,495	5,547	0,058	-0,045

UNIVERSIDAD DE CUENCA



23/04/2015	32,572	5,531	0,013	-0,031
24/04/2015	32,615	5,203	-0,017	-0,039
25/04/2015	32,662	5,419	-0,056	-0,014
26/04/2015	32,702	5,382	-0,069	-0,011
27/04/2015	32,741	6,505	-0,081	0,055
28/04/2015	32,769	6,031	-0,026	0,010
29/04/2015	32,770	6,030	-0,015	0,007
30/04/2015	32,781	6,541	-0,009	0,033
01/05/2015	32,762	6,791	0,024	0,036
02/05/2015	32,734	7,888	0,060	0,085
03/05/2015	32,791	6,815	0,145	-0,003
04/05/2015	32,799	6,575	0,142	-0,015
05/05/2015	32,814	6,287	0,127	-0,026
06/05/2015	32,818	5,494	0,100	-0,062
07/05/2015	32,804	6,636	0,039	0,022
08/05/2015	32,797	6,757	0,061	0,022
09/05/2015	32,797	7,296	0,083	0,044
10/05/2015	32,800	6,968	0,127	0,011
11/05/2015	32,841	5,853	0,139	-0,054
12/05/2015	32,880	5,687	0,084	-0,046
13/05/2015	32,901	6,434	0,039	0,011
14/05/2015	32,911	6,257	0,050	-0,002
15/05/2015	32,941	5,880	0,048	-0,023
16/05/2015	32,940	7,297	0,025	0,064
17/05/2015	32,968	6,635	0,089	0,006
18/05/2015	32,972	6,406	0,094	-0,009
19/05/2015	32,968	6,941	0,086	0,024
20/05/2015	32,965	6,646	0,109	-0,001
21/05/2015	32,971	5,564	0,109	-0,060
22/05/2015	32,969	6,267	0,048	-0,001
23/05/2015	32,974	7,076	0,047	0,044
24/05/2015	32,975	7,379	0,091	0,046
25/05/2015	32,976	6,686	0,137	-0,008
26/05/2015	33,020	6,772	0,130	0,000
27/05/2015	33,047	6,137	0,129	-0,035
28/05/2015	33,051	6,045	0,094	-0,029
29/05/2015	33,103	6,633	0,065	0,013
30/05/2015	33,106	7,342	0,079	0,048
31/05/2015	33,112	6,031	0,127	-0,041
01/06/2015	33,114	5,995	0,086	-0,029

UNIVERSIDAD DE CUENCA



02/06/2015	33,115	5,702	0,057	-0,036
03/06/2015	33,221	4,899	0,022	-0,068
04/06/2015	33,324	5,154	-0,047	-0,031
05/06/2015	33,339	3,871	-0,078	-0,092
06/06/2015	33,333	4,664	-0,170	-0,017
07/06/2015	33,335	4,614	-0,188	-0,014
08/06/2015	33,341	4,973	-0,202	0,010
09/06/2015	33,341	6,430	-0,192	0,088
10/06/2015	33,342	6,454	-0,104	0,060
11/06/2015	33,336	6,231	-0,044	0,028
12/06/2015	33,346	5,856	-0,017	-0,002
13/06/2015	33,369	5,950	-0,019	0,004
14/06/2015	33,358	8,045	-0,016	0,119
15/06/2015	33,349	7,457	0,103	0,047
16/06/2015	33,346	6,573	0,150	-0,018
17/06/2015	33,382	5,903	0,132	-0,049
18/06/2015	33,383	6,454	0,082	-0,002
19/06/2015	33,419	4,136	0,080	-0,130
20/06/2015	33,543	3,636	-0,050	-0,115
21/06/2015	33,594	2,758	-0,165	-0,125
22/06/2015	33,614	4,632	-0,290	0,021
23/06/2015	33,608	3,118	-0,269	-0,070
24/06/2015	33,674	4,160	-0,340	0,011
25/06/2015	33,769	4,521	-0,329	0,027
26/06/2015	33,804	4,019	-0,301	-0,010
27/06/2015	33,804	3,716	-0,311	-0,023
28/06/2015	33,803	4,099	-0,334	0,006
29/06/2015	33,801	4,975	-0,328	0,053
30/06/2015	33,789	6,234	-0,276	0,105
01/07/2015	33,774	7,020	-0,171	0,114
02/07/2015	33,764	8,114	-0,057	0,137
03/07/2015	33,753	7,559	0,079	0,060
04/07/2015	33,774	6,442	0,139	-0,022
05/07/2015	33,813	5,924	0,118	-0,043
06/07/2015	33,837	6,854	0,074	0,023
07/07/2015	33,842	7,348	0,097	0,043
08/07/2015	33,846	5,998	0,139	-0,047
09/07/2015	33,852	6,206	0,093	-0,020
10/07/2015	33,863	5,587	0,073	-0,047
11/07/2015	33,871	5,261	0,026	-0,050

UNIVERSIDAD DE CUENCA



12/07/2015	33,915	4,990	-0,024	-0,048
13/07/2015	33,931	6,087	-0,072	0,029
14/07/2015	33,897	6,314	-0,043	0,032
15/07/2015	33,884	5,820	-0,011	-0,006
16/07/2015	33,952	4,687	-0,018	-0,067
17/07/2015	33,950	4,487	-0,085	-0,056
18/07/2015	33,980	4,056	-0,140	-0,061
19/07/2015	34,022	6,326	-0,202	0,085
20/07/2015	34,020	7,359	-0,116	0,114
21/07/2015	34,022	5,539	-0,002	-0,025
22/07/2015	34,065	4,212	-0,027	-0,090
23/07/2015	34,152	4,220	-0,117	-0,060
24/07/2015	34,169	6,262	-0,177	0,074
25/07/2015	34,142	6,646	-0,104	0,070
26/07/2015	34,147	5,109	-0,033	-0,038
27/07/2015	34,167	4,471	-0,072	-0,061
28/07/2015	34,234	5,017	-0,133	-0,010
29/07/2015	34,273	4,590	-0,143	-0,031
30/07/2015	34,331	4,152	-0,174	-0,045
31/07/2015	34,376	3,731	-0,218	-0,053
01/08/2015	34,375	4,843	-0,272	0,026
02/08/2015	34,371	5,292	-0,245	0,042
03/08/2015	34,359	6,149	-0,203	0,076
04/08/2015	34,354	6,321	-0,127	0,060
05/08/2015	34,356	5,737	-0,067	0,008
06/08/2015	34,346	6,674	-0,059	0,057
07/08/2015	34,326	6,223	-0,002	0,013
08/08/2015	34,329	7,035	0,011	0,054
09/08/2015	34,354	6,789	0,065	0,022
10/08/2015	34,365	7,215	0,087	0,038
11/08/2015	34,358	6,657	0,126	-0,005
12/08/2015	34,361	6,364	0,120	-0,020
13/08/2015	34,365	6,472	0,100	-0,007
14/08/2015	34,381	5,131	0,093	-0,079
15/08/2015	34,459	4,563	0,014	-0,084
16/08/2015	34,485	4,949	-0,071	-0,035
17/08/2015	34,477	4,486	-0,106	-0,049
18/08/2015	34,460	6,299	-0,154	0,068
19/08/2015	34,456	4,090	-0,086	-0,077
20/08/2015	34,457	5,902	-0,164	0,049

UNIVERSIDAD DE CUENCA



21/08/2015	34,454	5,847	-0,115	0,030
22/08/2015	34,454	4,228	-0,085	-0,070
23/08/2015	34,452	6,579	-0,155	0,084
24/08/2015	34,452	6,179	-0,071	0,034
25/08/2015	34,458	4,541	-0,037	-0,069
26/08/2015	34,455	5,636	-0,106	0,015
27/08/2015	34,456	6,299	-0,091	0,047
28/08/2015	34,521	5,095	-0,044	-0,036
29/08/2015	34,649	4,177	-0,080	-0,075
30/08/2015	34,665	4,731	-0,154	-0,019
31/08/2015	34,700	3,847	-0,173	-0,062
01/09/2015	34,776	4,111	-0,235	-0,027



ANEXO 2. Actividad Vegetativa y acumulada de la parcela 2

Fecha	Incremento Diario (mm)	Temperatura Media Diaria (°C)	Actividad Vegetativa acumulada	Actividad Vegetativa
17/06/2014	24,2218	5,4941	0,0000	-0,0281
18/06/2014	24,2068	3,8204	-0,0281	-0,1117
19/06/2014	24,1940	4,3459	-0,1398	-0,0453
20/06/2014	24,1798	5,7544	-0,1851	0,0481
21/06/2014	24,1688	5,7326	-0,1370	0,0308
22/06/2014	24,1601	6,4386	-0,1062	0,0598
23/06/2014	24,1520	5,0294	-0,0464	-0,0384
24/06/2014	24,1527	5,1114	-0,0849	-0,0211
25/06/2014	24,1566	5,1633	-0,1060	-0,0112
26/06/2014	24,1636	5,6950	-0,1171	0,0221
27/06/2014	24,1668	5,4970	-0,0950	0,0037
28/06/2014	24,1629	5,5264	-0,0913	0,0041
29/06/2014	24,1528	6,4292	-0,0872	0,0529
30/06/2014	24,1519	7,2939	-0,0343	0,0833
01/07/2014	24,1512	6,9614	0,0490	0,0371
02/07/2014	24,1448	7,0339	0,0861	0,0287
03/07/2014	24,1464	7,2589	0,1148	0,0317
04/07/2014	24,1565	6,6687	0,1465	-0,0117
05/07/2014	24,1575	5,3845	0,1348	-0,0791
06/07/2014	24,1576	5,3206	0,0557	-0,0563
07/07/2014	24,1662	4,6702	-0,0006	-0,0737
08/07/2014	24,1752	3,7826	-0,0743	-0,0984
09/07/2014	24,1759	5,3370	-0,1727	0,0207
10/07/2014	24,1639	7,0420	-0,1520	0,1086
11/07/2014	24,1727	6,5914	-0,0434	0,0473
12/07/2014	24,1691	5,8477	0,0039	-0,0098
13/07/2014	24,1651	4,3263	-0,0059	-0,0910
14/07/2014	24,1814	4,0410	-0,0969	-0,0765
15/07/2014	24,1869	4,7879	-0,1734	-0,0095
16/07/2014	24,1858	5,6526	-0,1830	0,0417
17/07/2014	24,1872	4,7455	-0,1413	-0,0226
18/07/2014	24,1873	5,1567	-0,1639	0,0078
19/07/2014	24,1877	5,1790	-0,1561	0,0064
20/07/2014	24,1886	4,7815	-0,1497	-0,0178
21/07/2014	24,1940	5,2442	-0,1675	0,0138
22/07/2014	24,1874	5,5564	-0,1536	0,0266

UNIVERSIDAD DE CUENCA



23/07/2014	24,1859	6,3901	-0,1271	0,0640
24/07/2014	24,1887	6,4629	-0,0630	0,0467
25/07/2014	24,1923	5,0483	-0,0163	-0,0474
26/07/2014	24,1939	5,9514	-0,0637	0,0186
27/07/2014	24,1967	5,4036	-0,0452	-0,0181
28/07/2014	24,1959	4,4897	-0,0633	-0,0628
29/07/2014	24,1989	5,0932	-0,1261	-0,0084
30/07/2014	24,1976	4,9878	-0,1344	-0,0114
31/07/2014	24,1946	5,8741	-0,1459	0,0416
01/08/2014	24,1920	4,6477	-0,1042	-0,0404
02/08/2014	24,1891	3,6694	-0,1446	-0,0813
03/08/2014	24,1897	5,8911	-0,2259	0,0692
04/08/2014	24,1899	5,2724	-0,1566	0,0118
05/08/2014	24,2012	4,7284	-0,1448	-0,0224
06/08/2014	24,2160	4,2625	-0,1672	-0,0408
07/08/2014	24,2219	4,6254	-0,2080	-0,0070
08/08/2014	24,2206	5,3653	-0,2150	0,0364
09/08/2014	24,2196	4,4525	-0,1786	-0,0264
10/08/2014	24,2210	4,6595	-0,2050	-0,0061
11/08/2014	24,2313	5,5371	-0,2112	0,0447
12/08/2014	24,2363	4,7619	-0,1665	-0,0133
13/08/2014	24,2429	3,7356	-0,1798	-0,0659
14/08/2014	24,2415	3,2415	-0,2457	-0,0714
15/08/2014	24,2438	4,7543	-0,3170	0,0365
16/08/2014	24,2492	3,2374	-0,2806	-0,0600
17/08/2014	24,2485	2,9381	-0,3405	-0,0566
18/08/2014	24,2488	2,6581	-0,3971	-0,0533
19/08/2014	24,2488	2,4615	-0,4504	-0,0465
20/08/2014	24,2475	3,1011	-0,4969	0,0046
21/08/2014	24,2301	5,6600	-0,4923	0,1452
22/08/2014	24,2261	4,9130	-0,3471	0,0553
23/08/2014	24,2193	6,2994	-0,2918	0,1139
24/08/2014	24,2186	5,6526	-0,1779	0,0400
25/08/2014	24,2269	5,5026	-0,1379	0,0183
26/08/2014	24,2365	5,8169	-0,1196	0,0297
27/08/2014	24,2348	6,1005	-0,0899	0,0355
28/08/2014	24,2364	7,1268	-0,0543	0,0807
29/08/2014	24,2350	5,6567	0,0264	-0,0279
30/08/2014	24,2451	4,1798	-0,0015	-0,1006
31/08/2014	24,2360	7,1402	-0,1021	0,0974

UNIVERSIDAD DE CUENCA



01/09/2014	24,2311	5,7456	-0,0047	-0,0126
02/09/2014	24,2410	7,1357	-0,0173	0,0689
03/09/2014	24,2473	6,3846	0,0516	0,0042
04/09/2014	24,2461	6,0711	0,0557	-0,0146
05/09/2014	24,2441	6,5536	0,0411	0,0171
06/09/2014	24,2288	6,7174	0,0582	0,0205
07/09/2014	24,2138	6,0102	0,0786	-0,0256
08/09/2014	24,2300	4,7640	0,0530	-0,0863
09/09/2014	24,2322	5,1224	-0,0333	-0,0376
10/09/2014	24,2347	7,4248	-0,0710	0,1028
11/09/2014	24,2501	6,4144	0,0318	0,0124
12/09/2014	24,2587	5,3577	0,0442	-0,0504
13/09/2014	24,2688	5,2202	-0,0062	-0,0413
14/09/2014	24,2764	5,9704	-0,0474	0,0142
15/09/2014	24,2850	4,7840	-0,0333	-0,0565
16/09/2014	24,2900	5,7166	-0,0897	0,0142
17/09/2014	24,2728	7,6666	-0,0756	0,1178
18/09/2014	24,2674	7,5182	0,0422	0,0703
19/09/2014	24,2692	7,0310	0,1125	0,0198
20/09/2014	24,2795	6,8625	0,1323	0,0038
21/09/2014	24,2958	5,7907	0,1361	-0,0570
22/09/2014	24,3123	5,1848	0,0791	-0,0717
23/09/2014	24,3165	7,2193	0,0074	0,0653
24/09/2014	24,3208	6,2845	0,0727	-0,0084
25/09/2014	24,3151	7,4246	0,0643	0,0577
26/09/2014	24,3123	6,9119	0,1220	0,0100
27/09/2014	24,3208	6,0524	0,1320	-0,0411
28/09/2014	24,3181	6,0972	0,0909	-0,0249
29/09/2014	24,3176	6,0621	0,0660	-0,0185
30/09/2014	24,3175	6,7007	0,0475	0,0231
01/10/2014	24,3208	4,4725	0,0706	-0,1084
02/10/2014	24,3165	3,9107	-0,0378	-0,1035
03/10/2014	24,3096	4,8125	-0,1413	-0,0189
04/10/2014	24,3033	5,3774	-0,1602	0,0188
05/10/2014	24,3015	6,5914	-0,1414	0,0800
06/10/2014	24,3047	5,5957	-0,0614	-0,0020
07/10/2014	24,2937	5,7267	-0,0634	0,0059
08/10/2014	24,2908	5,9822	-0,0574	0,0182
09/10/2014	24,2910	6,2358	-0,0393	0,0262
10/10/2014	24,2931	6,1236	-0,0131	0,0112

UNIVERSIDAD DE CUENCA



11/10/2014	24,3020	5,6423	-0,0019	-0,0193
12/10/2014	24,3168	5,2673	-0,0211	-0,0337
13/10/2014	24,3209	4,2945	-0,0548	-0,0765
14/10/2014	24,3187	4,5368	-0,1313	-0,0375
15/10/2014	24,3406	4,3690	-0,1688	-0,0343
16/10/2014	24,3448	4,6044	-0,2031	-0,0098
17/10/2014	24,3520	5,3745	-0,2130	0,0362
18/10/2014	24,4144	6,5093	-0,1767	0,0872
19/10/2014	24,4541	7,8103	-0,0895	0,1304
20/10/2014	24,4486	7,0620	0,0409	0,0454
21/10/2014	24,4697	6,7460	0,0863	0,0127
22/10/2014	24,4906	7,2976	0,0990	0,0391
23/10/2014	24,5036	6,1516	0,1381	-0,0376
24/10/2014	24,4940	7,8440	0,1005	0,0690
25/10/2014	24,5101	6,1247	0,1694	-0,0495
26/10/2014	24,5113	7,0460	0,1199	0,0182
27/10/2014	24,5127	6,4573	0,1380	-0,0206
28/10/2014	24,5211	7,3510	0,1174	0,0359
29/10/2014	24,5183	7,3493	0,1533	0,0239
30/10/2014	24,5140	7,6263	0,1772	0,0313
31/10/2014	24,5148	5,7880	0,2085	-0,0813
01/11/2014	24,5173	7,2560	0,1272	0,0274
02/11/2014	24,5318	8,3711	0,1546	0,0802
03/11/2014	24,5350	8,8904	0,2348	0,0823
04/11/2014	24,5347	7,9615	0,3171	0,0033
05/11/2014	24,5706	8,4411	0,3204	0,0288
06/11/2014	24,5921	8,1655	0,3492	0,0039
07/11/2014	24,5907	7,9336	0,3531	-0,0103
08/11/2014	24,5911	6,9744	0,3428	-0,0601
09/11/2014	24,5977	7,8918	0,2827	0,0109
10/11/2014	24,6117	6,6295	0,2936	-0,0629
11/11/2014	24,6280	6,2121	0,2307	-0,0651
12/11/2014	24,6330	5,9763	0,1656	-0,0565
13/11/2014	24,6435	6,6045	0,1091	-0,0028
14/11/2014	24,6383	6,3746	0,1063	-0,0146
15/11/2014	24,6370	6,2301	0,0917	-0,0178
16/11/2014	24,6442	5,7877	0,0739	-0,0364
17/11/2014	24,6465	8,1831	0,0375	0,1088
18/11/2014	24,6654	6,5062	0,1463	-0,0206
19/11/2014	24,6972	5,4814	0,1256	-0,0707

UNIVERSIDAD DE CUENCA



20/11/2014	24,7168	6,2009	0,0549	-0,0072
21/11/2014	24,7215	5,5403	0,0478	-0,0415
22/11/2014	24,7452	7,2074	0,0063	0,0650
23/11/2014	24,7578	7,9461	0,0713	0,0844
24/11/2014	24,7677	7,5251	0,1556	0,0328
25/11/2014	24,7769	7,2700	0,1885	0,0077
26/11/2014	24,7819	6,5079	0,1962	-0,0372
27/11/2014	24,7812	8,6642	0,1590	0,0950
28/11/2014	24,7868	8,8597	0,2540	0,0742
29/11/2014	24,7889	7,6471	0,3282	-0,0179
30/11/2014	24,7898	7,1929	0,3103	-0,0372
01/12/2014	24,7963	7,5046	0,2732	-0,0075
02/12/2014	24,9182	6,9598	0,2657	-0,0352
03/12/2014	24,9640	7,4063	0,2305	0,0013
04/12/2014	24,9461	6,1036	0,2318	-0,0715
05/12/2014	24,9655	6,2324	0,1603	-0,0405
06/12/2014	24,9711	7,5311	0,1198	0,0451
07/12/2014	24,9771	6,0738	0,1649	-0,0509
08/12/2014	24,9846	7,1577	0,1140	0,0263
09/12/2014	24,9989	7,7793	0,1403	0,0521
10/12/2014	24,9984	6,0409	0,1924	-0,0619
11/12/2014	24,9989	7,2946	0,1305	0,0284
12/12/2014	24,9936	4,9927	0,1590	-0,1089
13/12/2014	25,0088	5,6333	0,0500	-0,0370
14/12/2014	25,0015	7,0264	0,0130	0,0527
15/12/2014	24,9915	6,7075	0,0657	0,0174
16/12/2014	24,9933	7,0365	0,0831	0,0299
17/12/2014	24,9938	6,7156	0,1130	0,0021
18/12/2014	25,0147	8,4425	0,1151	0,0973
19/12/2014	25,0172	9,1610	0,2124	0,1048
20/12/2014	25,0143	7,9209	0,3172	0,0010
21/12/2014	25,0247	8,0041	0,3182	0,0053
22/12/2014	25,0409	7,1411	0,3235	-0,0444
23/12/2014	25,0377	7,0497	0,2790	-0,0347
24/12/2014	25,0311	7,7644	0,2443	0,0166
25/12/2014	25,0495	7,0138	0,2609	-0,0306
26/12/2014	25,0704	7,2285	0,2303	-0,0085
27/12/2014	25,0751	6,4450	0,2218	-0,0492
28/12/2014	25,0765	6,7938	0,1726	-0,0134
29/12/2014	25,0893	6,7680	0,1591	-0,0104

UNIVERSIDAD DE CUENCA



30/12/2014	25,0975	7,1610	0,1488	0,0149
31/12/2014	25,1028	7,3574	0,1637	0,0209
01/01/2015	25,1369	7,8911	0,1845	0,0436
02/01/2015	25,1566	7,1459	0,2281	-0,0124
03/01/2015	25,1567	7,6905	0,2157	0,0220
04/01/2015	25,1548	6,1666	0,2377	-0,0700
05/01/2015	25,1572	6,5455	0,1677	-0,0256
06/01/2015	25,1575	7,4531	0,1421	0,0334
07/01/2015	25,1564	7,0231	0,1755	-0,0017
08/01/2015	25,1554	7,6773	0,1738	0,0352
09/01/2015	25,1575	5,7508	0,2091	-0,0835
10/01/2015	25,1618	5,8628	0,1255	-0,0495
11/01/2015	25,1619	6,2277	0,0761	-0,0127
12/01/2015	25,1614	7,4543	0,0634	0,0597
13/01/2015	25,1647	7,1924	0,1230	0,0252
14/01/2015	25,1763	8,9030	0,1483	0,1119
15/01/2015	25,2032	7,4363	0,2601	-0,0069
16/01/2015	25,2234	8,7871	0,2532	0,0704
17/01/2015	25,2244	6,8507	0,3236	-0,0606
18/01/2015	25,3077	5,4138	0,2630	-0,1202
19/01/2015	25,3336	6,9563	0,1428	0,0055
20/01/2015	25,3770	6,5035	0,1483	-0,0215
21/01/2015	25,3909	6,3913	0,1269	-0,0205
22/01/2015	25,4043	6,4143	0,1063	-0,0124
23/01/2015	25,4141	5,9192	0,0939	-0,0358
24/01/2015	25,4192	6,2920	0,0581	-0,0031
25/01/2015	25,4233	6,4248	0,0550	0,0053
26/01/2015	25,4360	7,5516	0,0602	0,0661
27/01/2015	25,4609	6,6382	0,1264	-0,0067
28/01/2015	25,4893	6,7893	0,1197	0,0040
29/01/2015	25,5025	6,2548	0,1236	-0,0271
30/01/2015	25,5045	6,2969	0,0966	-0,0157
31/01/2015	25,5387	5,9989	0,0809	-0,0270
01/02/2015	25,5540	5,6847	0,0539	-0,0355
02/02/2015	25,5547	6,1435	0,0184	0,0018
03/02/2015	25,5593	5,8933	0,0202	-0,0127
04/02/2015	25,5592	7,1564	0,0076	0,0617
05/02/2015	25,5659	7,6404	0,0693	0,0680
06/02/2015	25,5778	8,4910	0,1373	0,0926
07/02/2015	25,5975	7,5643	0,2299	0,0103

UNIVERSIDAD DE CUENCA



08/02/2015	25,6143	6,5935	0,2402	-0,0471
09/02/2015	25,6390	6,8045	0,1931	-0,0197
10/02/2015	25,6670	6,8619	0,1734	-0,0099
11/02/2015	25,6730	8,2049	0,1635	0,0680
12/02/2015	25,6712	7,8366	0,2315	0,0249
13/02/2015	25,6728	7,6920	0,2564	0,0085
14/02/2015	25,6899	7,9599	0,2649	0,0206
15/02/2015	25,6967	6,6951	0,2855	-0,0565
16/02/2015	25,7363	7,7214	0,2289	0,0193
17/02/2015	25,7545	8,0316	0,2483	0,0301
18/02/2015	25,7500	8,4272	0,2784	0,0420
19/02/2015	25,7655	6,9825	0,3204	-0,0522
20/02/2015	25,7631	7,8558	0,2682	0,0137
21/02/2015	25,7467	7,5342	0,2819	-0,0087
22/02/2015	25,7551	8,5513	0,2732	0,0507
23/02/2015	25,7664	10,0739	0,3239	0,1184
24/02/2015	25,7676	8,8544	0,4422	0,0112
25/02/2015	25,7925	6,9337	0,4534	-0,0993
26/02/2015	25,8145	8,3105	0,3541	0,0103
27/02/2015	25,8215	8,5482	0,3644	0,0201
28/02/2015	25,8174	7,3174	0,3845	-0,0550
01/03/2015	25,8197	7,4526	0,3295	-0,0292
02/03/2015	25,8962	7,7674	0,3004	-0,0019
03/03/2015	25,9457	7,1184	0,2985	-0,0374
04/03/2015	25,9484	8,5343	0,2611	0,0538
05/03/2015	25,9441	9,0663	0,3149	0,0654
06/03/2015	25,9339	8,0880	0,3803	-0,0108
07/03/2015	25,9638	6,4740	0,3695	-0,0968
08/03/2015	26,0050	6,8672	0,2727	-0,0427
09/03/2015	26,0069	7,0892	0,2300	-0,0161
10/03/2015	26,0146	6,9056	0,2138	-0,0210
11/03/2015	26,0437	6,8902	0,1929	-0,0148
12/03/2015	26,0454	7,4436	0,1780	0,0209
13/03/2015	26,0510	7,6605	0,1989	0,0260
14/03/2015	26,0543	7,8130	0,2248	0,0258
15/03/2015	26,0583	6,9591	0,2506	-0,0303
16/03/2015	26,0664	7,3410	0,2204	0,0010
17/03/2015	26,0788	7,5637	0,2214	0,0131
18/03/2015	26,0920	6,8579	0,2345	-0,0305
19/03/2015	26,1058	7,3227	0,2040	0,0055

UNIVERSIDAD DE CUENCA



20/03/2015	26,1098	5,4981	0,2095	-0,0977
21/03/2015	26,1107	6,1675	0,1118	-0,0279
22/03/2015	26,1133	6,1140	0,0838	-0,0216
23/03/2015	26,1458	5,7434	0,0622	-0,0350
24/03/2015	26,2112	7,8221	0,0272	0,0922
25/03/2015	26,2481	7,0166	0,1194	0,0167
26/03/2015	26,2625	6,8572	0,1361	0,0023
27/03/2015	26,2749	7,1740	0,1383	0,0191
28/03/2015	26,2741	8,4102	0,1574	0,0814
29/03/2015	26,2871	5,6219	0,2389	-0,1006
30/03/2015	26,3061	7,4852	0,1382	0,0364
31/03/2015	26,3171	6,4926	0,1747	-0,0309
01/04/2015	26,3200	6,1450	0,1438	-0,0399
02/04/2015	26,3220	5,9582	0,1039	-0,0370
03/04/2015	26,3257	6,2948	0,0670	-0,0059
04/04/2015	26,3233	7,0824	0,0610	0,0398
05/04/2015	26,3224	6,9854	0,1008	0,0211
06/04/2015	26,3230	7,2914	0,1220	0,0311
07/04/2015	26,3216	6,1341	0,1530	-0,0436
08/04/2015	26,3247	6,7983	0,1095	0,0079
09/04/2015	26,3283	8,3017	0,1173	0,0888
10/04/2015	26,3564	8,9455	0,2061	0,0949
11/04/2015	26,3847	6,5333	0,3010	-0,0707
12/04/2015	26,3960	6,4571	0,2303	-0,0514
13/04/2015	26,4215	6,8261	0,1789	-0,0138
14/04/2015	26,4334	5,5115	0,1652	-0,0822
15/04/2015	26,4443	8,1313	0,0830	0,0907
16/04/2015	26,4493	7,2397	0,1737	0,0110
17/04/2015	26,4577	6,7604	0,1847	-0,0193
18/04/2015	26,4719	6,5657	0,1654	-0,0237
19/04/2015	26,4881	7,4380	0,1417	0,0327
20/04/2015	26,5042	8,5034	0,1743	0,0810
21/04/2015	26,5036	7,1937	0,2553	-0,0188
22/04/2015	26,5343	5,7401	0,2365	-0,0933
23/04/2015	26,5705	5,7589	0,1432	-0,0611
24/04/2015	26,5981	5,3571	0,0821	-0,0631
25/04/2015	26,6150	5,6689	0,0190	-0,0247
26/04/2015	26,6242	5,6386	-0,0057	-0,0182
27/04/2015	26,6176	6,5522	-0,0239	0,0386
28/04/2015	26,6161	6,3674	0,0147	0,0155

UNIVERSIDAD DE CUENCA



29/04/2015	26,6147	6,3947	0,0302	0,0118
30/04/2015	26,6116	6,7788	0,0421	0,0292
01/05/2015	26,6113	7,1068	0,0713	0,0377
02/05/2015	26,6238	8,9267	0,1090	0,1262
03/05/2015	26,6256	7,1907	0,2353	-0,0123
04/05/2015	26,6466	7,2341	0,2230	-0,0058
05/05/2015	26,6652	6,4907	0,2172	-0,0451
06/05/2015	26,6645	5,7477	0,1721	-0,0714
07/05/2015	26,6600	7,1477	0,1007	0,0302
08/05/2015	26,6489	6,9862	0,1309	0,0112
09/05/2015	26,6573	7,5073	0,1421	0,0364
10/05/2015	26,6592	7,1380	0,1784	0,0037
11/05/2015	26,6750	6,1061	0,1822	-0,0548
12/05/2015	26,6930	5,9625	0,1273	-0,0445
13/05/2015	26,7269	6,7026	0,0828	0,0114
14/05/2015	26,7738	6,3936	0,0942	-0,0095
15/05/2015	26,8051	6,2048	0,0847	-0,0169
16/05/2015	26,8137	7,2918	0,0678	0,0492
17/05/2015	26,8186	6,8612	0,1170	0,0088
18/05/2015	26,8258	6,4710	0,1258	-0,0158
19/05/2015	26,8272	6,9634	0,1101	0,0168
20/05/2015	26,8254	6,9177	0,1269	0,0087
21/05/2015	26,8387	5,8766	0,1356	-0,0520
22/05/2015	26,8616	7,0426	0,0835	0,0301
23/05/2015	26,8674	7,0783	0,1136	0,0220
24/05/2015	26,8711	7,7089	0,1356	0,0497
25/05/2015	26,8813	6,8688	0,1854	-0,0135
26/05/2015	26,9148	6,8222	0,1718	-0,0116
27/05/2015	26,9405	6,5028	0,1602	-0,0255
28/05/2015	26,9418	6,2812	0,1348	-0,0293
29/05/2015	26,9556	6,8936	0,1055	0,0145
30/05/2015	26,9618	7,9007	0,1200	0,0656
31/05/2015	26,9608	6,2432	0,1856	-0,0483
01/06/2015	26,9622	6,1128	0,1372	-0,0395
02/06/2015	26,9615	5,8972	0,0977	-0,0383
03/06/2015	27,0416	5,2418	0,0595	-0,0619
04/06/2015	27,0739	5,3927	-0,0025	-0,0329
05/06/2015	27,0910	4,1247	-0,0354	-0,0924
06/06/2015	27,0976	4,9174	-0,1278	-0,0176
07/06/2015	27,0989	4,8045	-0,1453	-0,0180

UNIVERSIDAD DE CUENCA



08/06/2015	27,1023	5,3158	-0,1633	0,0164
09/06/2015	27,1157	6,5257	-0,1469	0,0782
10/06/2015	27,1273	6,4142	-0,0687	0,0459
11/06/2015	27,1279	6,3448	-0,0228	0,0268
12/06/2015	27,1344	6,0242	0,0040	0,0000
13/06/2015	27,1405	6,1819	0,0040	0,0088
14/06/2015	27,1449	8,3453	0,0128	0,1260
15/06/2015	27,1473	7,4160	0,1388	0,0324
16/06/2015	27,1567	6,4083	0,1712	-0,0344
17/06/2015	27,1959	6,0478	0,1368	-0,0430
18/06/2015	27,2095	6,4637	0,0939	-0,0055
19/06/2015	27,2273	4,3330	0,0883	-0,1221
20/06/2015	27,2100	3,9803	-0,0337	-0,1010
21/06/2015	27,2349	2,9452	-0,1347	-0,1248
22/06/2015	27,2301	4,8918	-0,2595	0,0249
23/06/2015	27,2449	3,4065	-0,2346	-0,0659
24/06/2015	27,3150	4,4165	-0,3005	0,0122
25/06/2015	27,4068	4,7980	-0,2883	0,0293
26/06/2015	27,4047	4,3010	-0,2590	-0,0081
27/06/2015	27,4092	3,6940	-0,2670	-0,0391
28/06/2015	27,4092	4,4889	-0,3061	0,0181
29/06/2015	27,4114	5,1647	-0,2880	0,0496
30/06/2015	27,4088	6,2018	-0,2384	0,0907
01/07/2015	27,4032	7,3603	-0,1477	0,1248
02/07/2015	27,4030	7,7193	-0,0229	0,1032
03/07/2015	27,4028	6,9949	0,0802	0,0285
04/07/2015	27,4101	6,6011	0,1088	-0,0029
05/07/2015	27,4250	6,2228	0,1059	-0,0229
06/07/2015	27,4628	7,0213	0,0830	0,0291
07/07/2015	27,5268	6,9999	0,1121	0,0182
08/07/2015	27,5419	6,1954	0,1303	-0,0326
09/07/2015	27,5816	6,1414	0,0977	-0,0247
10/07/2015	27,5972	5,7233	0,0730	-0,0397
11/07/2015	27,6044	5,4791	0,0333	-0,0400
12/07/2015	27,6182	5,2428	-0,0068	-0,0398
13/07/2015	27,6337	5,7202	-0,0466	0,0000
14/07/2015	27,6343	6,2906	-0,0466	0,0317
15/07/2015	27,6267	6,2719	-0,0149	0,0201
16/07/2015	27,6508	4,8160	0,0052	-0,0675
17/07/2015	27,6510	4,7371	-0,0623	-0,0494

UNIVERSIDAD DE CUENCA



18/07/2015	27,6522	4,4208	-0,1117	-0,0505
19/07/2015	27,7137	6,5655	-0,1622	0,0855
20/07/2015	27,7146	7,8958	-0,0767	0,1309
21/07/2015	27,6979	5,7450	0,0542	-0,0322
22/07/2015	27,7454	4,5046	0,0220	-0,0904
23/07/2015	27,7766	4,4583	-0,0684	-0,0628
24/07/2015	27,7793	5,8720	-0,1313	0,0366
25/07/2015	27,7835	6,6121	-0,0946	0,0656
26/07/2015	27,7835	5,1830	-0,0291	-0,0357
27/07/2015	27,7843	4,7419	-0,0648	-0,0483
28/07/2015	27,8208	5,1184	-0,1131	-0,0113
29/07/2015	27,8298	4,7988	-0,1244	-0,0253
30/07/2015	27,8457	4,4616	-0,1496	-0,0356
31/07/2015	27,8755	4,0080	-0,1852	-0,0489
01/08/2015	27,8894	5,0250	-0,2342	0,0239
02/08/2015	27,8941	5,5200	-0,2103	0,0434
03/08/2015	27,8929	6,4583	-0,1668	0,0811
04/08/2015	27,8851	6,4418	-0,0858	0,0531
05/08/2015	27,8862	5,9026	-0,0326	0,0055
06/08/2015	27,8793	7,1968	-0,0272	0,0755
07/08/2015	27,8726	6,8362	0,0484	0,0303
08/08/2015	27,8739	7,2866	0,0787	0,0452
09/08/2015	27,9503	6,7941	0,1240	0,0028
10/08/2015	28,0273	7,4410	0,1267	0,0378
11/08/2015	28,0359	6,8813	0,1646	-0,0059
12/08/2015	28,0412	6,7052	0,1587	-0,0137
13/08/2015	28,0468	6,2025	0,1450	-0,0371
14/08/2015	28,0650	5,4147	0,1079	-0,0685
15/08/2015	28,1425	4,8469	0,0394	-0,0772
16/08/2015	28,1685	5,1466	-0,0378	-0,0348
17/08/2015	28,1672	4,6714	-0,0726	-0,0496
18/08/2015	28,1385	6,5257	-0,1222	0,0699
19/08/2015	28,1286	4,3191	-0,0523	-0,0760
20/08/2015	28,1490	6,2432	-0,1282	0,0563
21/08/2015	28,1317	6,7389	-0,0720	0,0650
22/08/2015	28,1121	5,7798	-0,0069	-0,0099
23/08/2015	28,1156	6,9568	-0,0169	0,0588
24/08/2015	28,1196	6,4355	0,0419	0,0102
25/08/2015	28,1552	4,9365	0,0521	-0,0765
26/08/2015	28,1491	6,7954	-0,0243	0,0523

UNIVERSIDAD DE CUENCA

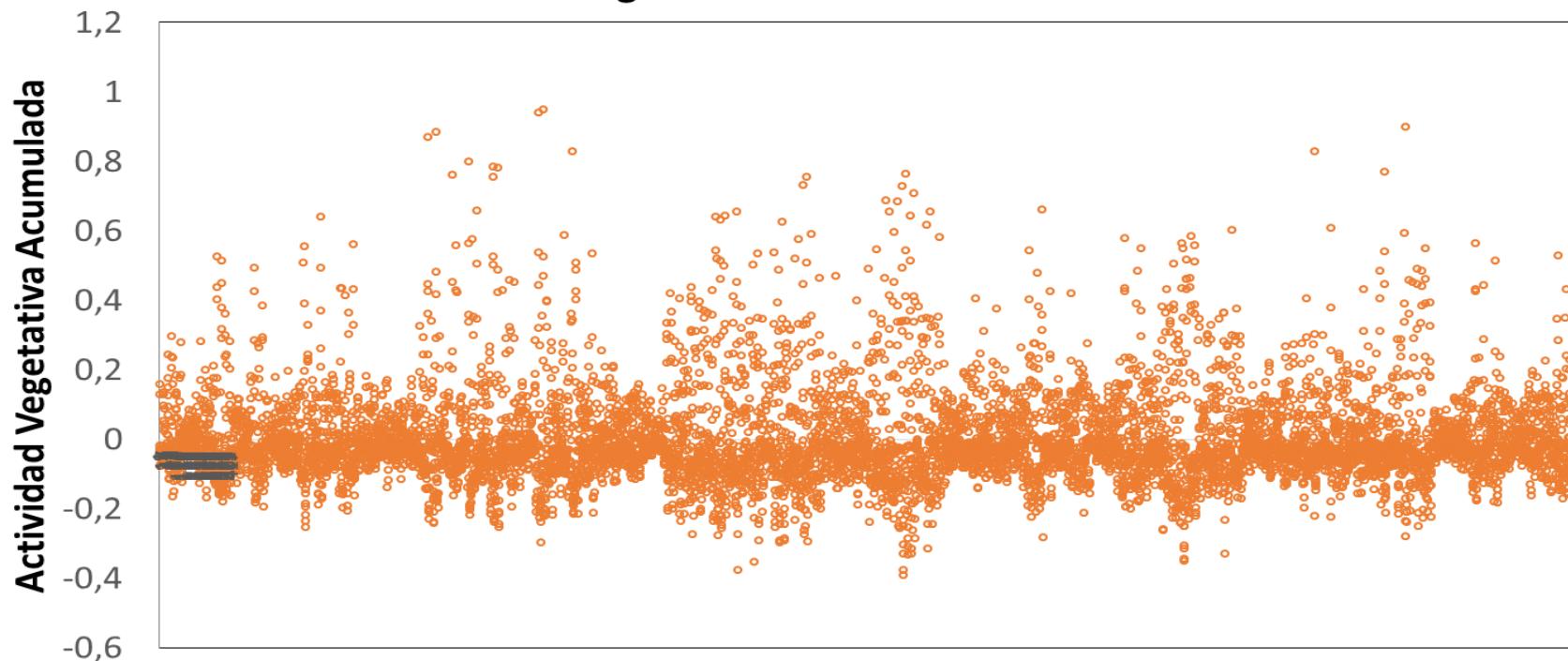


27/08/2015	28,1662	6,5032	0,0280	0,0186
28/08/2015	28,2090	5,3847	0,0466	-0,0497
29/08/2015	28,2447	4,5160	-0,0031	-0,0814
30/08/2015	28,2653	5,0520	-0,0845	-0,0245
31/08/2015	28,2646	4,2079	-0,1090	-0,0632
01/09/2015	28,2768	4,3980	-0,1722	-0,0316



ANEXO 3. Grafica de la Actividad Vegetativa Horaria completa en el periodo de muestreo

Actividad Vegetativa Horaria Acumulada



Actividad vegetativa acumulada en toda la serie de datos horarios, a lo largo de todo el periodo de muestreo. De la presente grafica se extrajo los dos periodos de estudio (Mayo 2015 y Agosto- Septiembre 2015).



ANEXO 4. Actividad Vegetativa e Actividad Vegetativa Acumulada datos mensuales Parcela 1

Mes	Incremento media mensual (mm)	Temperatura media mensual (°C)	Actividad Vegetativa acumulada	Actividad Vegetativa
Junio	24,169	5,525	0,000	-0,026
Julio	24,178	5,518	-0,026	-0,018
Agosto	24,227	4,776	-0,044	-0,053
Septiembre	24,274	6,273	-0,098	0,048
Octubre	24,393	6,003	-0,050	0,017
Noviembre	24,664	7,214	-0,033	0,079
Diciembre	25,008	7,047	0,045	0,043
Enero	25,286	6,836	0,088	0,017
Febrero	25,691	7,584	0,105	0,053
Marzo	26,088	7,149	0,158	0,011
Abril	26,454	6,712	0,169	-0,017
Mayo	26,782	6,857	0,152	-0,003
Junio	27,195	5,353	0,149	-0,086
Julio	27,644	5,804	0,064	-0,032
Agosto	28,067	5,973	0,031	-0,012
Septiembre	28,277	4,398	0,019	-0,096

ANEXO 5. Actividad Vegetativa e Actividad Vegetativa Acumulada datos mensuales Parcela 2

Mes	Incremento media mensual (mm)	Temperatura media mensual (°C)	Actividad Vegetativa acumulada	Actividad vegetativa
Junio	30,957	5,310	0,000	-0,038
Julio	30,721	5,232	-0,038	-0,030
Agosto	30,623	4,295	-0,068	-0,072
Septiembre	30,637	5,531	-0,140	0,021
Octubre	30,691	5,394	-0,120	0,006
Noviembre	30,741	6,351	-0,113	0,057
Diciembre	30,865	6,127	-0,056	0,026
Enero	31,174	6,227	-0,030	0,023
Febrero	31,498	6,853	-0,008	0,050
Marzo	31,945	6,591	0,042	0,019



Abril	32,427	6,118	0,061	-0,014
Mayo	32,920	6,564	0,047	0,016
Junio	33,463	5,174	0,063	-0,067
Julio	33,988	5,690	-0,004	-0,016
Agosto	34,436	5,624	-0,020	-0,014
Septiembre	34,776	4,111	-0,034	-0,094

ANEXO 6. Datos de los dendrómetros artesanales de las 6 parcelas

Parcela 1

Árbol	DBHi (cm)	Ia* (mm/año):	DBHf (cm)
A15	9,770	1,226	9,951
A67	9,840	0,345	9,891
A68	12,000	1,858	12,274
A74	13,500	2,334	13,845
A27	7,450	0,947	7,584
A63	12,730	0,982	12,869
A6	19,420	0,778	19,526
A3	11,080	2,096	11,361
A5	11,140	0,616	11,223
A12	10,440	1,667	10,654
A8	15,180	0,146	15,196

Parcela 2

Árbol	DBHi (cm)	Ia (mm/año)	DBHf (cm)
A2	16,97	0,131	16,99
A9	24,51	1,265	24,68
A11	11,46	0,856	11,57
A13	24,61	1,076	24,75
A1	25,43	1,266	25,60
A8	28,97	0,818	29,08
Aa	34,98	0,287	35,02
Ab	10,63	-0,042	10,627
Ac	8,69	0,178	8,703
Ad	8,69	0,844	8,753



Parcela 3

Árbol	DBHi (cm)	la (mm/año)	DBHf (cm)
A9	13,40	1,180	13,57
A19	23,52	1,682	23,76
A5	12,73	0,132	12,75
A15	27,76	2,394	28,05
A18	11,78	0,411	11,81
A12	12,70	2,040	12,85
A2	14,20	0,034	14,20
A1	15,12	1,454	15,23
A16	20,88	2,260	21,05
A11	10,50	0,954	10,57

Parcela 4

Árbol	DBHi (cm)	la (mm/año)	DBHf (cm)
A8	17,7	0,004	17,70
A9	19,23	0,155	19,25
A10	13,08	0,191	13,11
A6	16,81	0,871	16,93
A14	21,33	0,161	21,35
A3	27,69	0,522	27,76
A17	31,35	0,063	31,36
A12	27,22	0,363	27,26
AGrande	38,23	0,289	38,26

Parcela 5

Árbol	DBHi (cm)	la (mm/año)	DBHf (cm)
A9	17,67	1,593	17,91
A17	23,24	1,311	23,43
A19	15,28	1,696	15,53
A23	23,17	2,061	23,47
A2	18,62	0,906	18,75



A4	17,03	1,216	17,21
A22	16,36	0,815	16,48
A13	13,04	1,023	13,18
A28	20,98	1,698	21,22
A8	18,3	0,766	18,40

Parcela 6

Árbol	DBHi (cm)	la (mm/año)	DBHf(cm)
A10	14,51	3,602	15,04
A49	14,83	2,466	15,19
A54	16,04	0,343	16,09
A4	14,36	1,516	14,58
A40	10,85	0,496	10,92
A41	11,59	0,542	11,67
A43	14,01	0,360	14,06
A5	11,52	1,407	11,72
A14	10,35	0,546	10,43
A2	13,43	2,449	13,77



ANEXO 7. Equipo *Polylepis*



Equipo Polylepis visita a la laguna de Jigeno (Soldados) Ashley, Aldemar, Paula, Carlos, Daniela y Estefanía