

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tesis previa a la obtención
del Título de:
Ingeniera Ambiental.**

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL
SUELO CAUSADOS POR EL PINO (*Pinus patula*) EN
COMPARACIÓN CON EL SUELO OCUPADO POR
POLYLEPIS (*Polylepis reticulata*) EN EL PARQUE
NACIONAL CAJAS.**

AUTORA: ANDREA CECILIA MANCHENO HERRERA.

DIRECTOR: ING. HERNÁN AVILÉS.

Cuenca, diciembre del 2011.

A

*CECI Y ERNESTO,
MIS AMADOS PADRES.*

ERNESTO Y PAÚL,

MIS HERMANOS.

LOS LLEVO EN MI CORAZÓN.

*“A TI TE DEDICO MIS
VERSOS, MI SER,
MIS VICTORIAS” ... MAMÁ.*

G

RACIAS A DIOS Y A MARÍA AUXILIADORA POR SER QUIENES HAN GUIADO MIS PASOS SIEMPRE Y ME HAN MANTENIDO CON SU PROTECCIÓN.

A MIS PADRES POR SU AMOR INCONDICIONAL PESE A TODAS LAS EQUIVOCACIONES Y MALOS MOMENTOS, SU COMPAÑÍA Y SU APOYO EN CADA PASO DE MI VIDA.

A MIS AMIGOS PORQUE FUERON Y SON LA COMPAÑÍA PERFECTA EN TODAS LAS SITUACIONES, BUENAS Y MALAS, QUE HA TRAÍDO LA VIDA.

A MI DIRECTOR DE TESIS EL ING. HERNÁN AVILÉS POR SU APOYO EN LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN Y POR COMPARTIR ESTE TIEMPO SUS CONOCIMIENTOS.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Cuenca, diciembre 2011.

Andrea Mancheno Herrera

010340003-2

Certifico que la presente tesis fue desarrollada por Andrea Cecilia Mancheno Herrera bajo mi supervisión.

Cuenca, diciembre 2011.

Ing. Hernán Avilés
DOCENTE TUTOR.

INDICE DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN-----	1
JUSTIFICACIÓN -----	3
OBJETIVOS -----	5
HIPÓTESIS -----	6

CAPITULO 1

PARQUE NACIONAL “EL CAJAS” -----	7
1.1 Características del Parque -----	9
1.2 Flora-----	11
1.2.1 Zonas de Vida -----	12
1.2.2 Diversidad Vegetal-----	13
1.2.3 Especies de Plantas del Parque -----	16
1.3 Fauna-----	20
1.3.1 Ornitología-----	20
1.3.1.1 Especies de Aves del Parque -----	21
1.3.2 Herpetología -----	25
1.3.2.1 Especies de Reptiles del Parque-----	26
1.4 Limnología e Hidrología -----	27
1.4.1 Humedales RAMSAR-----	32
1.5 Poblaciones -----	34
1.6 Arqueología-----	35

CAPITULO 2

2. SUELO DEL PARQUE NACIONAL “EL CAJAS” -----	37
2.1 Geología y Geomorfología-----	38
2.2 Edafología-----	41
2.3 Clima-----	43

2.3.1 Microclimas-----	44
CAPITULO 3	
3. POLYLEPIS SPP. -----	46
3.1 Características Generales-----	46
3.2 Clasificación -----	49
3.3 Morfología -----	50
3.3.1 <i>Polylepis reticulata</i> -----	51
3.4 Aplicaciones -----	53
CAPITULO 4	
4. PINO SPP-----	55
4.1 Características Generales-----	55
4.2 Clasificación -----	57
4.3 Morfología -----	58
4.3.1 <i>Pinus patula</i> -----	59
4.3.1.1 Especies relacionadas con el suelo de los Bosques de <i>Pinus patula</i> del Parque Nacional Cajas -----	63
4.4 Aplicaciones -----	66
CAPITULO 5	
5. RECURSOS Y METODOLOGÍA -----	67
5.1 Recursos -----	67
5.1.1 Recursos Físicos-----	67
5.1.2 Recursos Biológicos -----	67
5.1.3 Recursos Humanos-----	68
5.2 Metodología para la recolección de muestras y datos -----	68
5.2.1 Análisis del suelo con presencia de <i>Pinus patula</i> -----	68
5.2.1.1 Selección de áreas-----	68
5.2.1.2 Toma de muestras-----	72
5.2.2 Análisis del suelo con presencia de <i>Polylepis reticulata</i> -----	74
5.2.2.1 Selección de áreas-----	74
5.2.2.2 Toma de muestras-----	76

5.3 Metodología para el análisis de los resultados -----	78
5.3.1 Análisis estadístico-----	78
5.3.1.1 Variables del análisis estadístico-----	78
5.3.2 Análisis de Varianza -----	79
5.3.3 Prueba de Rango Múltiple -----	79
5.3.4 Gráfico de Medias -----	80
5.4 Metodología para el cálculo de la USLE-----	80

CAPITULO 6

6. ANALISIS DE RESULTADOS -----	81
6.1 Comparación y análisis de datos -----	81
6.1.1 p.H -----	82
6.1.2 Materia Orgánica-----	89
6.1.3 Macroelementos-----	94
6.1.3.1 Nitrógeno-----	94
6.1.3.2 Fósforo -----	99
6.1.3.3 Potasio -----	103
6.1.4 Conductividad Eléctrica-----	107
6.1.5 Microelementos -----	112

CAPITULO 7

7. CALCULO DE LA USLE-----	117
7.1 Factor R. Erosividad de las lluvias-----	118
7.2 Factor K. Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica -----	120
7.3 Factor LS. Relación con la pendiente-----	122
7.4 Factor C. Cultivo o Cobertura del suelo-----	123
7.5 Factor P. Práctica Conservacionista -----	125
7.6 Cálculo de la USLE para suelos con presencia de <i>Polylepis reticulata</i> y <i>Pinus patula</i> -----	126

CONCLUSIONES-----	128
RECOMENDACIONES-----	132
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA -----	134
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS-----	136

PÁGINAS WEB	140
GLOSARIO	142

INTRODUCCIÓN.

Los Andes ecuatorianos constituyen la región con mayor población en el país, característica que genera presión sobre los ecosistemas naturales. Asimismo, representa la zona con la mayor diversidad florística del Ecuador, esta inusual riqueza se atribuye a la diversidad de climas, al gran rango de altitudes, a los diferentes tipos de suelo, a la complejidad geomorfológica y al efecto de las masas de aire del Atlántico que chocan con los extremos occidentales y orientales de las cordilleras andinas, creando condiciones de muy alta humedad.

En el Parque Nacional Cajas, esta combinación de factores ha dado origen a una gran variedad de tipos de vegetación y ecosistemas. Sus zonas húmedas cordilleranas y zonas semiáridas en algunas áreas muy locales, se traducen en la presencia de múltiples hábitats en las que se encuentran especies de distribución restringida y, por lo tanto, con alto grado de vulnerabilidad, como es el caso del “Árbol de Papel” *Polylepis reticulata*.

En esta zona representativa de Los Andes ecuatorianos, se puede observar cómo vastas zonas de bosques, humedales y páramos han sufrido cambios de uso del suelo, para destinarlas a actividades agrícolas, de urbanización, minería y/o recreativas; siendo motivo de este estudio el análisis del suelo destinado para el cultivo de *Pinus patula* en comparación con el suelo que es ocupado natural y tradicionalmente por *Polylepis reticulata*.

La pérdida continua de la biodiversidad en este ecosistema, genera por un lado la existencia de altos niveles de degradación con un costo económico, social y ecológico bastante elevado y por otro lado requiere de un nuevo enfoque de políticas, normas y reglamentos para el manejo de los mismos.

Cabe recalcar la importancia de esta zona como fuente de agua para la ciudad de Cuenca y generación de energía eléctrica para el país, por lo tanto es de suma importancia su conservación y su estudio.

JUSTIFICACIÓN.

El Parque Nacional Cajas es un ecosistema de características excepcionales, fuente de agua y oxígeno para la comunidad, magníficas especies de flora y fauna entre las que sobresalen aves, reptiles, anfibios y mamíferos; y un lugar de insuperable calidad paisajística.

Los bosques de polylepis que se encuentran en el PNC brindan las condiciones ideales para que exista una serie de interacciones entre especies de flora y fauna, en contraste con lo ocurrido con los bosques de *Pinus patula*.

La primera introducción del pino en el Ecuador fue en 1986 como un proyecto forestal de siembra de estos árboles en las provincias de la Sierra Central, cuyo objetivo era la producción de madera, dentro de una propuesta social. A raíz de esto, el pino se ha venido sembrando cíclicamente en zonas, especialmente páramos, como una alternativa inicial de reforestación y finalmente de aprovechamiento de la madera.

Se han realizado estudios en torno a esta situación, dando como resultados opiniones contrapuestas, por un lado existen aquellas que apuntan a que el pino es altamente erosivo, acidificante, propenso al fuego, reductor de la disponibilidad de agua, etc. Por otro lado están las que señalan que el pino trae réditos económicos pues albergaría especies nuevas de flora y fauna como es el caso de los hongos para exportación y las micorrizas, y que las malas experiencias del pasado se han debido a la falta de manejo adecuado.

Por lo tanto, este tema de tesis se propone debido a la necesidad de conocer los impactos ya sean estos positivos o negativos que estaría presentando el *Pinus patula* en el Parque Nacional Cajas, además de identificar los cambios y señalar con datos estadísticos su proporción para, de esta manera, conocer si son significativos o no. Finalmente en caso de que fueran necesarias, proponer las posibles acciones correctivas a tomar.

El beneficio radica en que al conocer los impactos ambientales en la calidad del suelo causados por el *Pinus patula* en esta zona, es posible evitarlos o disminuirlos y de esta forma garantizar la estabilidad de las condiciones originales del PNC.

OBJETIVOS .

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar los principales impactos ambientales provocados en el suelo del Parque Nacional Cajas (PNC) por las plantaciones de pino (*Pinus patula*) y polylepis (*Polylepis reticulata*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Comparar los resultados de las características físico-químicas del suelo de las plantaciones de pino (*Pinus radiata*) con respecto a las de *Polylepis reticulata*.
- Aplicar el método USLE para conocer el índice de erosión en los suelos estudiados con la presencia de *Pinus radiata* y *Polylepis reticulata*.
- Analizar estadísticamente los resultados e inferir con respecto a las relaciones entre los estudios realizados.

HIPÓTESIS .

- H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

- H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

CAPITULO 1

1. PARQUE NACIONAL “EL CAJAS”

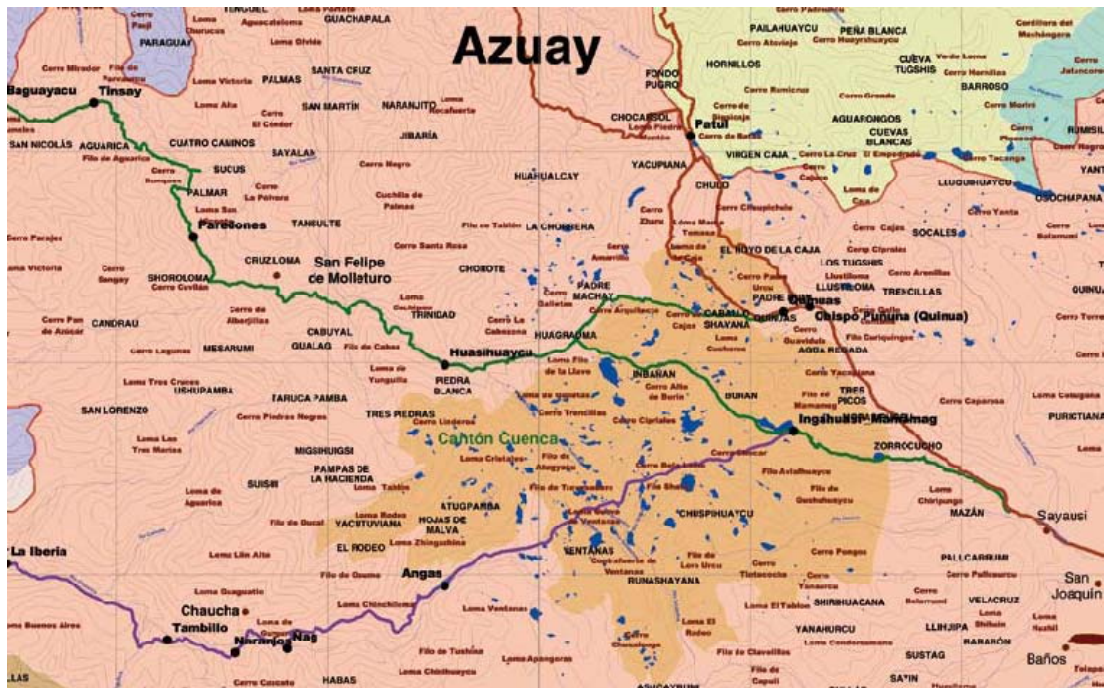
El Parque Nacional “El Cajas” está localizado a 33 kilómetros al noroccidente de la ciudad de Cuenca. Se trata de un territorio caracterizado por una topografía montañosa de altura superior a los 2700msnm. y por la presencia de elementos lacustres.

Tabla 1: Coordenadas planas en el sistema de Proyección Universal Transversal Mercator (UTM), Dato Horizontal: el Provisional para América del Sur de 1956 (PSAD 56), Elipsoide Internacional de 1924, Zona 17, Hemisferio Sur

X(mE) 699007	X(mE) 695826	X(mE) 679923	X(mE) 706861
Y(mN) 9696803	Y(mN) 9674884	Y(mN) 9682299	Y(mN) 9686893

Fuente: ETAPA, *Expediente para la inscripción del Parque Nacional Cajas y los tramos transversales del Qhapaq Ñan en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO*. Cuenca - Ecuador 2009.

Ilustración 1: Ubicación Geográfica del Parque Nacional Cajas



Fuente: ETAPA, Expediente para la inscripción del Parque Nacional Cajas y los tramos transversales del Qhapaq Ñan en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO. Cuenca - Ecuador 2009.

Según el Expediente Para Postulación al Convenio RAMSAR de ETAPA 2002, en el Cajas es posible identificar más de 300 lagunas, casi todas ellas interconectadas. Existen dos áreas protegidas importantes, el Parque Nacional Cajas y el Bosque Protector Dudahuaycu (Mazán) ubicados hacia el oeste y noroeste de la ciudad de Cuenca, son administradas por el Municipio de Cuenca, a través de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA). Ambas reservas constituyen fuentes muy importantes de agua potable para la ciudad de Cuenca y aporte al Complejo Hidroeléctrico de Paute, ya que regulan y conservan a los riachuelos de la zona a través de su drenaje. Aquí nacen los ríos Mazán, Tomebamba, Yanuncay y Miguir¹.

Como una esponja natural el páramo recoge y absorbe el agua de lluvias y la humedad y la incorpora a su reserva natural, protegiendo las zonas bajas de las cuencas de inundaciones y regulando cíclicamente el suministro de agua².

¹ ANDRADE JALÓN, E. "El Parque Nacional Cajas." *Vistazo*, 21 de octubre del 2010.

² CARÚA, Juan, y otros, *Determinación de Retención de Agua en los suelos de los Páramos: Estudio de Caso en la Subcuenca del Río San Pedro, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador*, Quito – Ecuador.

Todo el Parque está destinado a la conservación de los bosques y páramos. En las dos áreas se realizan actividades turísticas, siendo el Parque Nacional Cajas uno de los atractivos turísticos más importantes de la provincia del Azuay.

El actual Parque Nacional Cajas, fue declarado como Área Nacional de Recreación en 1977³. Más tarde en el Reglamento de Zonas de Reserva y Parques Nacionales se establecen sus límites y se declara como tal al Parque Nacional Cajas⁴. Posteriormente el INEFAN (Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales) el 5 de noviembre de 1996, resuelve cambiar la categoría, de Área Nacional de Recreación Cajas a la categoría de Parque Nacional Cajas, y se actualizan los límites del Parque. Actualmente tiene una superficie de 28544 has.

El Ministerio de Turismo y Ambiente suscribió con la Ilustre Municipalidad de Cuenca, un convenio de descentralización para la gestión y manejo del Parque Nacional Cajas, el 16 de marzo del 2000. El 5 de abril del 2002, el Ilustre Concejo Municipal, resolvió delegar a ETAPA las obligaciones y responsabilidades para la gestión y manejo del Parque Nacional Cajas.⁵

1.1 Características del Parque.

Según la página oficial del Parque Nacional Cajas⁶, el nudo del Cajas es el único representante del páramo andino que encontramos en la Cordillera Occidental de los Andes cerca de la costa del Océano Pacífico riega con sus aguas el valle del Tomebamba para luego nutrir el sistema hídrico del Río Paute, posteriormente atraviesa el inmenso Amazonas, desembocando en el Océano Atlántico.

Influenciado por sistemas como el Chocó o la Región Tumbesina, el Cajas se encuentra entre los Andes Centrales del Norte y los Andes del Sur y esto hace que se convierta en un foco muy especial de vida andina, una isla de páramos.

³ Mediante Acuerdo Interministerial Nº 203 en 1977.

⁴ Mediante Acuerdo Ministerial Nº 0322 en 1979.

⁵ ETAPA, Visitar el Cajas – Descripción General, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_viscaj_des_gen.aspx

⁶ ETAPA, Parque Nacional Cajas, <http://www.etapa.net.ec/PNC/default.aspx>

La mayor parte del área está compuesta de páramo, un tipo de ecosistema joven y extremadamente frágil pero muy apto para captar el agua y humedad.

Históricamente el nombre viene del quechua “*Caxas*” que significa *frio* refiriéndose al clima del páramo. Cuando cae la noche la bruma invade el parque y la temperatura disminuye radicalmente provocando una espesa niebla e intenso frío. Existe algo que hace especial el clima, el aire húmedo que proviene de la Costa choca aquí con el aire frío que proviene del Oriente y también con el seco de la corriente de El Niño, provocando el clima húmedo tan insólito, alternando momentos de sol con niebla y las fuertes lluvias características del invierno⁷.

Durante los meses de invierno, el clima es húmedo y neblinoso, el rocío de la mañana es captado por la vegetación y el musgo del páramo, dando origen a pequeñas corrientes que se filtran hasta llegar a las lagunas, para luego pasar a los ríos que se riegan a los valles cercanos al Cajas. Esta cualidad permite que multitud de especies de flora y fauna encuentren su hábitat natural en el PNC, permitiendo que la vida se integre a los diversos ecosistemas que alberga este Parque Nacional⁸.

El Parque Nacional Cajas presenta páramos de varios tipos (páramo de pajonal, de almohadilla, herbazal lacustre y los bosques de polylepis), mientras que en las partes más bajas existen bosques altoandinos (montano primario). El Bosque Protector Mazán está cubierto en su mayor parte por bosque altoandino, su parte alta presenta páramos de pajonal, con numerosas lagunas⁹.

El Expediente Para Postulación al Convenio RAMSAR de ETAPA menciona que todo esto sumado a la transformación geológica, la ubicación geográfica y el clima, permiten que el PNC albergue una gran cantidad de aves, mamíferos y varios reptiles, además de 15 especies de anfibios propios de bosque y de agua caliente. Muchas de estas especies gracias a la concentración de recursos y la protección de las montañas encontraron un fascinante y aislado refugio andino en donde lograron

⁷ CARRASCO, J. (Director). *Video El Cajas. ENTRE EL CIELO Y LA TIERRA*, Cuenca – Ecuador, 2005-2009.

⁸ Idem.

⁹ ETAPA, Ecología vegetal – flora, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_eco_veg.aspx

adaptarse a las condiciones extremas, permitiendo así su evolución, convirtiéndose en especies endémicas, es decir no se encuentran en ninguna otra parte del planeta.

De la misma manera existe todo un mosaico de flora en el Cajas, podemos encontrar numerosas plantas medicinales, entre ellas la *Chuquiraga jussieui* o chuquirahua, *Salvia officinalis* o salvia y la *Valeriana officinalis* o Valeriana.

La flora, fauna y hábitats se interrelacionan y componen los ecosistemas complejos, maravillosos y extremadamente frágiles que conforman el PNC, la vida se integra en una dependencia única y directa con el parque donde todos los elementos dependen de su conservación y el Cajas se convierte así en un tesoro de vida de los Andes del Sur del Ecuador.

1.2 Flora.

La vegetación “especializada” de páramo ha sido motivo de estudio desde hace mucho tiempo debido, sobre todo, a sus elevados números de singularidad y rareza así como por sus sorprendentes adaptaciones evolutivas a condiciones fisiológicas extremas. Por otra parte, la vegetación es la principal manifestación visible de disturbios y alteraciones en el ecosistema por impactos agrícolas o ganaderos. En este sentido, un entendimiento de los elementos que constituyen la diversidad biológica vegetal es un requisito previo para evaluar y entender los impactos humanos en la conservación y manejo de los ecosistemas de páramo¹⁰.

El PNC es una de las áreas protegidas del país con mayor endemismo vegetal. El “Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador” registra 71 especies endémicas dentro del Parque y estima que con estudios exhaustivos se podrían encontrar 145 especies de este tipo de categoría. El 30% de las especies registradas son exclusivas de “El Cajas”, incluyen 21 especies únicas en el mundo, de las cuales el 70 % están consideradas “en peligro de extinción” y el restante 30 % como “vulnerables”.

¹⁰ MADRIÑÁN, Santiago, “Caracterización de la vegetación”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.

Uno de los ejemplos más relevantes es el polylepis (árbol de papel), es un típico árbol de altura, característico del frío, su apodo viene de su corteza que con el paso del tiempo envejece y se desprende del tronco, regenerándose como si fuera piel. Resulta fascinante la simbiosis que ocurre entre el polylepis y el musgo, las bromelias y líquenes que cohabitan con él, unidos dependen los unos de los otros; los musgos retienen el agua de lluvia y así ayudan a mantener la humedad que el bosque de quinua necesita, mientras tanto este le brinda abrigo y soporte (Carrasco, 2005-2009).

1.2.1 Zonas de Vida.

En esta sección se consideran los tipos de bosque como zonas de vida, la información fue tomada de la página oficial del Parque Nacional Cajas de ETAPA¹¹.

Toda la vegetación del PNC ha sido clasificada dentro de tres zonas de vida con sus características formaciones ecológicas o vegetales:

Bosque húmedo Montano Bajo (bhMB).

Es una formación ecológica que constituye los subpáramos de las vertientes internas de la Cordillera, entre los 2000 y 3000 msnm, ocupa una superficie de 23808 ha., lo que corresponde al 0,8% del área total del parque; la temperatura media mensual varía entre los 12 a 18° C y los niveles de precipitación anuales están entre 1.000 y 2.000 mm.

Bosque muy húmedo Montano (bmhM).

Formación vegetal que se encuentra altitudinalmente entre los 3000 y 4000 msnm., con temperaturas límites de 12 y 6° C respectivamente, es decir, mientras más altitud

¹¹ ETAPA, Op. Cit. p.10.

menor temperatura registrada, el rango de precipitación media anual está entre 1000 y 2000 mm., ocupa una superficie de 2530,5ha, es decir 8,6% del total del PNC.

La asociación edáfica seca de esta zona consiste de un suelo arenoso con un régimen menos húmedo de lo que corresponde a esta zona de vida.

Páramo (ppSA).

Esta formación ecológica se encuentra por encima del bosque muy húmedo Montano, ocupa las partes altas de los ríos Llaviucu, Mazán y Soldados. Comprende gran parte de la zona occidental y oriental del Parque, ocupa una superficie de 26709,3 ha., que representa el 90,6% del total de PNC. La temperatura oscila entre 3 y 6° C, el rango promedio de precipitación total anual está entre 1000 y 2000 mm.

Esta zona recibe los vientos cargados de humedad que vienen del Occidente lo que provoca el clima frío de páramo súper húmedo.

1.2.2 Diversidad Vegetal.

Según información suministrada por ETAPA, la diversidad vegetal del parque corresponde a 7 comunidades vegetales y 19 especies endémicas - la mayor parte de las especies vegetales presentan uso medicinal tradicional - y son:

Bosque alto andino de Mazán y Llaviucu.

Ubicada a una altitud entre 2900 y 3400 msnm, al este del PNC.

Incluye alrededor de 300 especies de plantas vasculares: 50 especies de árboles, 60 arbustos, 3 lianas, 7 bejucos, 40 epífitas (orquídeas y bromelias) y 140 hierbas aproximadamente.

Bosque altoandino de Jerez y Yacutuviana.

Ubicada entre los 2900 y 3400 msnm, al oeste del parque.

Los pequeños grupos de bosques (altura entre 12 a 15 m) se localizan mayormente sobre las pendientes fuertes de las quebradas y riachuelos de las microcuencas de los ríos Jerez y Yacutuviana.

Se encuentran especies de importancia bajo el dosel arbóreo y arbustivo en la zona de transición con el páramo.

Bosque nublado.

Ubicado en la zona de amortiguamiento el flanco occidental.

Tiene un relieve muy irregular con fuertes pendientes, una altitud entre los 2200 y 2900 msnm, elevada precipitación y la elevada humedad ambiental (que provoca neblina) tiene importantes fuentes y reguladoras hídricas de algunos sistemas hidrográficos de la región occidental.

Se han registrado entre 30 y 40 especies leñosas, su altura alcanza los 20 m. En claros y bordes son frecuentes las gramíneas bambusoideas, y en el subdosel existe una gran variedad de especies del género *Miconia*. También se pueden encontrar especies de la familia Caricaceae. Encontramos también las epífitas (plantas que viven sobre otras sin hacerles daño) y gran cantidad de especies de orquídeas sin ser inventariadas.

Bosque de Quinoa (*Polylepis spp*).

Se encuentran sobre los 3300 msnm. Se localizan generalmente en sitios cercanos a las lagunas, en sitios rocosos, encañonados y a las orillas de quebradas y riachuelos. El estrato arbóreo alcanza una altura entre 8 y 10 m, con árboles retorcidos y muy ramificados cuyos troncos y ramas están cubiertos de musgos.

Páramo herbáceo.

Denominada “páramo de pajonal”, su distribución alcanza todas las microcuencas. Fisonómica y estructuralmente es bastante homogénea, con predominancia de plantas en penachos junto a las cuales bajo las cuales crece un sinnúmero de otras pequeñas especies, también crecen asociados gran cantidad de pequeños arbustos.

Páramo de almohadillas.

La vegetación de esta zona, ocupa en su mayor parte las ciénagas o turberas, por lo que son muy importantes ya que muchos ríos y quebradas encuentran su fuente en éstos sitios. Forman mantos con musgos en donde están muchas especies adaptadas a la humedad.

Se localizan en hondonadas, pequeños valles y a veces en áreas de pajonal abierto, como por ejemplo el valle de Totoracocha (microcuenca del Mazán) y algunos lugares de las microcuencas de Soldados y Angas.

Herbazal lacustre.

Constituyen comunidades vegetales de alta especificidad y endemismo que cubren el contorno litoral de lagunas, o que pueden estar sumergidas en ellas. En lagunas de baja profundidad pueden dominar macrófitas acuáticas, como en el caso de la laguna Illincocha, donde casi toda la superficie lagunar está conformada por densos colchones de *Miriophyllum quitense*.

Existen especies endémicas como es el caso de *Carex azuayae*¹² y *Carex toreadora*¹³, propias del sector litoral de la laguna Toreadora que son buenos indicadores de la calidad del agua ya que su densidad depende de esta.

¹² PITMAN, N., *Carex azuayae*. En: UICN 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas, 2004, www.iucnredlist.org.

1.2.3 Especies de Plantas del Parque.

La flora del PNC representada por las especies de plantas es sumamente amplia y extensa, la Guía de Plantas de ETAPA habla de 500 especies de plantas vasculares y 71 de las más de 4000 especies de plantas endémicas ecuatorianas (10 son endémicas del Parque).

A continuación se describen las especies que presenta dicha guía cuya relación con los bosques de polylepis es estrecha.

🌸 *Passiflora cumbalensis* (gullán).

Son plantas trepadoras con flores solitarias, colgantes, de color violeta rosado, con un tubo largo que mide hasta 20 cm. El fruto es carnoso y comestible, de color amarillento. Se distribuyen desde Colombia a Perú.

Ilustración 2: *Passiflora cumbalensis* (gullán).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.

🌸 *Geranium multipartitum* (aguja sacha).


Son hierbas de hasta 5 cm de alto que forman alfombras pequeñas. Las flores son solitarias, tienen 5 pétalos de color lila. Su distribución es desde Colombia a Perú.

¹³ PITMAN, N., *Carex toreadora*. En: IUCN 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas, 2004, www.iucnredlist.org

Ilustración 3: *Geranium multipartitum* (aguja sacha).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.

 ***Brachyotum jamesonii*** (zarza o zarcillo sacha).

Arbustos endémicos del centro y sur del Ecuador, con pelos blancos gruesos en toda la planta, flores en pares, de color rojo-rosado, colgantes; pétalos sobrepuestos en forma de tubo, de color morado oscuro. Se utiliza para las limpias y para teñir diferentes artículos.

Ilustración 4: *Brachyotum jamesonii* (zarza o zarcillo sacha).



Fuente: La Autora.


 ***Diplostephium glandulosum*** (Asteraceae o Compositae).

Arbustos de hasta 3m de alto, con flores externas irregulares, de color lila intenso; e internas tubulares, de color amarillo. El fruto tiene una corona de pelos rojizos. Se encuentran en Colombia y Ecuador.

Ilustración 5: *Diplostephium glandulosum* (Asteraceae o Compositae).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.


 ***Gentianella longibarbata*** (Gentianaceae).

Planta endémica del Cajas con tallos ligeramente leñosos, flores de apariencia tubular, de color verde amarillento o amarillo limón, a veces con manchas moradas.

Ilustración 6: *Gentianella longibarbata* (Gentianaceae).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.


 ***Arracacia elata*** (Apiaceae).

Hierbas grandes bastante ramificadas de incluso más de 1m de alto, con tallos de color café-rojizo. Tiene muchas flores pequeñas de color verde-amarillento y frutos secos que miden hasta 8mm de largo.

Ilustración 7: *Arracacia elata* (Apiaceae).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.


 *Polylepis reticulata* (quinua o árbol de papel).

Arbustos o arboles que miden hasta 12m de alto; los troncos son retorcidos y tienen la corteza de color café-anaranjado, que se desprende en láminas delgadas como papel. Las hojas y las flores a menudo están cubiertas de pelos. Las flores miden alrededor de 5 mm y son de color verdoso (ver Capítulo 3).

Ilustración 8: *Polylepis reticulata* (quinua o árbol de papel).



Fuente: La Autora.

 *Neurolepis villosa* (Poaceae o Gramineae).

Bambúes enanos que miden hasta 1m de alto, crecen en grupos densos y son endémicas del sur del Ecuador.

Ilustración 9: *Neurolepis villosa* (Poaceae o Gramineae).



Fuente: ETAPA, *Guía de 100 PLANTAS silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, 2009.

1.3 Fauna.

El Parque Nacional Cajas es reconocido por ser albergue de todo tipo de especies animales, incluso de endémicas, entre estas, *Chibchanomys orcesi* o ratón pescador¹⁴, una serpiente *Colubridae* nueva para la ciencia, y *Atelopus exiguus* o Jambato¹⁵.

Además del hecho de que posee pequeños ecosistemas de bosque en áreas muy reducidas, le permite albergar un número realmente importante de aves, como es el caso de *Metallura baroni* o colibrí de cuello violeta¹⁶; por eso es un área clave para la conservación de aves en el Ecuador.

1.3.1 Ornitología.

Las aves son el grupo de mayor diversidad taxonómica y ecológica entre los vertebrados, son el grupo del que se tiene mayor información y también sirven como indicadores del estado de conservación de nuestro sitio estudiado.

Son parte integral de la dinámica del ecosistema ya que favorecen al control de plagas, a la polinización de las plantas y a la dispersión de las semillas.¹⁷

¹⁴ ETAPA, *Guía de mamíferos del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador 2009.

¹⁵ ETAPA, *Guía de Anfibios, Reptiles y Peces del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador, 2009.

¹⁶ ETAPA, *Guía de campo para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador 2009.

¹⁷ YÉPEZ, Itala, “Prioridades de investigación y conservación para las aves de páramo”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.

Una muestra importante de la avifauna ecuatoriana de los Andes la encontramos en Parque Nacional Cajas. Una de las aves más vistosas y emblemáticas del páramo es el cóndor de los Andes (ETAPA, 2009).

El PNC es un refugio irremplazable para la conservación de aves de páramo, justificadamente la BirdLife International en el año 2008 dentro de su programa mundial para identificar sitios prioritarios para evitar la pérdida de la biodiversidad, lo ha designado como Sitio IBA¹⁸ (Important Bird Area) o AICA (Area de Importancia para la Conservación de Aves).

En el Cajas y sus alrededores se han registrado más de 150 especies de aves de las cuales la cantidad de especies únicas es lo que hace a este lugar tan impresionante. El PNC alberga una de las apenas 8 especies de aves exclusivas del Ecuador que habitan únicamente en Azuay y Cañar, también viven aquí otras 6 especies de aves endémicas del Páramo de los Andes Centrales y Andes Centrales del Sur. El hábitat del parque presta refugio y protección a 9 especies consideradas en riesgo de extinción a nivel local y 6 a nivel global, estas especies necesitan de los bosques de polylepis para su desarrollo y son altamente vulnerables debido a la sensibilidad que presentan ante cualquier alteración, es éste otro motivo más para la conservación de dichos bosques (ETAPA, 2009).

1.3.1.1 Especies de Aves del Parque.

Dado que el motivo de esta investigación científica radica en estudios de los bosques de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata* y al ser estos últimos los nativos del Cajas, la explicación que se presenta a continuación ha sido tomada de la Guía de campo para la observación de aves del Parque Nacional Cajas de ETAPA y corresponde únicamente a las aves cuya relación con los bosques de polylepis es estrecha.

¹⁸ BIRDLIFE INTERNATIONAL, Cajas-Mazán, 2011, <http://www.birdlife.org>

■ Strigidae (búhos, mochuelos).

Aves nocturnas en su mayoría, predatoras, de cabeza grande, colores oscuros, ojos grandes rodeados por un disco facial y oídos muy desarrollados. Corresponde a esta familia la especie *Bubo virginianus* o búho coronado americano es el búho de mayor tamaño en Sudamérica.

Ilustración 10: *Bubo virginianus* (búho coronado americano).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.


■ Trochilidae (colibríes).

Presentan plumajes iridiscentes y tienen picos largos para obtener su alimento de las flores, al mismo tiempo estas se benefician de ser polinizadas. Corresponde a esta familia la especie *Metallura baroni* o metalura gorjivioleta, colibrí endémico de Azuay–Ecuador, considerado en peligro de extinción a nivel nacional e internacional. El PNC es la única área natural que protege su hábitat. Es una especie común en su limitado rango de distribución.

Ilustración 11: *Metallura baroni* (metalura gorjivioleta).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

 Picidae (carpinteros).

Aves conocidas por su pico fuerte y por su facilidad para trepar por la corteza de los árboles apoyándose en las plumas de la cola. Corresponde a esta familia la especie *Veniliornis nigriceps* o carpintero ventribarrado.

Ilustración 12: *Veniliornis nigriceps* (carpintero ventribarrado).

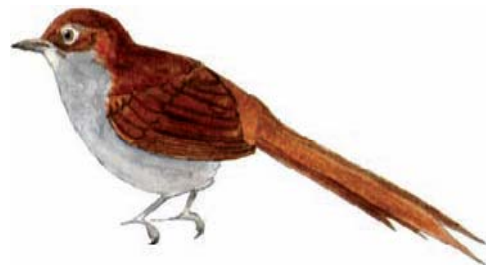


Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

 Furnariidae (colaespinas).

Son aves generalmente pequeñas, con colas largas y de colores con tonos café. Es la familia de aves que tiene más especies que dependen de la existencia de bosques de polylepis, tal es el caso de *Leptasthenura andicola* o tijeral andino, *Margarornis squamiger* o subepalo perlado, *Schizoeaca griseomurina* o colicardo murino; esta última es endémica de la biorregión Páramo Central Andino, en Ecuador y Norte de Perú.

Ilustración 13: *Schizoeaca griseomurina* (colicardo murino).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

🇪🇺 Tyrannidae (mosqueritos, atrapamoscas).

Es la familia con mayor diversidad de especies en Ecuador. La mayoría se alimentan de insectos y solo unos pocos de pequeños frutos. Corresponde a esta familia la especie *Mecocerculus leucophrys* o tiranillo barbiblanco.

Ilustración 14: *Mecocerculus leucophrys* (tiranillo barbiblanco).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

🇪🇺 Thraupidae (tangaras, picoconos).

Están entre las aves más hermosas. Son buenas dispersoras de semillas, por lo que su función en el ecosistema es muy importante. Corresponde a esta familia la especie *Oreomanes fraseri* o picocono gigante, ave rara que se alimenta de insectos; es considerada vulnerable a la extinción en Ecuador y casi amenazada internacionalmente. Por su interrelación con los bosques de polylepis también se destacan las especies *Anisognathus igniventris* o tangara montana ventriescarlata y *Xenodacnis parina* o xenodacnis la cual es una especie considerada en peligro de extinción en Ecuador.

Ilustración 15: *Anisognathus igniventris* (tangara montana ventriescarlata).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

Fringilidae (jilgueros).

Son aves pequeñas que viven en grupos. Tienen picos cónicos, con bandas amarillas en las alas. Corresponde a esta familia la especie *Carduelis magellanica* o jilguero encapuchado.

Ilustración 16: *Carduelis magellanica* (jilguero encapuchado).



Fuente: ETAPA, *Guía para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, 2009.

1.3.2 Herpetología.

Los reptiles y anfibios están representados en 156 individuos correspondientes a 18 especies de ranas y sapos, 3 de ellas están siendo confirmadas en institutos del exterior como posibles nuevas especies para la ciencia; cuatro son nativas del Ecuador, cuatro son endémicas de los Andes ecuatorianos y nueve son endémicas del PNC y sus áreas adyacentes.¹⁹

Se han identificado al menos 12 especies con alto grado de amenaza de extinción, entre estas tenemos a los géneros *Telmatobius*, *Atelopus*, *Centrolene*, *Hyloxalus*, *Gastrotheca* y *Pristimantis* (ETAPA, 2009).

Estos grupos forman parte importante de la dinámica del sistema. Por un lado son consumidores de macro y micro invertebrados (insectos básicamente), por otro son el sustento de otros grupos de animales (aves principalmente) y los renacuajos son fáciles presas de peces, especialmente truchas (ETAPA, 2009).

¹⁹ ETAPA. Op. Cit. p. 20.

1.3.2.1 Especies de Reptiles del Parque.

Como se ha mencionado con anterioridad, el PNC tiene reconocidas 18 especies de reptiles, los detallados a continuación son los más representativos del parque ya sea por sus características, endemismo, o simbiosis con los bosques de polylepis.

Todos los datos descritos a continuación han sido tomados de la guía de anfibios, reptiles y peces del Parque Nacional Cajas, publicada por ETAPA en el 2009 como parte de su campaña de difusión y conocimiento del PNC.

🦎 Bufonidae (jambatos o ranas arlequines).

Son sapos terrestres de movimientos lentos, con cuerpos anchos y extremidades gruesas y cortas. La mayoría posee coloraciones muy llamativas contrastantes brillantes. Corresponde a esta familia la especie *Atelopus nanay* o jambato negro.

Ilustración 17: *Atelopus nanay* (jambato negro del Cajas).



Fuente: Andrés Martínez y Ernesto Arbeláez

🦎 Strabomantidae (sapos de goma).

Son sapos de pequeño y mediano tamaño, que frecuentan sitios húmedos y se camuflan muy bien entre la vegetación densa. Presentan por lo general coloraciones crípticas. Un representante de esta familia es *Pristimantis philipi* o sapito de goma.

Ilustración 18: *Pristimantis philipi* (sapito de goma del Cajas).



Fuente: Ernesto Arbeláez

■ **Gymnophthalmidae** (lagartijas moteadas).

Son lagartos de pequeño tamaño, cuerpo delgado, cola alargada, tienen una lengua larga, estrecha y profundamente bifurcada en la punta. Son de coloración poco llamativa.

Una de las especies del PNC es *Pholidobolus macbreiday* o cuilán palo o lagartija minadora.

Ilustración 19: *Pholidobolus macbreiday* (cuilán palo).



Fuente: Amanda Vega

1.4 Limnología e Hidrología.

La limnología es el estudio de las relaciones funcionales y de productividad de las comunidades de agua dulce y la manera como las afecta el ambiente físico, químico y biológico²⁰. Según el Congreso Internacional de Limnología llevado a cabo en la Unión Soviética en 1971, el objetivo más importante de la limnología es estudiar la circulación de materiales, especialmente de sustancias orgánicas, en un cuerpo de

²⁰ WETZEL, Robert, *Limnología*, 1983.

agua, esto incluye las precipitaciones, escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración, entre otras.

La regulación hídrica es generalmente reconocida como una de las funciones ecosistémicas más importantes de los páramos²¹. Sin embargo, los procesos hidrológicos que están detrás de esta regulación todavía requieren de un mayor entendimiento y profundización.

El PNC es un sistema de montaña con un relieve que se eleva desde los 3160 msnm hasta los 4450 msnm., está configurado por las cabeceras de las cuencas hidrográficas de los ríos Balao, Cañar y Paute, de estas mencionadas las dos primeras son tributarias del Océano Pacífico y la última los es de la cuenca del Río Amazonas que desemboca en el Océano Atlántico. Este sistema hidrográfico en el parque da origen a la divisoria continental de aguas en el sector de Tres Cruces a 4167 msnm, siendo este el punto de división de aguas que van hacia el Pacífico o hacia el Atlántico, originando varios sistemas hidrográficos que, por un lado, atraviesan el valle de Tomebamba de oeste a este y, por el otro, corre de este a oeste bajando por el flanco más empinado hasta desembocar en el Océano Pacífico²².

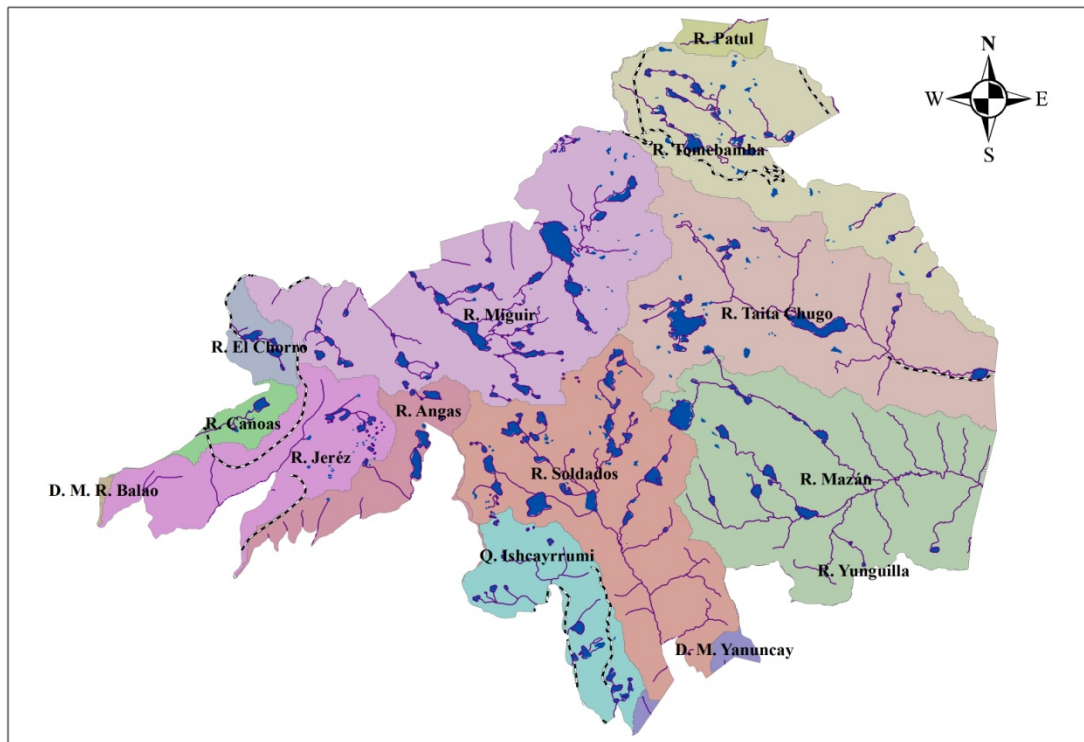
Estas cuencas están configuradas en 12 microcuencas y 3 microcuencas falsas (incompletas). Las microcuencas de mayor importancia, corresponden a: Río Mazán, Río Llaviucu, Río Matadero (Tomebamba), Río Luspa. El área de la microcuenca no definida completamente (falsa) supera las 818ha.²³

²¹ CARÚA, Juan, y otros. Op. Cit. p. 27.

²² ETAPA, *Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR)*, Cuenca – Ecuador, 1 de octubre de 2008, p. 10.

²³ Idem., p. 9.

Ilustración 20: Microcuencas del Parque Nacional Cajas.



Fuente: Gobierno Provincial del Azuay, *Cartografía base*, 2010.

Elaboración: La Autora.

Dos de los cuatro ríos que cruzan la ciudad de Cuenca nacen aquí, estos son el Tomebamba en la parte norte del Parque y el río Yanuncay en la parte sur.²⁴

Entre los sectores norte (Patul) y sur (Soldados), se incluye un sistema lacustre de formaciones de aguas lénticas (corrientes lentas – lagunas) de 230 lagunas permanentes, humedales y un centenar de pequeñas depósitos que aparecen en épocas de mayor humedad; aunque estas formaciones lacustres son comunes en la región andina, en la región Cajas adquieren récord de densidad en cuanto a su número por unidad territorial; 1,4 lagunas por Km², además de 3096,28ha de humedales, manteniendo un volumen de retención de agua de alrededor de 52'000000 de m³ que generan 6'600000 m³ de regulación de agua para uso fuera del parque como servicio ambiental en beneficio de la población de Cuenca y sus centros poblados.²⁵

²⁴ ETAPA, Op. Cit. p. 10.

²⁵ ETAPA, *Expediente para la inscripción del Parque Nacional Cajas y los tramos transversales del Qhapaq Ñan en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO*, Cuenca – Ecuador, 2009, p. 40.

Los cuerpos lénticos son el resultado de la relación de los factores presentes en el PNC, como son los orográficos, depresiones, hondonadas, aportes fluviales de agua subterránea, etc. Fueron originados gracias a la intensa actividad glacial del Holoceno, estas formaciones lagunares según su origen y disposición geomorfológica pueden ser tipo circo (circulares) o paternóster (rosario con tierra separante).²⁶

Los lagos tipo circo aparecen gracias a que el hielo esculpió depresiones en forma de anfiteatro en donde fue posible el almacenamiento del agua. Es posible encontrar sistemas tipo circo, donde una o dos lagunas de mayor tamaño reciben las aguas de los cuerpos de agua pequeños, tal es el caso de los microsistemas de las lagunas Burines y las de Pailacocha.²⁷

Los de tipo paternóster corresponden a aquellos cuya formación de lagunas es escalonada, una detrás de otra y en forma de rosario. De esta manera, la alimentación de agua es sucesiva, la laguna superior alimenta a la laguna siguiente. Como ejemplo se puede citar a la microcuenca del río Llaviucu formada por la cadena de las lagunas Osohuaycu, Mamamag y Llaviucu, y también la cadena de las lagunas Dublay Cocha y Angas (Bucheli, 2007).

En los cuerpos de agua del parque es posible observar todos los estados tróficos, existen lagos oligotróficos-hiperoligotróficos como el Mamamag y la Luspa, que tienen una alta – altísima transparencia y baja – escasa producción orgánica; lagos mesotróficos como el Llaviucu, con poca transparencia y producción media de materia orgánica; y los lagos eutróficos como Cucheros y Totoras en los cuales la transparencia es muy baja y tienen excesiva producción de materia orgánica.²⁸ En torno a esta clasificación también cabe mencionar a los estancamientos y ciénagas (turberas) formados por un altos depósitos de materia orgánica, tienen aspecto de una alfombra verde, dominada por especies de raíces largas y entrecruzadas más largas que la parte superior.

²⁶ ETAPA, Qhapaq Ñan. Op. Cit. p. 35.

²⁷ BUCHELI, Franklin, *Parque Nacional Cajas. Una oportunidad para la vida y el desarrollo local sustentable. Gestión descentralizada*, ETAPA, Cuenca, noviembre 2007, p. 56.

²⁸ ETAPA, *Guía de rutas del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador, 1 de octubre de 2008, p. 7.

Se debe señalar que la profundidad de los lagos es directamente proporcional a su eutrofización, de esta manera los lagos más profundos son los oligotróficos y los menos profundos son los eutróficos.²⁹

*Las lagunas más extensas del parque presentan una estratificación termal dependiente de la variación de la temperatura ambiental. La estratificación se mantiene durante los meses más abrigados de septiembre a mayo, mientras que la temporada de mezcla se da en los meses más fríos (julio y agosto). Dentro de estas lagunas, como parte del zooplancton, se han registrado los géneros *Daphnia*, *Metacyclops*, *Bosmina*, *Keratella*, *Ceriodaphnia*, así como los grupos de Copépodos Ciclopoideos, Copépodos Calanoides y el grupo de los Nauplios (Carrasco y Barros, 2000; Carrasco y Barros, 2001).³⁰*

Los ríos, riachuelos y todas las aguas corrientes del PNC se consideran como cursos permanentes, es decir, cuentan con agua durante todo el año, aunque presentan variaciones en su nivel de agua, estas se deben a épocas de estiaje bien marcadas.³¹

En cuanto a la forma que tienen los ríos del PNC, algunos son de tipo dendrítico como el caso del río Mazán. Se cuentan además cuencas de tipo pluma o ala, como es el caso de la cuenca del río Luspa; también existen las cuencas de tipo palma como es el caso del río Llaviucu.³²

“La calidad de las aguas de estos cursos depende de la naturaleza del terreno por el que cruzan.”³³ En general, “las aguas corrientes que alimentan y desfogon las lagunas tienen una buena calidad físico-química y albergan una diversidad considerable de fauna bentónica”.³⁴ Las características de este tipo de fauna varía dependiendo de las particularidades del río o riachuelo, es así que en los ríos más largos ubicados en la cabecera de los lagos y que fluyen constantemente por la superficie se encuentran

²⁹ ETAPA, Op. Cit. p. 7. Tomado de MARGALEF, 1983.

³⁰ ETAPA, Op. Cit. p. 8.

³¹ ETAPA, Limnología – Sistema lacustre o lagunar, 16 de enero 2010, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_lim.aspx

³² ETAPA, Ríos, características del ecosistema fluvial del PNC, 16 de enero 2010, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_lim.aspx

³³ Idem.

³⁴ ETAPA, Op. Cit. p. 8.

macroinvertebrados de los ordenes *Ephemeroptera* (familias Beatidae y Leptophlebiidae) y *Trichoptera* (familia Leptoceridae). Por el contrario, en los ríos ubicados en los efluentes de las lagunas, de corto recorrido y asociados a estancamientos o ciénegas, se encuentran los órdenes *Diptera* (familia Chironomidae), la clase Oligochaeta, y los crustáceos de la familia *Gammaridae* (Carrasco y Barros, 2000; Carrasco y Barros, 2001).

1.4.1 Humedales RAMSAR.

La convención RAMSAR se estableció en la ciudad Iraní de Ramsar, en 1971. Es un tratado intergubernamental entre países miembros, situados en todas las regiones geográficas del planeta, para mantener las características ecológicas de sus Humedales de Importancia Internacional y planificar el "uso racional", o uso sostenible de los recursos de todos los humedales situados en sus territorios.³⁵

En el año 2002 la Convención RAMSAR incluye al Parque Nacional Cajas en la lista de Humedales de Importancia Internacional, por sus sorprendentes características.

En la Ficha Informativa de los Humedales RAMSAR se cita:

En las Lagunas del Cajas se da un tipo de páramo lagunar sui generis. Es un sistema montañoso de excepcionales características en el cual se cuentan más de trescientos cuerpos de agua, en el que se sitúa este conjunto de lagunas e historia ubicado en la parte más cercana a la costa pacífica de los Andes en América. El Nudo de El Cajas es el punto de origen de un sistema hidrográfico que atraviesa el Valle de Tomebamba de Oeste a Este, donde se encuentra emplazada la ciudad de Cuenca (tercera ciudad del Ecuador y Patrimonio Cultural de la Humanidad); y 5 siglos atrás, lo estuvo la ciudad incásica Real de Pumapungo y antes, el asiento Paucarbamba de la civilización Cañari, siendo la fuente vital de abastecimiento de agua y de la

³⁵ RAMSAR, La convención sobre los humedales, enero del 2008, http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-introductory-ramsar/main/ramsar/1-36%5E16849_4000_2__

histórica conexión con la costa. Además es un ecosistema representativo de la biodiversidad del páramo andino con importantes características.

Según esta misma ficha informativa, el Cajas está considerado dentro de los siguientes tipos de humedales:

M- Ríos y arroyos permanentes.

P- Lagos estacionales intermitentes de agua dulce.

N- Ríos y arroyos estacionales.

Tp- Pantanos, esteros, charcas permanentes de agua dulce.

Ts- Pantanos, esteros, charcas estacionales intermitentes de agua dulce.

Así también se citan los criterios por los que el Cajas debe y es considerado un sitio de importancia Ramsar:

Criterio 1: El valor universal excepcional de las lagunas del Cajas radica en un conjunto de páramo lagunar andino con muy altos índices de valor estético paisajístico propio de su formación morrénica, hábitat de especies [...]

El Parque Nacional Cajas se encuentra localizado [...]. El Cajas contiene el registro completo de los procesos geólogo-geomorfológicos que dieron lugar a más de 300 cuerpos lagunares constituyéndose en una formación fisiográfica excepcional [...] y su importancia como reserva hídrica es estratégica.

Criterio 2.- El Cajas debe ser considerado como un humedal de importancia internacional ya que sustenta especies vulnerables [...]

Criterio 3.- El Parque Nacional Cajas debe considerarse de importancia internacional por sustentar poblaciones de especies vegetales y/o animales indispensables para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica determinada [...]

Esta zona es una de las pocas que presenta bosque en el sector occidental de la provincia del Azuay (bosque de Mazán), el cual sirve de corredor biológico para

las migraciones latitudinales en pequeña escala (Rodas, com. pers), lo que ayudaría a mantener la variabilidad genética de las poblaciones aisladas por la discontinuidad del hábitat, y por lo tanto, mejoraría sus posibilidades de supervivencia.

Criterio 4.- En cuanto a las especies migratorias, es un hábitat imprescindible para el Playero de Baird (Calidris bairdii)[...]. Llegan a la zona del Cajas en bandadas pequeñas, entre los meses de septiembre y noviembre; allí se alimentan de invertebrados en las orillas lodosas o rocosas de los riachuelos y lagunas. (Rodas, 1998).³⁶

1.5 Poblaciones.

Actualmente el parque no tiene culturas nativas, tampoco algún tipo de asentamiento humano dentro del mismo.

Sin embargo, existen poblaciones asentadas en las comunidades vecinas (poblados y caseríos) las cuales constituyen la razón de ser de toda actividad, son grupos netamente mestizos ya que se denota una acentuación en la pérdida de sus características indígenas (Bucheli, 2007).

La mayor parte de la población cercana al área está en Sayausí, ubicado entre Cuenca y el parque mismo; existen 9 localidades menores que circundan al PNC, que se van integrando a la conservación del área.

En cuanto a los esfuerzos realizados para la conservación de la zona en relación con sus habitantes cabe mencionar la suspensión de la concesión para actividades de piscicultura a gran escala en la zona donde nace el río Llaviuco, compra de terrenos a los comuneros de Hato Chocar de las partes altas de los ríos Mazán y Llaviuco, compra de propiedades en el sector de Llulluchas (Bucheli, 2007), programas de

³⁶ ETAPA, Op. Cit. p. 4 – 5.

educación ambiental, y proyectos para promover actividades de subsistencia compatibles con el medio ambiente, como el turismo comunitario.

Tabla 2: Localidades del Parque Nacional Cajas.

Comunidades	No. Personas		TAC
	1999	2001	
Llano largo y Zhin Alto	128	155	1,90%
Angas	62	33	-4,20%
San Antonio de Chaucha	288	108	-4,60%
Miguir	111	76	-2,80%
Río Blanco	232	152	-3,10%
Soldados	142	153	0,10%
Quinuas y Guavidule	33	58	0,60%
Baute	73	20	-60%
TOTAL	1069	755	-0,20%

TAC = tasa anual de crecimiento

Fuente: INEC. Censo de población y vivienda de 1990 y datos preliminares del censo de población y vivienda del 2001.

1.6 Arqueología.

En el Cajas, se pueden evidenciar restos de culturas ancestrales como los Cañaris y posteriormente los Incas.

Los Cañaris se asentaron en esta zona entre los años 500 y 1450 (período de Integración), el señorío comprendía 96 pueblos, 24 curacazgos y 72 comunidades menores, que formaban una alianza federativa en la cual se generalizaron las prácticas de culto a la luna, lagunas y montañas, que eran consideradas territorios sagrados³⁷

³⁷ ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador.

El Cajas era un sitio muy favorable para el desarrollo de las actividades de este pueblo, la presencia de las corrientes y cuerpos de agua aseguraba el riego – y con esto la fertilidad de las chacras – y el abastecimiento del líquido vital para las poblaciones situadas en el valle de Cuenca propiamente dicho.

Cuando los incas conquistaron la zona y fundaron la ciudad real de Tomebamba (actual Cuenca), la red de carreteras permitió que la relación entre los pueblos se mantenga y el Cajas se convirtió en ruta estratégica entre la Sierra y la Costa a través del *Qhapaq Ñan* o “Camino del Inca”, en este camino se destacan senderos interregionales que cruzan el parque a través de las siguientes rutas: Tomebamba – Cajas – Chacanceo – Puerto de Guayaquil; Tomebamba – Cajas – Molleturo – Puerto de Bola; y Tomebamba – Cajas – Chaucha – Puerto de Balao (Bucheli, 2007).

Esta vía mantenía la vida y progreso de los pueblos a través del comercio (intercambio), los principales productos de intercambio fueron el ajo, el algodón, la sal, la coca y en particular los depósitos de *Spondylm* y *Strombus*³⁸.

Este camino es transitable por 4km restaurados dentro del parque, entre la cueva de Luspa y la laguna de Mamamag.

En el parque y sus alrededores se han encontrado otros 28 sitios arqueológicos, que datan de los períodos pre-inca e Inca, entre ellos estructuras de templos con plataformas y cimientos de piedra en donde se realizaban prácticas religiosas ancestrales que fueron abandonados desde la llegada de los españoles (Bucheli, 2007).

³⁸ UNESCO, <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5548/>

CAPITULO 2

2. SUELO DEL PARQUE NACIONAL CAJAS.

El suelo es uno de los elementos menos estudiados en los páramos, a pesar de su importancia para las funciones ecosistémicas, especialmente la regulación hídrica, su enorme fragilidad a impactos agrícolas y su elevada capacidad de acumulación de materia orgánica (carbono)³⁹.

El Ecuador es una zona de especial riqueza en cuanto a páramos, se conocen en todo el sector los siguientes páramos (Proyecto Páramo, 1999):

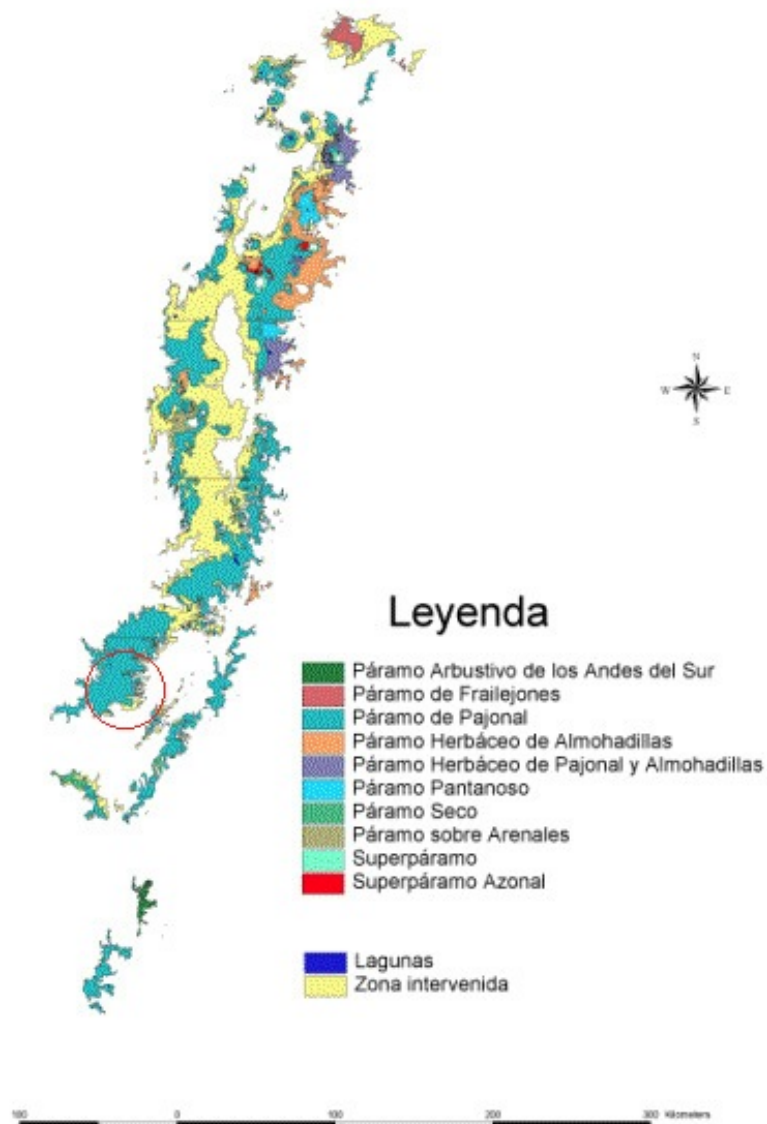
- Páramo Arbustivo de los Andes del Sur.
- Páramo de Frailejones.
- Páramo de Pajonal.
- Páramo Herbáceo de Almohadillas.
- Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas.
- Páramo Pantanoso.
- Páramo Seco.
- Páramo sobre Arenales.
- Superpáramo.
- Superpáramo Azonal.

Correspondiendo el Cajas a la zona con Páramo de Pajonal.

Ilustración 21: Tipos de Páramo en el Ecuador.

³⁹ SEVINK, Jan, “Suelos del páramo”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.

TIPOS DE PÁRAMO EN EL ECUADOR



Fuente: Proyecto Páramo, *Mapa Preliminar de los Páramos del Ecuador*, 1999.

2.1 Geología y Geomorfología.

La Geología comprende el estudio de la composición, estructura, propiedades, y la historia de los procesos por los que se formó, trasladó y cambió la Tierra.

La Geomorfología es una rama de la Geología que se refiere al estudio de las formas que toma la tierra en esta zona, es decir su relieve.

El Parque Nacional Cajas ocupa parte de los territorios de la cordillera occidental del Sur de los Andes ecuatorianos. Está a una altura entre los 3160 – 4450msnm. Este es el punto de divisoria continental de aguas más cercano a la costa del Pacífico, en toda Sudamérica.⁴⁰

El complejo lagunar data del período Cuaternario o etapa Antropozoica (hace 1,8 y 2,5 millones de años), la llamada “Edad de Hielo”. En esta era ocurrieron una serie de glaciaciones separadas por períodos interglaciares en los que variaba el clima y se derretían los glaciares, así en estos períodos en las elevaciones se labraron los valles en “U” y las lagunas escalonadas a manera de “cajas” (ETAPA, 2010).

Hace 300 mil años el Cajas era un inmenso glaciar y es un ejemplo impresionante de esta parte de la historia geomorfológica de los andes ecuatoriales⁴¹

La roca del parque se originó en la era mesozoica o secundaria (inicia hace 251 y termina hace 120 millones de años) (ETAPA, 2010). La formación de la cordillera de los Andes comenzó en el segundo período de ésta era (Jurásico), y posteriormente tomó su forma actual⁴²; debido al hundimiento, en un límite convergente, de la placa litosférica de Nazca por debajo de la placa Sudamericana.

Al principio de la “edad de hielo” (Cuaternario) en la época conocida como Pleistoceno, la temperatura promedio de la Tierra era bajo 0, a partir de los 3600 metros de altura una densa capa de hielo cubría la Tierra. Las cumbres del Cajas, a pesar de no ser muy elevadas tuvieron la suficiente altitud como para ser cubiertas por este manto glaciar de aquella época y dar lugar así a grandes movimientos de hielo y tierra que modificaron y transformaron la geografía del terreno de forma singular.⁴³

⁴⁰ ETAPA, Geología y Geomorfología – Divisoria continental de aguas, 16 de enero 2010, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_geo.aspx

⁴¹ CARRASCO, J. Op. Cit.

⁴² GANSSE, A., *Facts and theories on the Andes*. Journal of the Geological Society, Vol. 129, 1973.

⁴³ Idem.

El hielo se acumulaba en la superficie en grandes capas compactas que bajo el peso y la gravedad acababan deformando los glaciares y creaban lenguas de hielo que se deslizaban lentamente hacia abajo erosionando la tierra y dando origen a los característicos valles en forma de U que encontramos en el Cajas, como el valle de Quinuas o Soldados, el cual a su vez es origen del valle del Tomebamba (Carrasco, 2005 – 2009).

Así también se formó la laguna de Llaviuco hace más de 13 mil años, al crearse una morrena en su límite, esta impidió la circulación del río hacia abajo y creó la laguna, esta morrena marcaba el final del valle glaciar en el largo proceso de deshielo, finalmente el agua del glaciar rompió la barrera que la limitaba y creó la salida del actual río Llaviuco (Carrasco, 2005 – 2009).

Sin embargo la superficie del Cajas contiene muchas otras evidencias del proceso glaciar, si algo destaca y sobresale como resultado del largo cambio climático es la inmensa cantidad de lagunas que encontramos. Estas se formaron debido al efecto de los grandes agujeros provocados por el hielo y las morrenas siendo en número una zona con muy alta cantidad y extensa variedad de lagunas glaciares.⁴⁴

Las principales formaciones de la región son las siguientes:

- “Terrazas (Holoceno) suelos compuestos de material grueso de origen volcánico, proveniente de las partes altas de la Cordillera Occidental” (ETAPA, 2010) y de los volcanes del norte del Ecuador.
- “Depósitos Coluviales y Aluviales (Holoceno): se encuentran en las laderas de los valles, estando en formación hasta los actuales días.” (ETAPA, 2010).

Observando estas evidencias prácticamente intactas, el Cajas se convierte en un archivo ambiental de la edad del hielo, un lugar excepcional donde estudiar las glaciaciones de los Trópicos de Sudamérica y en una escala global comprender mejor el cambio climático que actualmente vivimos.

2.2 Edafología.

⁴⁴ ETAPA, Op. Cit. p. 4.

La edafología se refiere al estudio de la composición de los suelos en relación con las plantas y el entorno que le rodea.

El suelo del PNC es sumamente rico en materia orgánica, gracias al hecho de existir aquí una gran variedad de flora endémica y adaptada además de sus características en cuanto al clima. Según la Guía de Rutas del Parque Nacional Cajas, la materia orgánica en el Parque alcanza un espesor de 50cm a 100cm, lo cual promueve la retención de agua (52 millones m³)⁴⁵, y una escorrentía anual que favorece la disponibilidad continua de este recurso (6 millones m³/año)⁴⁶.

Este tipo de suelo se encuentra en pocas zonas del planeta, corresponde a Andosol (FAO/ISRIC/ISSS, 1998) ó Andisol (Soil Survey Staff, 1995) e Histic Andosols.

El primer tipo de suelo referido agrupa suelos de origen volcánico de color oscuro y muy porosos, en los cuales la química del hierro (Fe) y/o aluminio (Al) juega un rol principal en su formación. Se desarrollan a partir de cenizas y otros materiales volcánicos. Tienen alto contenido de materia orgánica, una gran capacidad de retención de agua debido a su porosidad y mucha capacidad de cambio⁴⁷.

Se encuentran en regiones húmedas, desde las regiones circumpolares hasta las tropicales, y pueden encontrarse junto una gran variedad de vegetales. Su rasgo más sobresaliente es la formación masiva de complejos amorfos humus-aluminio.⁴⁸

Debido a la presencia de altos contenidos de compuestos organominerales estables, especialmente en el horizonte superficial, los Andisoles resultan ser suelos muy bien estructurados que propician el buen drenaje, pero a su vez presentan una buena retención de humedad. Estos suelos poseen una baja densidad aparente y baja resistencia al corte tangencial, por lo que son fáciles de arar, sin embargo son

⁴⁵ ETAPA, Op. Cit. p. 40.

⁴⁶ Idem.

⁴⁷ MENA, Josse y MEDINA, G. *Los Suelos del Páramo*, Serie Páramo, Quito, 2000.

⁴⁸ United States Department of Agriculture, Andisols,
<http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/andisols.html>

susceptibles de compactarse en el caso de utilizar maquinaria pesada o sobrepastoreo.⁴⁹

Tienen la ventaja de renovarse con suficiente frecuencia, por lo tanto son suelos que se mantienen jóvenes y conservan buenos niveles de nutrimentos. Sin embargo, por estar situados en zonas con pluviosidad media o alta, mucha agua pasa por el pedón, lo cual unido a su buen drenaje, los hace susceptibles a empobrecerse gradualmente. Su fertilidad potencial puede estimarse por medio de la suma de bases (Ca, Mg,K). La alta fijación de P que por lo general supera el 70% y llega fácilmente a valores de 95% constituye la principal limitante de estos, en otros casos lo hace la elevada pendiente en la que suelen encontrarse.⁵⁰

Los Andosoles Hísticos o Histic Andosols son suelos orgánicos, igualmente desarrollados sobre materiales volcánicos, con alto contenido de materia orgánica sin descomponer, saturados de agua por largos períodos a lo largo del año. Con un Horizonte Hístico en los primeros 40cm. del suelo.

El Horizonte Hístico tiene las siguientes características:⁵¹

■ Un contenido en C orgánico, expresado en peso, que se ajuste a alguna de las situaciones que siguen:

18% o más, si la fracción mineral contiene un 60 % o más de arcilla.

12% o más, si la fracción mineral no contiene arcilla.

Un valor proporcional para contenidos intermedios de arcilla de la fracción mineral.

Cuando se presenta en materiales característicos de un horizonte ándico, se debe superar el 20%.

■ Debe estar saturado con agua al menos un mes en la mayoría de los años, salvo que esté drenado artificialmente.

⁴⁹ ETAPA, FIR. Op. Cit. p. 8

⁵⁰ CASTRO, Dimas, Malagón, *Los suelos de Colombia*, Colombia, s/a.

⁵¹ FAO, <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/BMRHistico.htm>

- Debe poseer un espesor mínimo de 10 cm. Cuando su espesor es menor de 20 cm, el contenido en C orgánico de la mezcla de los primeros 20 cm debe ser como mínimo del 12 % en peso.

2.3 Clima.

Existe mucha preocupación sobre los impactos del calentamiento global sobre los páramos. Los escenarios que se manejan van desde la pérdida de sus funciones ecosistémicas como la regulación hídrica, hasta su total extinción como ecosistema.

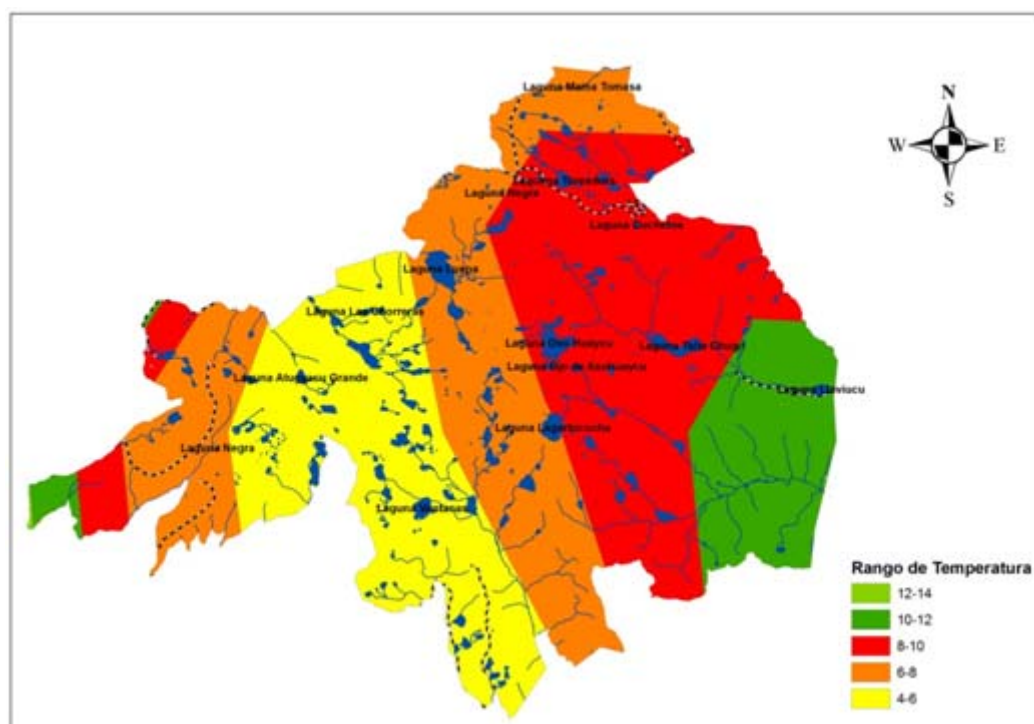
Muchos elementos señalan que el páramo es extremadamente vulnerable al calentamiento global, ya que algunas de sus propiedades claves están relacionadas con la característica de pertenecer al trópico frío.⁵²

Los datos generales sobre el clima del Cajas apuntan a un rango de temperatura entre -2°C a 18°C y una humedad medio anual de 1200mm. Sin embargo el rango de temperatura citado es muy amplio y para fines específicos se puede considerar un rango entre 4,6 – 13,2 °C.⁵³

⁵² ETAPA, FIR. Op. Cit. p. 9.

⁵³ Idem.

Ilustración 22: Isotermas en la Superficie del Parque Nacional Cajas.



Fuente: Gobierno Provincial del Azuay, *Cartografía base*, 2010.

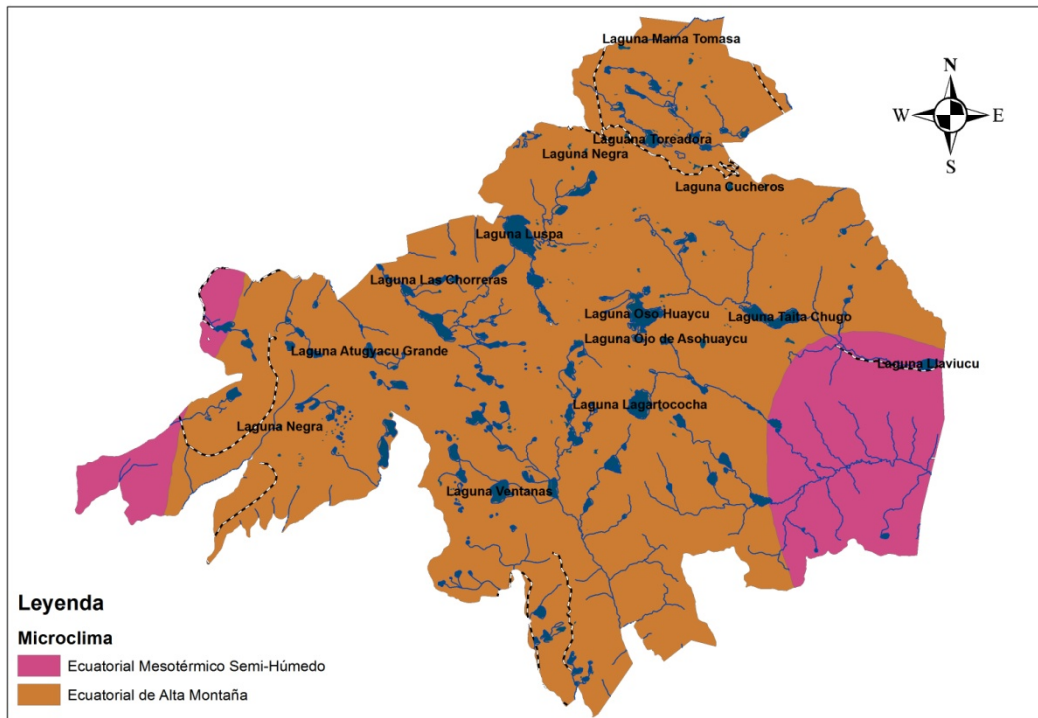
Elaboración: La Autora.

2.3.1 Microclimas.

Un microclima es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra. Los factores que lo componen son la topografía, temperatura, humedad, altitud – latitud, luz y la cobertura vegetal.

Es por tanto lógico suponer que el Cajas tiene una variedad extensa de microclimas debido a que los factores antes mencionados son tan variados.

Ilustración 23: Microclimas predominantes en la zona.



Fuente: Gobierno Provincial del Azuay, *Cartografía base*, 2010.

Elaboración: La Autora.

El microclima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo corresponde a las zonas más bajas del PNC, siendo estas las que tienen un clima menos frío por su altitud.

El Ecuatorial de Alta Montaña se encuentra en la zona central del Parque, lugar en donde se ubican las mayor cantidad de elevaciones y por tanto la zona más fría del parque.

CAPITULO 3

3. POLYLEPIS SPP.

3.1 Características Generales.

Es un género de especies arbóreas que crecen a grandes altitudes y se encuentran aisladas o como parte de los remanentes boscosos en los páramos, conocidos también como Quinoa, Yagual o Árbol de Papel, comúnmente se encuentran a lo largo de la Cordillera de los Andes en los países de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, norte de Chile y noroeste de Argentina (Narváez, 2005).

En Ecuador se encuentran en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar y Azuay en lugares con climas fríos de páramo y sobre los 2800msnm (Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana, 1992).

Tabla 3: Ubicación de las especies de polylepis en el Ecuador.

Provincia	Área	Comunidad	Altitud msnm
Imbabura	San Rafael	Tocagón	2800
Cotopaxi	TTP	Cotopilaló San Francisco	3100-3200
Tungurahua	Pilahuín	Yatzaputzán Tamboloma	3550-3650

Chimborazo	Cebadas	Guarguallá Pancún	3100-3600
Grupo del Páramo			
Chimborazo	-	Sali	3400
Cañar	Patococha	Quilloac Shayac Rumi Chuchucán Cuchucún	2800-3200

Fuente: Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana. *Usos Tradicionales de las Especies Forestales Nativas en el Ecuador*, CESA, Quito - Ecuador, 1992.

Cabe señalar que el autor de la tabla 3 no indica la existencia de polylepis en Azuay, sin embargo su presencia es marcada en esta provincia.

Son árboles sumamente bien adaptados al frío, hay árboles que crecen sin problema por encima de los 4000msnm (Mena y Medina, 2001), debido a las características de su corteza que aparece desprendida en láminas numerosas semejantes al papel – el nombre polylepis significa “muchas escamas” – formando un paquete alrededor del tronco a modo de aislante térmico, protegiendo a la planta contra heladas⁵⁴.

Ilustración 24: Corteza de polylepis.



Fuente: La Autora.

⁵⁴ PRADO, Lenin y VALDEBENITO, Hugo, *Contribución a la fenología de especies forestales nativas andinas de Bolivia y Ecuador*, Intercoporation, Quito – Ecuador, 2000.

Los bosques de polylepis generalmente forman pequeños parches (Narváez, 2005), donde esta especie leñosa es la dominante o exclusiva⁵⁵

Esta ubicación fragmentada y aislada de los bosques puede deberse a dos circunstancias:

La primera – hasta hace pocas décadas considerada como normal – indica que estos bosques se encuentran en zonas reducidas debido a que están asociados a las laderas y quebradas rocosas ya que estas funcionarían como protección contra las fluctuaciones drásticas de temperatura, heladas nocturnas y los vientos helados (Kessler, 2006).

La segunda caso – probado por estudios recientes – indica que debido a la explotación intensiva para la extracción de madera, incendios forestales y cambio de uso de la tierra, este tipo de vegetación ha sido reducida a pequeños grupos de bosques en laderas y zonas rocosas de difícil acceso tanto para los seres humanos cuanto para el ganado (Kessler, 2006).

Ilustración 25: Bosque de polylepis.



Fuente: Gonzalo Ortiz/IPS

⁵⁵ KESSLER, Michael, *Bosques de Polylepis*, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia, 2006.

Entre los problemas graves que enfrenta los bosques de este género están las quemadas, como mal concebidas prácticas para provocar lluvias y métodos para cacería; extracción de leña, la deforestación para hacer cultivos (Kessler, 2006) y por más contradictorio que parezca, la reforestación.

Las quemadas y deforestación afectan de manera drástica la abundancia y distribución de los bosques mientras que la reforestación mal realizada, sembrando especies no locales o incluso introducidas crearía competencia con las especies endémicas pérdida de las mismas; y pérdida de recursos genéticos (Narváez, 2005).

3.2 Clasificación.

Tabla 4: Clasificación Científica de polylepis.

Superreino:	Eukaryota
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Sanguisorbeae
Subtribu:	Sanguisorbinae
Género:	Polylepis Ruiz & Pav.

Aunque este género incluye a aproximadamente 28 especies distribuidas a lo largo de toda la Cordillera de los Andes, en el Ecuador se registran 5 especies⁵⁶:

⁵⁶ Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana. *Usos Tradicionales de las Especies Forestales Nativas en el Ecuador*, CESA, Quito - Ecuador, 1992.

Polylepis incana.

Polylepis reticulata.

Polylepis serícea.

Polylepis lanuginosa.

Polylepis weberbauerii.

Hay cuatro variedades: blanca, amarilla, colorada y negra.

La formación de híbridos es común entre especies que comparten hábitats o se encuentran en zonas de simpatria (Romoleroux, 2000). Esta condición limita el estudio por medio de caracteres morfológicos debido a que puede existir adaptaciones puntuales a condiciones ambientales particulares (Narváez, 2005).

Por ser la más numerosa en el Parque Nacional Cajas, *Polylepis reticulata* es el centro del estudio de esta tesis.

3.3 Morfología.

Son árboles pequeños y arbustos de 3-5 metros de altura a veces con varios troncos retorcidos. La corteza aparece desprendida en láminas numerosas de color rojo hasta amarillo o café. Las hojas alternadas, imparipinada con 1-7 pares de folíolos laterales, estípulas unidas con la base del pedicelo y que forman una vaina⁵⁷.

La inflorescencia es un pedúnculo largo de 5 hasta 20cm, con 5 hasta 30 flores dependiendo de la especie (s/a, 1986).

Las flores son polinizadas por el viento y poseen características típicas de esta forma de polinización; es decir pétalos reducidos, estambres sobresalientes, 1 carpelo con estilo prolongado con estigma lanceolado que parece un embudo, ovario inferior, el fruto es un aquenio (s/a, 1986).

⁵⁷ s/a, *Forestación con especies nativas*, Resumen del 2 encuentro sobre forestación con especies nativas de los andes ecuatorianos, Cuenca – Ecuador, 26 – 28 de junio de 1986.

Frecuentemente hay una diferencia marcada de la forma y la pubescencia de los folíolos, entre plantas tiernas y ramas maduras de la copa de árboles mayores (s/a, 1986).

3.3.1 *Polylepis reticulata*.

Un árbol endémico de Ecuador, encontrado en las provincias de Napo, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Azuay en los bosques nublados entre los 2850 y 4300msnm.

“Cuatro de las 13 subpoblaciones conocidas están dentro de la Red de Áreas Protegidas de Ecuador: en la Reserva Ecológica Los Ilinizas; Parque Nacional Cajas; Parque Nacional Llanganates; y en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo.”⁵⁸

“En el Parque Nacional Cajas un inventario cuantitativo registró entre 80 y 330 tallos > 2.5 cm de la especie en una muestra de diez hectáreas (F. Serrano, pers. comm.). La especie permanece en la categoría Vulnerable propuesta en 1998 (Oldfield et al. 1998).”⁵⁹

Los troncos son retorcidos y tienen la corteza color café-anaranjado que se desprende en delgadas láminas.⁶⁰

Las hojas son alternas y crecen amontonadas en las puntas de las ramas, conformadas por 3 hojuelas que miden hasta 2,5cm de largo (Ulloa y otros, 2004).

El envés de los folíolos de las hojas de los árboles maduros está cubierto con una capa entretejida de unos pocos pelos lustrosos o sedosos, a veces ubicada solamente o más aparentemente en los nervios, y/o con una capa abierta de pelos cortos y

⁵⁸ ROMOLEROUX, K. y PITMAN, N. 2004. *Polylepis reticulata*. En: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species, 2011.1, www.iucnredlist.org

⁵⁹ Idem.

⁶⁰ ULLOA, Carmen, y otros, *100 plantas silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, ETAPA, Cuenca – Ecuador, 2004.

rizados (en este caso los folíolos serán 3 o 4 veces más largos que anchos) o casi glabros (s/a, 1986).

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 (Ulloa y otros, 2004).

La superficie exterior de la vaina del estípulo y también el borde revertido del folíolo tiene pelos sedosos y lustrosos, o pueden ser glabros en hojas ambiguas (s/a, 1986).

Ilustración 26: *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 27: *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

En el Parque Nacional Cajas forman bosquetes remanentes en el páramo.

Posiblemente estos bosques cubrían áreas más extensas en el pasado, pero debido al impacto de las quemas y el pastoreo en la actualidad se encuentran reducidas (Ulloa y otros, 2004).

3.4 Aplicaciones.

- Las hojas proporcionan alimento para animales (CESA, 1992).
- Se usa para leña y para elaborar carbón, por lo que es importante económicamente ya que constituye el único recurso maderable en estas las alturas (CESA, 1992).
- La corteza se utiliza como tinte para teñir tejidos.
- Se le atribuyen principios medicinales. Las hojas en infusión se usan para curar gripes; se preparan baños en casos de parto. En emplastos se aplica sobre fracturas. La corteza posee propiedades medicinales astringentes para curar enfermedades respiratorias y renales (CESA, 1993).
- Constituye la materia prima para elaborar arados, cabos, postes, muebles, cucharas, bateas, estacas, casa chozas y corrales. Su madera es muy cotizada y con ella se elaboran otras artesanías (CESA, 1992).
- Es un protector climático (CESA, 1992).
- Dado que incorpora gran cantidad de materia orgánica, así como tiene gran capacidad de penetración y expansión de sus raíces, es utilizada en la protección de cuencas hidrográficas.
- Se usa como adorno en las cercas vivas y como protector incorporado a los arreglos agro-forestales (CESA, 1992).

- La especie es apta para implementar sistemas agroforestales sin afectar los cultivos aledaños, particularmente en zonas de altitud elevada y fríos intensos (Hofstede et al., 1998)
- Los bosques albergan una fauna y flora única, especialmente aves especialistas de hábitat y altos niveles de endemismo.

CAPITULO 4

4. PINO SPP.

4.1 Características Generales.

Es un árbol de la familia de las Pináceas, la mayoría de las especies son originarias de las zonas templadas y mediterráneas de Europa, Asia y Norteamérica, por otro lado las especies tropicales proceden de tres grandes zonas, Centroamérica (montañas desde México hasta Nicaragua), El Caribe y la zona Asiática, son usados por su buena madera y rápido crecimiento.⁶¹

Todos los pinos requieren suelos bien drenados y su rango de acidez puede ir desde muy ácido hasta suelos calizos (Geilfus y Bailón, 1994).

Las especies de pino consumen mucha agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente secan el suelo, lo que ocasiona posiblemente pérdida de fertilidad y una descomposición más acelerada que no es compensada por la entrada de nueva materia orgánica debido a que la hojarasca de pino es muy uniforme y resistente a microorganismos; de esta manera el suelo de un bosque de pino presentará menor cantidad de materia orgánica y humedad que un suelo de páramo con vegetación endémica (Cortés et al. 1990, Hofstede 1997).

⁶¹ GEILFUS, Frans y BAILÓN, Pascual, *El Arbol al Servicio del Agricultor: Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural*. Turrialba - Costa Rica, 1994.

Debido al espesor de las copas de los pinos no es posible que ingrese mucha luz, alterando las condiciones microclimáticas y edáficas, por lo que la flora nativa no está presente en este hábitat (Ohep y Herrera 1985).

Muchas veces no existe sotobosque debido a la cantidad de hojarasca sin descomponer bajo las plantaciones de pino (Cortés et al. 1990, Hofstede 1997).

También se conoce que producen sustancias alelopáticas que impiden el desarrollo de otra vegetación (Geilfus y Bailón, 1994).

Ilustración 28: Límite del Bosque de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 29: Bosque de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

En las ilustraciones 28 y 29 se puede observar el drástico cambio de vegetación en el suelo de los bosques de pinos, en el caso de la primera el páramo predominante en la zona es interrumpido por hojarasca y “maleza” del bosque. En la segunda imagen se puede observar pasto que está perfectamente delimitado por el contorno del bosque de pino, teniendo este un suelo cubierto por hojas secas de color rojo y sin presencia de ninguna otra forma de flora.

4.2 Clasificación.

Tabla 5: Clasificación Científica del Pino.

Superreino	Eukaryota
Reino	Plantae
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Género	<i>Pinus</i>
Subgénero	<i>Pinus</i>
Familia	<i>P. patula</i>

Aunque de este género se conocen cerca de 100 especies, en el Parque Nacional “El Cajas” se encuentra cultivada la especie *Pinus patula*, originaria del Oeste de México.

Ha sido introducido en diversas partes del mundo principalmente por la buena calidad de papel que proporciona y puede ser plantado a altitudes muy diferentes de su lugar de origen, tal es el caso de Ecuador (PNC entre otras zonas), Bolivia, Colombia, Brasil, Australia, entre otros.

Su categoría es de menor riesgo según la IUCN.⁶²

4.3 Morfología.

Son árboles resinosos, de tronco derecho, crecen hasta 2 metros por año en los primeros años llegando a alcanzar 25 – 30m de altura (Geilfus y Bailón, 1994).

Tienen la corteza rugosa, escamosa y rojiza (Geilfus y Bailón, 1994), sus ramas están dispuestas en pisos lo que da a su densa copa una forma piramidal.

Sus hojas son de color verde claro, tienen forma de aguja (acículas) y se encuentran en grupos de 2-5 con una longitud de 15-25cm.⁶³

No poseen flores ni frutos verdaderos. Las semillas se encuentran en los conos hembras y el polen en los conos machos (Geilfus y Bailón, 1994).

Todas las especies de *Pinus spp.* se parecen mucho y se distinguen por el número de agujas agrupadas, tamaño del cono y de las semillas, aspecto, etc. (Geilfus y Bailón, 1994).

⁶² Conifer Specialist Group 1998. *Pinus patula*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17 september 2011.

⁶³ LÓPEZ, Antonio, y SÁNCHEZ DE LORENZO CÁCERES, José, *Arboles en España: Manual de Identificación*, Segunda Edición, Madrid - España, 2001.

Ilustración 30: Copas de arboles de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 31: Arboles de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

4.3.1 Pinus patula.

Es una especie nativa de México en donde se lo conoce también como “pino colorado”, en este lugar crecen entre los 1800 y 2700msnm, no soporta grandes

períodos de temperaturas muy bajas sin embargo debido a la adaptación ocasionalmente resiste las heladas (Geilfus y Bailón, 1994).

Este árbol alcanza hasta 25m de altura (López y Sánchez, 2001).

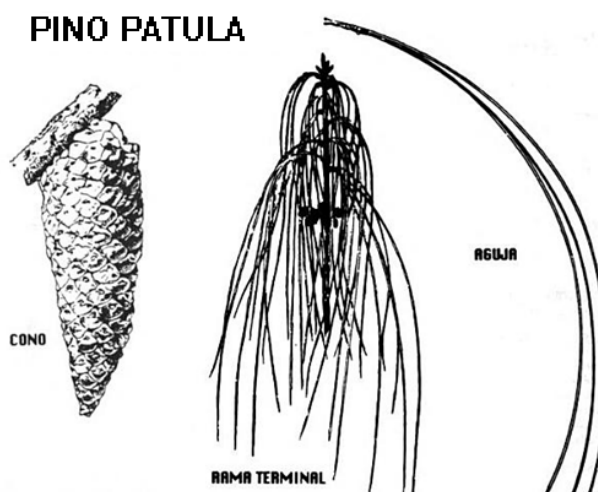
Sus acículas son colgantes y están en grupos de 3, miden entre 15-25cm de longitud y 1,5mm de grosor (López y Sánchez, 2001).

Yemas cilíndricas, alargadas, con escamas libres, no resinosas⁶⁴

Piñas subsentadas o pedunculadas de 7-8 cm. de longitud, ovado-cónicas, a veces apareciendo en grupos, de color pardo claro; permanecen varios años sobre el árbol (López y Sánchez, 2001).

Escamas aplanadas con ombligos no punzantes (López y Sánchez, 2001).

Ilustración 32: Partes de la rama de *Pinus patula*.



Fuente: GEILFUS, Frans y BAILÓN, Pascual, *El Arbol al Servicio del Agricultor: Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural*. Turrialba - Costa Rica, 1994.

⁶⁴ RODRÍGUEZ, Guillermo y RODRÍGUEZ, Roberto, "Las Especies de Pinaceae Cultivadas en Chile", *Bosque*, Universidad Austral de Chile, vol 4, No. 1, Chile, 1981.

Estas especies han sido plantadas en muchas zonas del país, siendo las “preferidas” los páramos de la sierra centro y sur. Su introducción fue hecha por Luciano Andrade Marín en 1925. Después del eucalipto es la especie forestal mayormente plantada en la Sierra.

La presencia del *Pinus patula* específicamente, es más reciente. La primera plantación de pino a gran escala se realizó en el páramo del volcán Cotopaxi y su uso se extendió a partir del año de 1960. Son muchas las especies de eucalipto y pino que han sido introducidas al Ecuador, sin embargo *Eucaliptus globulus* y *Pinus radiata* son utilizadas ampliamente⁶⁵.

Los criterios para que esta especie haya sido escogida responde a dos factores principalmente, “su fácil adaptación a climas extremos, con alturas superiores a los 3000msnm y las tasas de rendimiento superior al ser introducidas en los Andes ecuatoriales: las plantas de pino y eucalipto tienen un crecimiento hasta de 15m³/ha/año, en relación a los incrementos medios de las demás especies que se encuentra en alrededor de los 10 m³/por ha/año”⁶⁶

Se convenció a las comunidades para que plantaran los árboles con el argumento de que llegado el turno de explotación de la madera a los 20-25 percibirían buenas sumas de dinero por su venta. Además de que podrían aprovechar la madera de las podas y raleos como leña y la cosecha de los hongos que crecerían bajo los árboles. También se promocionó que los bosques plantados servirían para regular el ciclo hidrológico y conservar suelos, flora y fauna (Granda, 2006).

En el Parque Nacional Cajas se observa plantaciones de *Pinus patula* en las zonas anteriores al primer control en la vía Cuenca-Molleturo y en la zona de Quinuas.

⁶⁵ GRANDA, Patricia. *Monocultivos de árboles en Ecuador*, mayo del 2006.

⁶⁶ Idem.

Ilustración 33: *Pinus patula* – zona de Quinuas.



Fuente: La Autora.

Ilustración 34: *Pinus patula* – zona de Quinuas.



Fuente: La Autora.

Ilustración 35: *Pinus patula* – zona de Quinuas.



Fuente: La Autora.

4.3.1.1 Especies relacionadas con el suelo de los bosques de *Pinus patula* del Parque Nacional Cajas.

 **Micorrizas.**

Sucede una relación simbiótica entre las raíces de *Pinus patula* y hongos altamente especializados que habitan en ella.⁶⁷ La función de un hongo es la de absorción, por lo que se extienden por el suelo proporcionando agua y nutrientes y protegiendo las raíces de algunas enfermedades. A cambio, el hongo recibe el azúcar que necesita, proveniente de la fotosíntesis de la planta.

Por este motivo la producción de micorrizas es muy importante en la dinámica de este ecosistema ya que gracias a esta se ve favorecido el crecimiento y mejora de la resistencia del pino (Reyes, 2004).

⁶⁷ REYES, Martha, *Síntesis de micorrizas en Pinus caribaea con cepas nativas de Pisolithus tinctorius y Scleroderma sp. en contenedor*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, octubre de 2004.

Actualmente las micorrizas también se comercializan en el mercado debido a que su beneficio no solo se limita a los cultivos de pinos, sino también en una forma general a los cultivos de árboles frutales, ornamentales, plantas medicinales, etc.

Según su morfología, las micorrizas se dividen en las ectomicorrizas y las endomicorrizas (Reyes, 2004).

Muy comunes en el pino son las ectomicorrizas.⁶⁸

Ectomicorrizas.

“Se forman después que las esporas o filamentos del hongo entran en contacto e invaden las raíces [...]. El micelio del hongo, estimulado por los elementos nutritivos de la raíz, cubre enteramente la punta de la misma con un manto de filamentos (red de Hartig) que se extiende al suelo circundante [...] ambos mantienen sus características vitales sin mostrar síntoma de enfermedad. A medida que las células vegetales infectadas se dividen y se alargan, las substancias que segregan los hongos causan que las raíces sean más cortas que las no infectadas y hacen que se ramifiquen también.”(Reyes, 2004).

Ilustración 36: Micorrizas en el suelo de una plantación de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

⁶⁸ GILLESPIE, Andrew. *Pinus patula* Schiede & Deppe. Pino pátula pine, ocote., New Orleans, LA – United States, 1992.

La ectomicorriza, ha demostrado ser resistente al ataque de los patógenos del suelo como la *Phytophthora*, *Fusarium* y *Phytium*, protegiendo así a los pinos huéspedes (Reyes, 2004).

Hay una serie de mecanismos por lo que esto ocurre:

- Producción de antibióticos por el hongo mismo, que inhibe a los patógenos de la raíz.
- La barrera física creada por el manto de las hifas.
- Producción de inhibidores químicos por el huésped, inducidos como reacción a la invasión por parte del hongo.
- El establecimiento de poblaciones de microbios que hacen una labor de protección en la rizoesfera.

🍄 Hongos del pino (*Boletus luteus*): En las plantaciones de pino, durante la estación lluviosa aparecen hongos comestibles. Se pueden recolectar para secarlos y enfundarlos para la venta en los supermercados o su exportación.⁶⁹

Ilustración 37: Hongos del pino (*Boletus luteus*).



Fuente: La Autora.

⁶⁹ AÑAZCO, Mario, y otros, *Productos Forestales No Madereros en el Ecuador (PFNM)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Quito - Ecuador, 2004.

4.4 Aplicaciones.

- La madera de los pinos es ligera, trabajable, se la utiliza para la fabricación de papel y posterior a un tratamiento para endurecerla se la puede utilizar también en el campo de la construcción y/o carpintería.
- Los desperdicios de los cortes se usan para leña, por lo que al igual que el árbol de polylepis es importante económicamente en estas zonas.
- A partir de la resina se fabrica la trementina que es un líquido casi incoloro, de olor característico, usado como disolvente de pinturas, materia prima para la fabricación de compuestos aromáticos sintéticos y algunos desinfectantes.
- De las hojas se extraen aceites esenciales que se usan en medicina y perfumería.⁷⁰
- Los hongos que crecen asociados al pino se pueden comercializar (Añazco y otros, 2004).
- Se usa como adorno en las cercas vivas y como rompe-vientos.
- Los bosques albergan fauna y flora adaptada a ese medio.

⁷⁰ CARRERE, Ricardo, *Pinos y eucaliptos en Ecuador: símbolos de un modelo destructivo*, Ecuador, agosto de 2005.

CAPITULO 5

5. RECURSOS Y METODOLOGIA.

5.1 Recursos.

5.1.1 Recursos físicos.

- Bibliografía Consultada.
- Computadora.
- Internet.
- Aparato GPS (Sistema de Posicionamiento Global).
- Cámara Fotográfica.
- Movilización.
- Material de Oficina.
- Pala.
- Pico.
- Machete.
- Fundas Plásticas.
- Cinta Métrica.
- Análisis de Suelos en el Laboratorio.

5.1.2 Recursos Biológicos.

- Muestras de sustrato.

- Bosque de *Pinus patula*.
- Bosque de *Polylepis reticulata*.

5.1.3 Recursos Humanos.

- La Autora de la Investigación.
- Director de Tesis.
- Técnicos del INIAP.

5.2 Metodología para la recolección de muestras y datos.

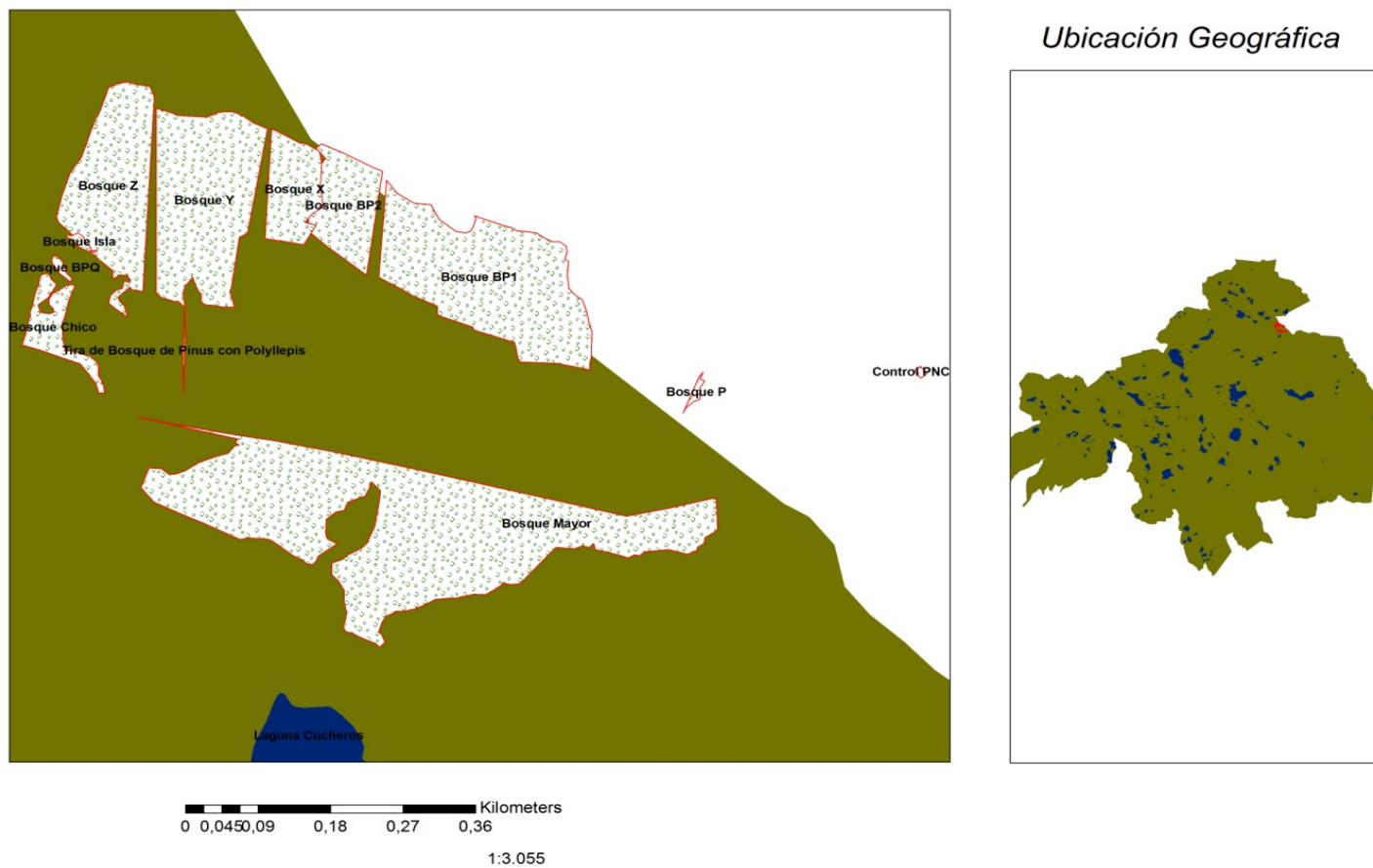
5.2.1 Análisis del suelo con presencia de *Pinus patula*.

El análisis físico-químico del suelo determina la cantidad presente de cada elemento nutritivo del suelo y se obtienen recomendaciones que le ayudan a conocer el verdadero estado de fertilidad del suelo, los nutrientes apropiados y las cantidades que se deben aplicar.

5.2.1.1 Selección de áreas.

Para la identificación de los bosques de Pino se utiliza el dispositivo GPS Garmin Dakota 20 proporcionado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la UPS; y mediante una serie de visitas al lugar se puede realizar una georeferenciación de todos los bosques, posteriormente se cargan las coordenadas en una Hoja de Cálculo del programa Excel y se la importa al programa ArcGis 9.2, creando así un archivo shape de las ubicaciones de los bosques de pino en el Parque Nacional Cajas.

Ilustración 38: Ubicación de los bosques de *Polylepis reticulata* en el Parque Nacional Cajas.



Fuente: La Autora.

La ilustración 21 muestra las zonas en donde se encuentran los bosques de *Pinus patula*.

Posteriormente se obtiene el siguiente mapa de los bosques de pino en relación con las pendientes del parque, siendo estos sus porcentajes:

Tabla 6: Rango de pendientes del Parque Nacional Cajas.

Descripción	Rango
Pendientes Débiles	0-5
Pendientes Suaves y Regulares	5-12
Pendientes Regulares e Irregulares	12-25
Pendientes Fuertes	25-50
Pendientes Muy Fuertes	50-70
Pendientes Abruptas	>70

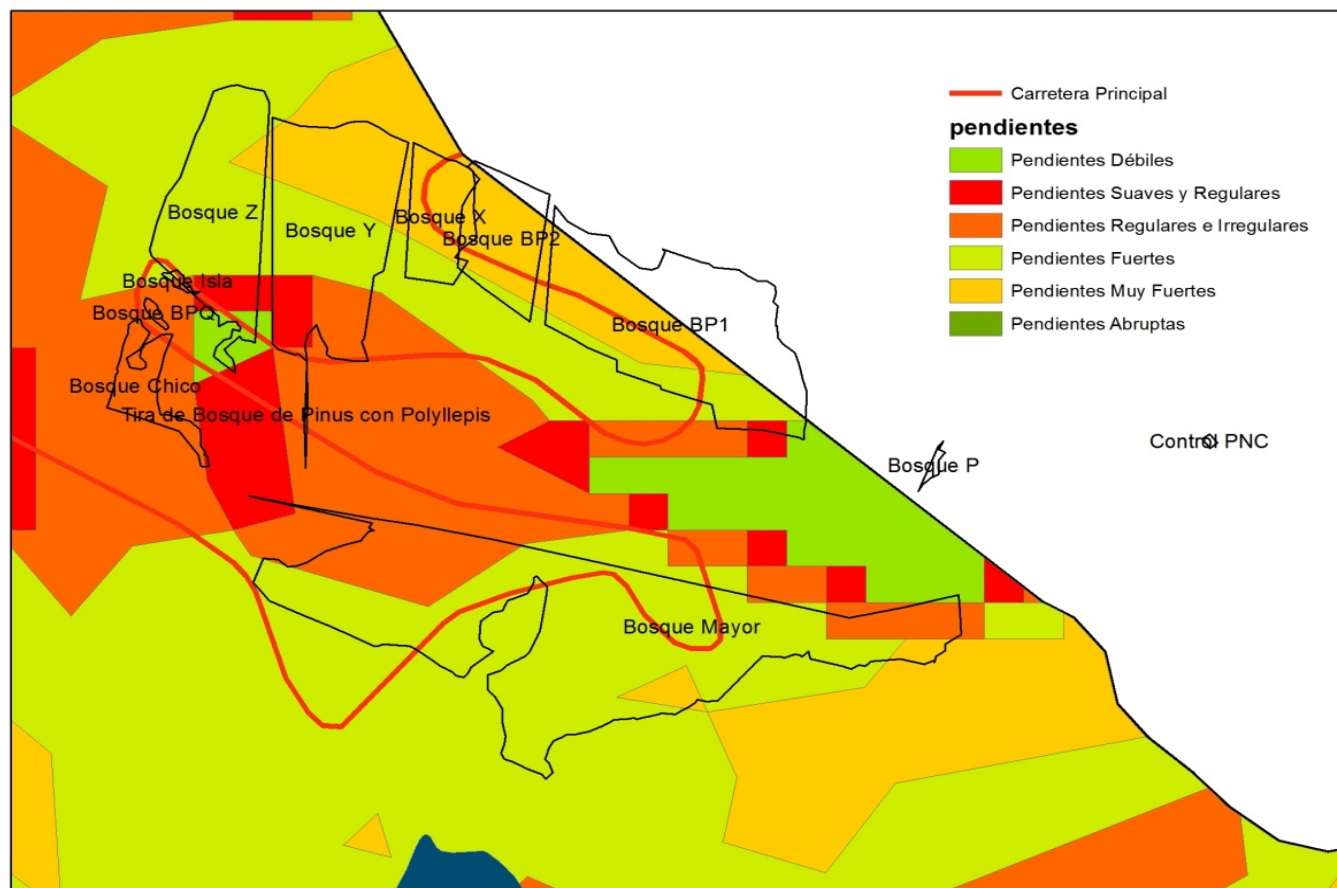
Fuente: La Autora.

Tabla 7: Rango de altitudes y pendientes seleccionadas para el muestreo de *Pinus patula*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Rango	Muestra
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	50-70%	M1Pp
			M4Pp
	Pendiente Fuerte	25-50%	M2Pp
			M3Pp

Fuente: La Autora.

Ilustración 39: Mapa de Pendientes del Parque Nacional Cajas.



Fuente: La Autora.

5.2.1.2 Toma de muestras.

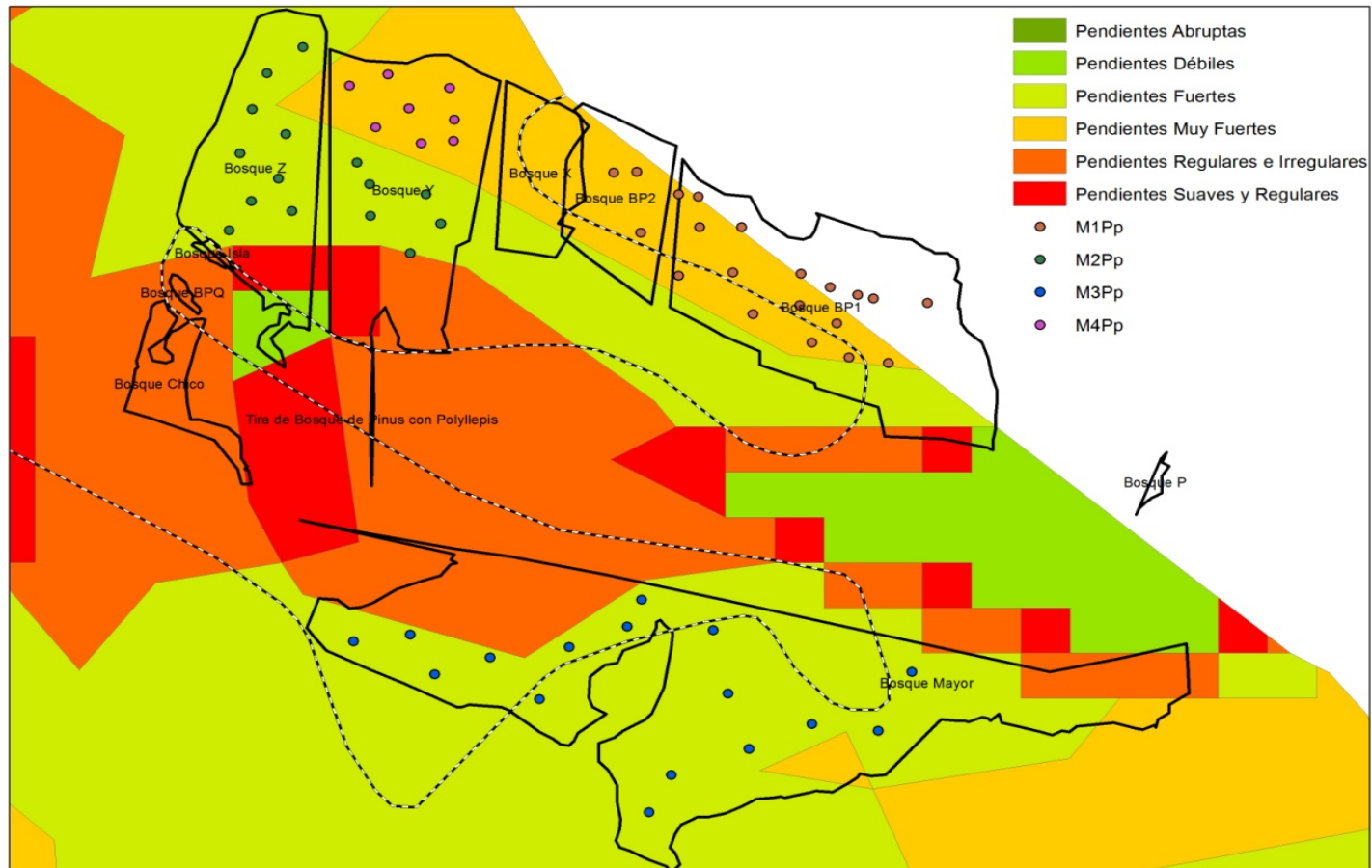
Se toman 4 muestras de los bosques de *Pinus patula* (M1Pp, M2Pp, M3Pp, M4Pp) a una altura de 3700 – 3800msnm, dos de ellas en el rango de Pendiente Muy Fuerte (50 – 70%), las otras dos dentro del rango de Pendiente Fuerte (25 – 50%).

El método empleado para la toma de muestras es el recomendado por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) – Estación Experimental del Austro, con la única variación de la profundidad del cavado en lugar de hacerlo a 20cm. se lo realizó a 35cm debido a que el suelo presentaba muchas piedras pequeñas en sus capas superficiales. El método es el siguiente:

- Recorrer el área para georeferenciar la zona donde estarán los puntos de muestreo
- Identificar las unidades de muestreo (sitios semejantes: pendiente, manejo, color, riego, cultivo, fertilización, etc)
- En cada área no mayor de 5 hectáreas tomar de 20 a 25 submuestras, efectuando un recorrido en zig-zag.
- En cada lugar designado para tomar una submuestra limpiar muy bien la cobertura vegetal y con la ayuda de una pala hacer un corte en “V” de 35cm. de profundidad y tomar una tajada de 5cm de espesor.
- Eliminar los bordes y tomar una submuestra de 5cm. de ancho, colocar en un balde y mezclar para obtener la submuestra.
- De la mezcla de todas estas submuestras se extrae la MUESTRA para su análisis en el laboratorio, 1 kilo (2,2 libras aproximadamente). En caso de no poder enviar la muestra de forma inmediata, se debe secar la misma en un lugar sombreado y ventilado.

El siguiente mapa ubica los puntos en donde se tomaron las submuestras para las muestras analizadas M1Pp, M2Pp, M3Pp, M4Pp.

Ilustración 40: Ubicación de las sub muestras de *Pinus patula*.



Fuente: La Autora.

Los indicadores que se analizan en el laboratorio, para cada muestra son:

- p.H.
- Textura.
- Materia Orgánica.
- Conductividad Eléctrica.
- Macroelementos (N, P, K)
- Microelemento (Ca)

Estos indicadores se seleccionan debido a que son los principales analizados cuando se realizan estudios de suelos.

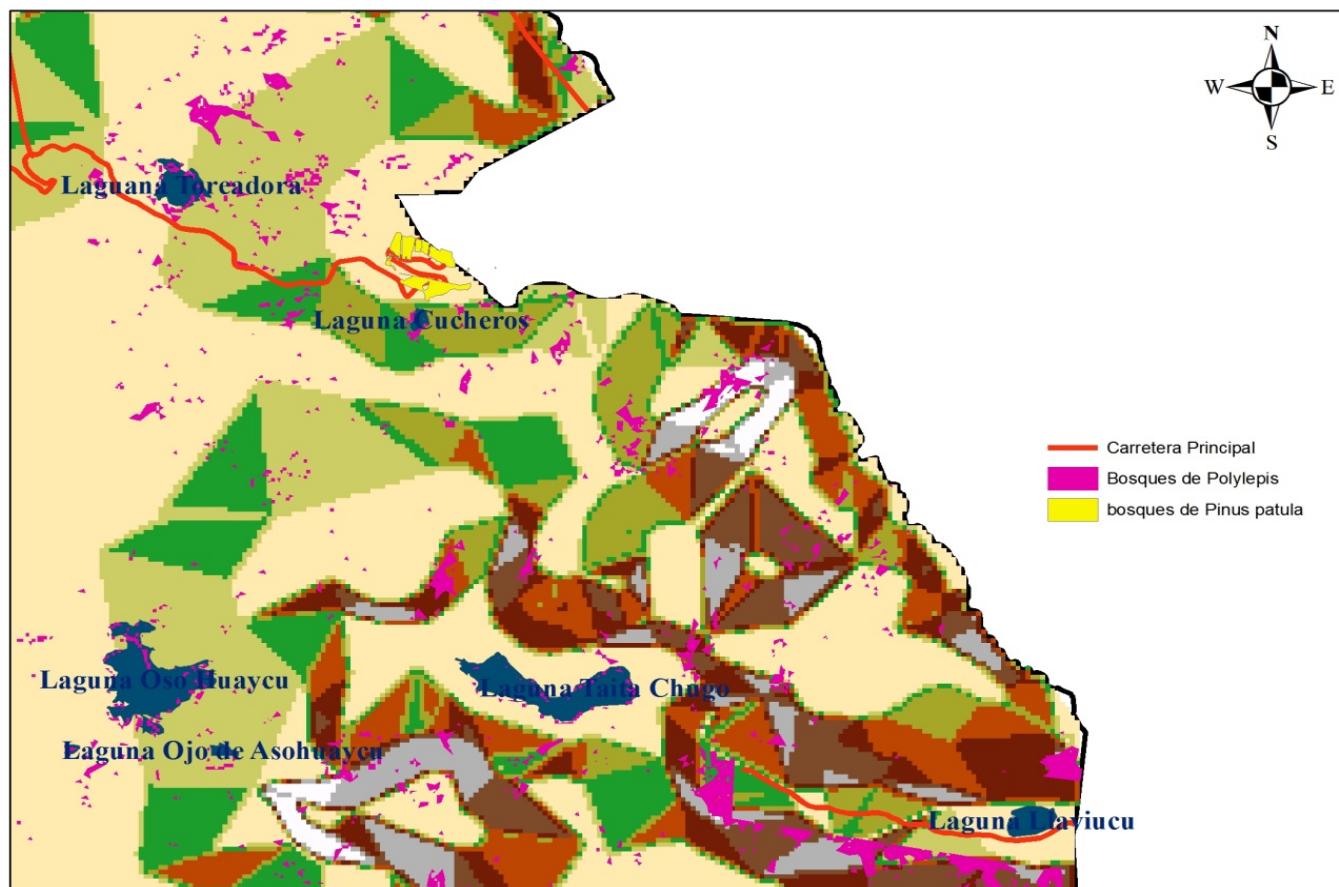
Todas las muestras son enviadas al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) – Estación Experimental del Austro para su análisis.

5.2.2 Análisis del suelo con presencia de *Polylepis reticulata*.

5.2.2.1 Selección de áreas.

Para la identificación de los bosques de *Polylepis reticulata* se utiliza una herramienta de procesamiento de información geográfica llamada ArcGis 9.2, en la que se carga el archivo shape en el que están localizados geográficamente los bosques dentro del Parque Nacional Cajas.

Ilustración 41: Ubicación de los Bosques de *Polylepis reticulata* y *Pinus patula* en el Parque Nacional Cajas.



Fuente: La Autora

La ilustración 42 muestra las zonas en donde se encuentran los bosques de polylepis.

Una vez conocida la ubicación de estos bosques se procede a clasificar las zonas según su altitud y pendiente.

Conociendo estas zonas, se selecciona aquellas en las que existan bosques de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata* en el mismo rango de altitud y pendiente, y por lo tanto sea posible la toma de muestras.

Tabla 8: Rango de altitudes y pendientes seleccionadas para el muestreo de *Polylepis reticulata*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Rango	Muestra
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	50-70%	M1Pr
	Pendiente Fuerte	25-50%	M2Pr

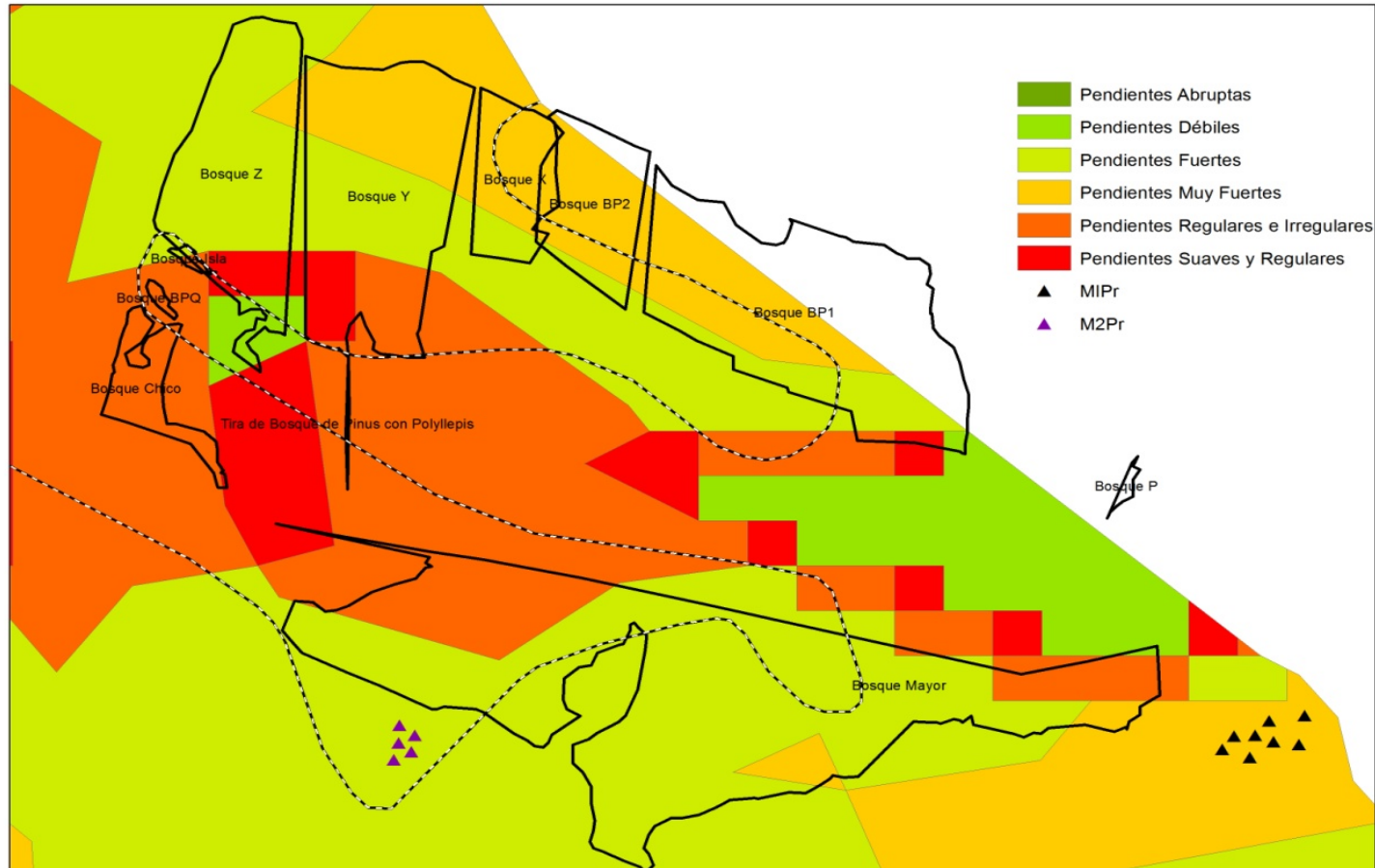
Fuente: La Autora.

5.2.2.2 Toma de muestras.

Se toman 2 muestras de suelo de bosque de polylepis, ambas muestras correspondieron al rango de altura entre 3700 – 3800msnm, una de ellas corresponde a la Pendiente Muy Fuerte (50 – 70%) y otra a la Pendiente Fuerte (25 – 50%).

De igual manera, el método empleado para la toma de muestras es el mismo que para el pino (recomendado por el INIAP) con la variación de la profundidad, esta fue de 70 – 80cm. ya que la capa orgánica (en transición) del bosque de polylepis es mucho más densa y profunda y se requiere mayor profundidad en el cavado para llegar a encontrar sustrato adecuado para el análisis.

Ilustración 42: Ubicación de las sub muestras de *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Los indicadores que se analizan en el laboratorio, para cada muestra son:

- p.H.
- Textura.
- Materia Orgánica.
- Conductividad Eléctrica.
- Macroelementos (N, P, K)
- Microelemento (Ca)

Al igual que en el caso de las muestras de pino, se seleccionan estos indicadores debido a que son los analizados principalmente cuando se realizan estudios de suelos.

Todas las muestras son enviadas al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) – Estación Experimental del Austro para su análisis.

5.3 Metodología para análisis de resultados.

5.3.1 Análisis estadístico.

Se emplea el software STATGRAPHICS Centurion XV, se introduce los valores de los resultados obtenidos según los reportes del INIAP y se obtiene el análisis de varianza, prueba de rango múltiple y gráfico de medias para cada indicador analizado, posteriormente, se analiza su significatividad en la calidad del suelo.

5.3.1.1 Variables del análisis estadístico.

Variables dependientes:	p.H.
Factores de salida	Materia Orgánica.
	Nitrógeno.
	Fósforo.
	Potasio.

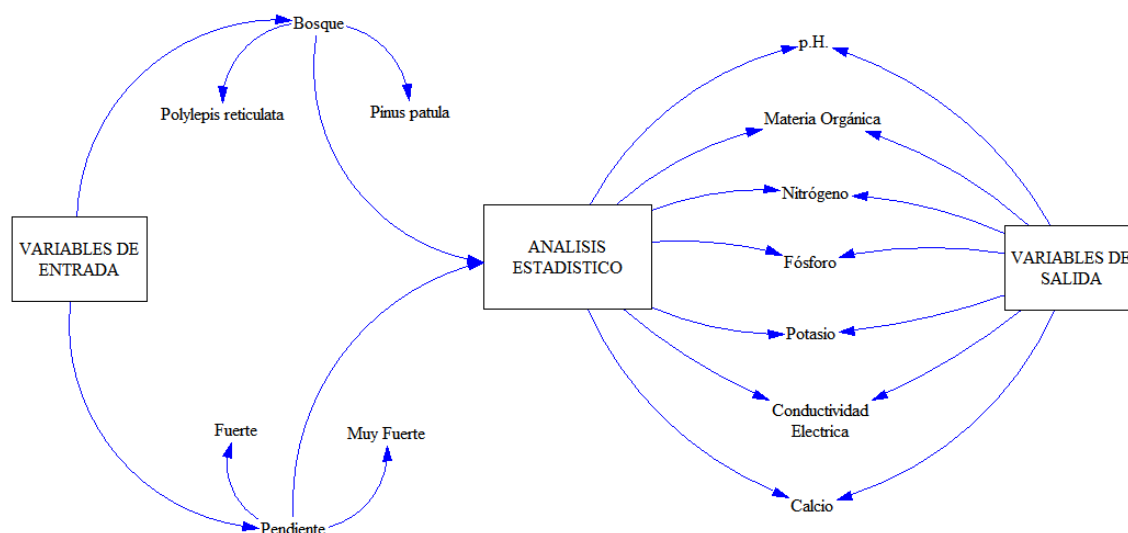
Conductividad Eléctrica.

Calcio.

Variables independientes: Bosque.

Factores de entrada Pendiente.

Ilustración 43: Variables de entrada y salida del análisis estadístico.



Fuente: La Autora.

5.3.2 Análisis de Varianza.

Se evalúa la significancia de las interacciones entre los factores, si es que hay suficientes datos.

5.3.3 Prueba de Rango Múltiple.

Para cada factor significativo, las Pruebas de Rangos Múltiples muestran cuales medias son significativamente diferentes de otras.

Se divide en dos cuadros, el inferior muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

El superior, identifica un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

5.3.4 Gráfico de Medias.

La gráfica de medias sirve para interpretar los efectos significativos.

5.4 Metodología para el cálculo de la USLE.

Todas las variables asociadas con la fórmula son encontradas a partir de diversas fuentes que se citan posteriormente, finalmente se calcula todos los datos y sus resultados son presentados en una tabla resumen.

CAPITULO 6

6. ANALISIS DE RESULTADOS.

6.1 Comparación y análisis de datos.

Todos los análisis de suelo se realizaron en el INIAP, sus resultados se encuentran asentados en los reportes respectivos con las siguientes identificaciones:

Tabla 9: Identificación de las Muestras de Suelo.

Nombre de la Muestra	Nº Muestra Laboratorio INIAP
M1Pp	578
M1Pp	588
M3Pp	591
M4Pp	595
M1Pr	579
M2Pr	630

Fuente: La Autora.

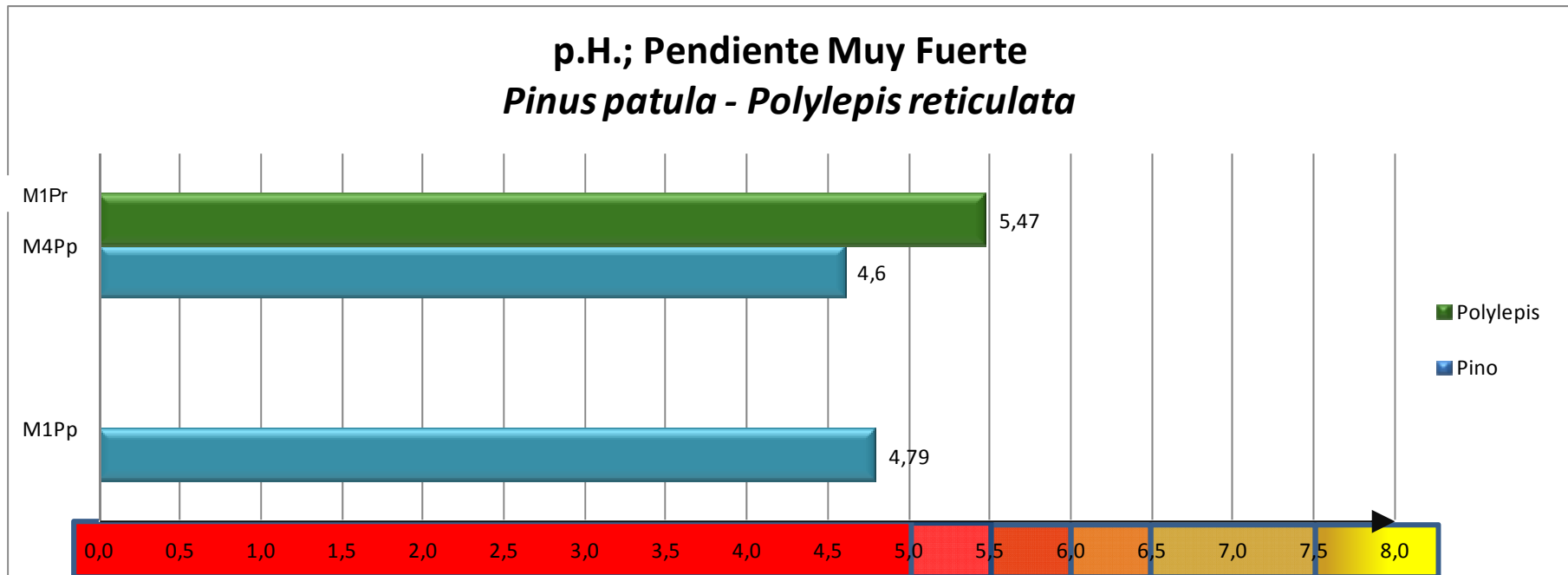
6.1.1 p.H.

Tabla 10: Reporte de datos de p.H.

Pendiente	Rango de pendiente	Tipo	Muestra	# de Repetición	p.H.
Muy fuerte	50-70%	<i>Polylepis reticulata</i>	M1Pr	R1	5,47
		<i>Pinus patula</i>	M1Pp	R2	4,79
		<i>Pinus patula</i>	M4Pp	R3	4,6
Fuerte	25-50%	<i>Polylepis reticulata</i>	M2Pr	R1	5,58
		<i>Pinus patula</i>	M2Pp	R2	5,32
		<i>Pinus patula</i>	M3Pp	R3	5,36

Fuente: La Autora.

Ilustración 44: p.H. en Pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



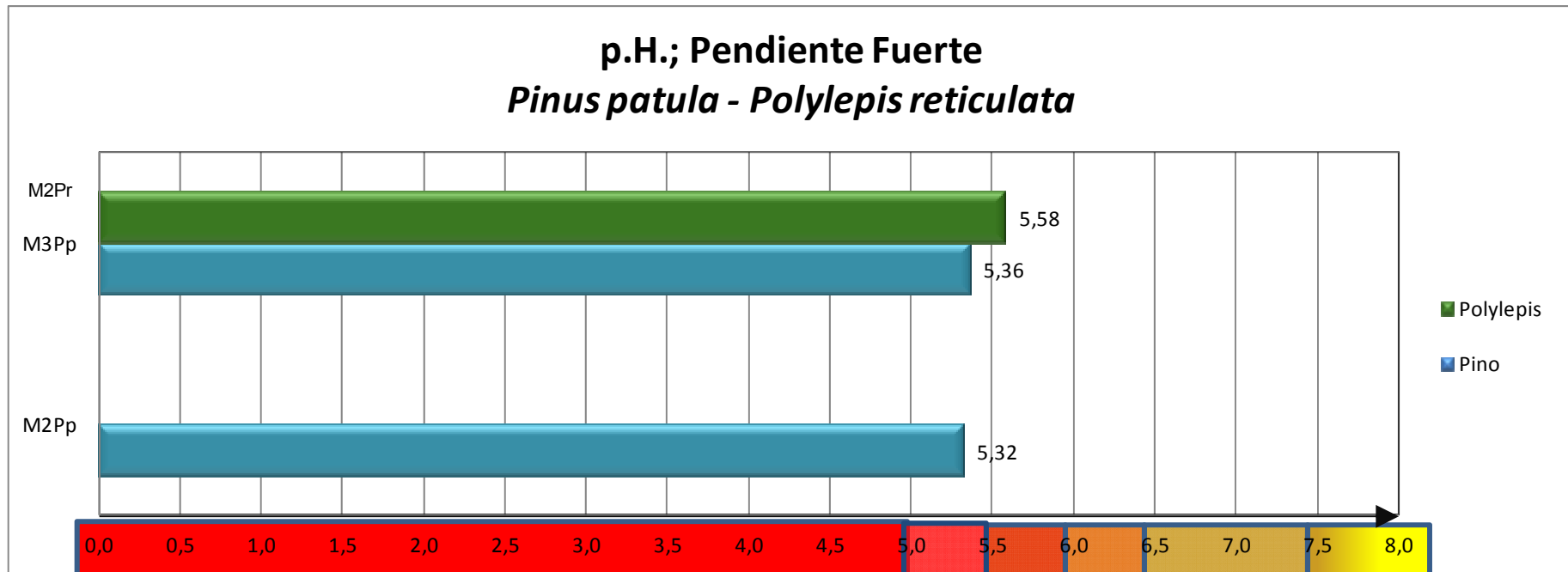
Fuente: La Autora.

Ilustración 45: Rango y Clasificación del p.H. en muestras de suelo.

Muy Ácido	Ácido	Median. Ácido	Ligeram. Ácido	Práctic. Neutro	Ligeram. Alcalino	Median. Alcalino	Alcalino
0 < 5	5 - 5,5	> 5,5 - 6	> 6 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8	> 8 - 8,5	> 8,5

Fuente: La Autora.

Ilustración 46: p.H. en Pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 47: Rango y Clasificación del p.H. en muestras de suelo.

Muy Ácido	Ácido	Median. Ácido	Ligeram. Ácido	Práctic. Neutro	Ligeram. Alcalino	Median. Alcalino	Alcalino
0 < 5	5 - 5,5	> 5,5 - 6	> 6 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8	> 8 - 8,5	> 8,5

Fuente: La Autora.

Tabla 11: Análisis de Varianza para el p.H.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Bosque	0,343408	1	0,343408	36,44	0,0264
B:Pendiente	0,190008	1	0,190008	20,16	0,0462
INTERACCIONES					
AB	0,0954083	1	0,0954083	10,12	0,0862
RESIDUOS	0,01885	2	0,009425		
TOTAL (CORREGIDO)	0,784333	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

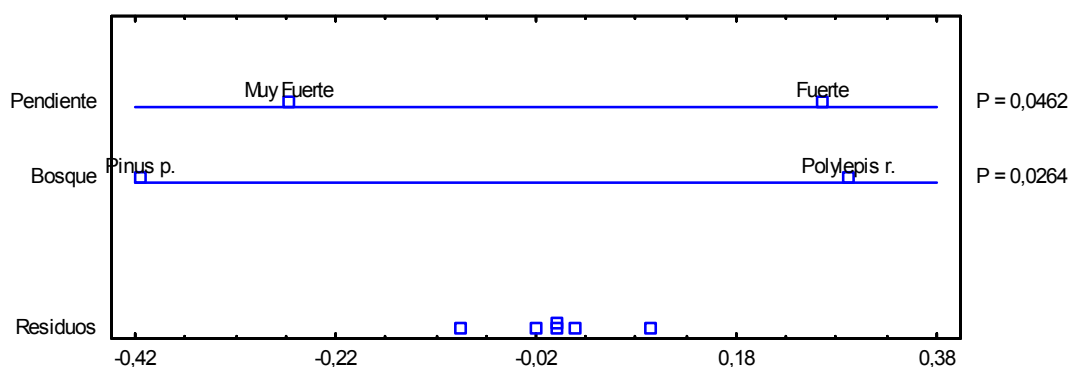
H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

Los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores, si son menores que 0,05; tienen un efecto estadísticamente significativo.

Los factores A (bosque) y B (pendiente) tienen valores de P de 0,0264 y 0,0462 respectivamente, por lo tanto son altamente significativos y se acepta la hipótesis 1; lo que se demuestra en el siguiente gráfico:

Ilustración 48: ANOVA gráfico para el p.H.



Fuente: La Autora.

Tabla 12: Pruebas de Rango Múltiple para p.H. por bosque, método LSD

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	5,0175	0,0485412	X
Polylepis r.	2	5,525	0,0686477	X

Fuente: La Autora.

Tabla 13: Diferencia significativa por bosque mediante prueba de rango múltiple, método LSD

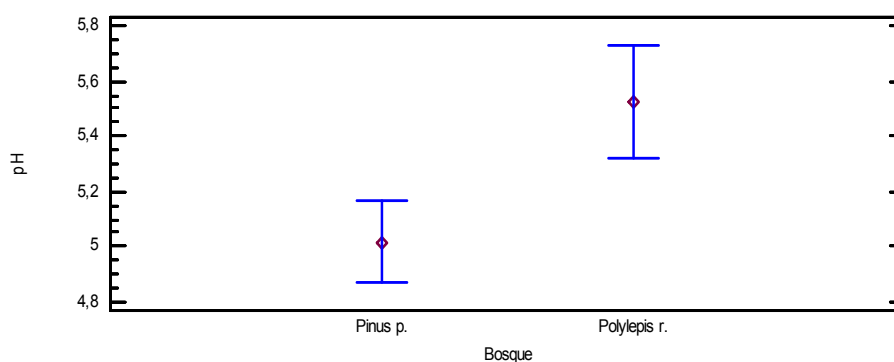
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Pinus p. - Polylepis r.	*	-0,5075	0,361749

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora .

No existen grupos homogéneos según la alineación de las X's. La diferencia entre los Bosques de *Polylepis reticulata* y *Pinus patula* es altamente significativa.

Ilustración 49: Gráfico de medias para p.H. por bosque



Fuente: La Autora .

Como se observa, existe diferencia entre el Bosque de *Polylepis reticulata* y *Pinus patula*.

Por lo tanto la mejor calidad de suelo se atribuye al Bosque de *Polylepis reticulata*.

$$H_1 = \square_{Pr} \square \square_{Pp}$$

Tabla 14: Prueba de Rango Múltiple para p.H. por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Muy Fuerte	3	5,0825	0,0594506	X
Fuerte	3	5,46	0,0594506	X

Fuente: La Autora.

Tabla 15: Diferencia significativa por pendiente mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

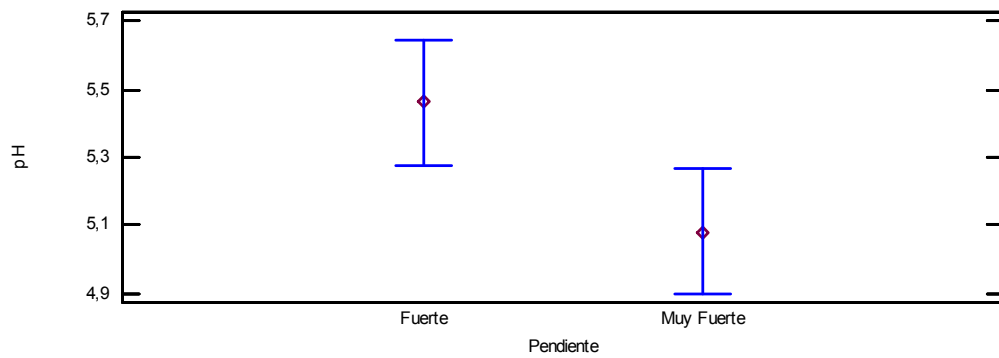
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Fuerte - Muy Fuerte	*	0,3775	0,361749

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se comprueba la ausencia de grupos homogéneos y la existencia de una diferencia altamente significativa entre la pendiente Fuerte y Muy Fuerte.

Ilustración 50: Gráfico de medias para p.H. por pendiente.



Fuente: La Autora.

Como se evidencia en el análisis estadístico según la pendiente, a menor grado de inclinación del terreno, mejor es la calidad del suelo.

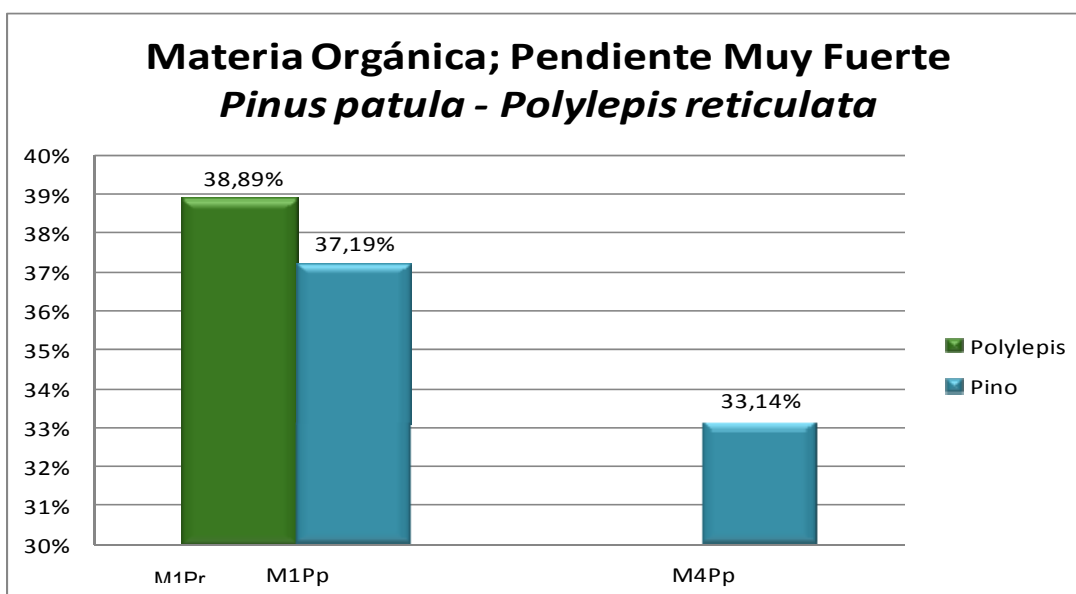
6.1.2 Materia Orgánica.

Tabla 16: Reporte de datos de Materia Orgánica.

Pendiente	Rango de pendiente	Tipo	Muestra	# de Repetición	Materia Orgánica (%)
Muy fuerte	50-70%	<i>Pinus patula</i>	M1Pp	1	37,19
		<i>Pinus patula</i>	M4Pp	2	33,14
		<i>Polylepis reticulata</i>	M1Pr	Testigo	38,89
Fuerte	25-50%	<i>Pinus patula</i>	M2Pp	1	28,16
		<i>Pinus patula</i>	M3Pp	2	21,43
		<i>Polylepis reticulata</i>	M2Pr	Testigo	18,55

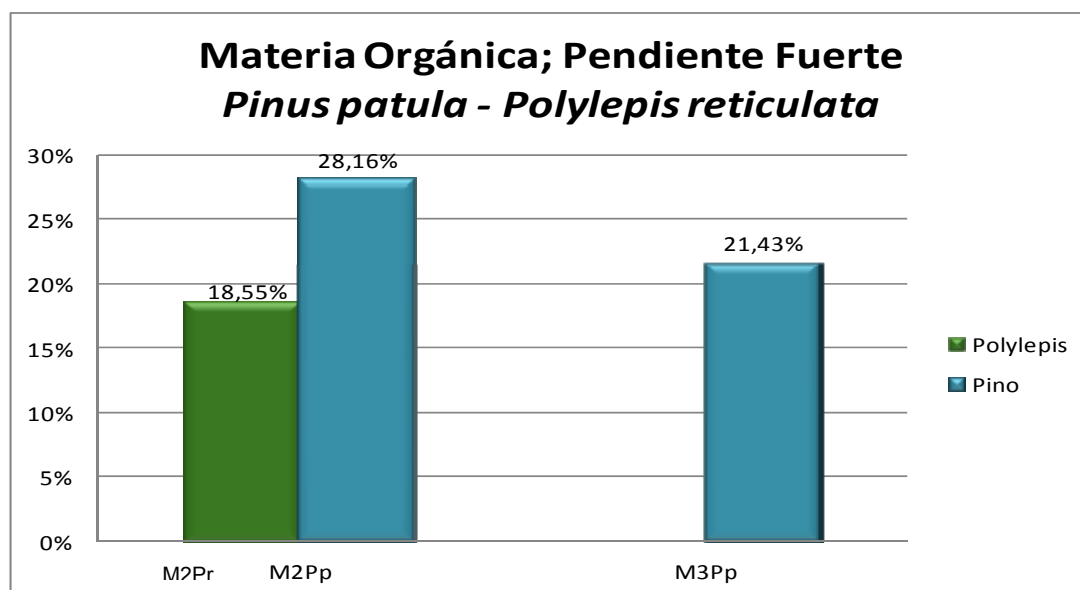
Fuente: La Autora.

Ilustración 51: Materia Orgánica en pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 52: Materia Orgánica en pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 17: Análisis de Varianza para la Materia Orgánica.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Bosque	2,1168	1	2,1168	0,14	0,7466
B:Pendiente	314,368	1	314,368	20,38	0,0457
INTERACCIONES					
AB	33,1336	1	33,1336	2,15	0,2804
RESIDUOS	30,8477	2	15,4238		
TOTAL (CORREGIDO)	347,359	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

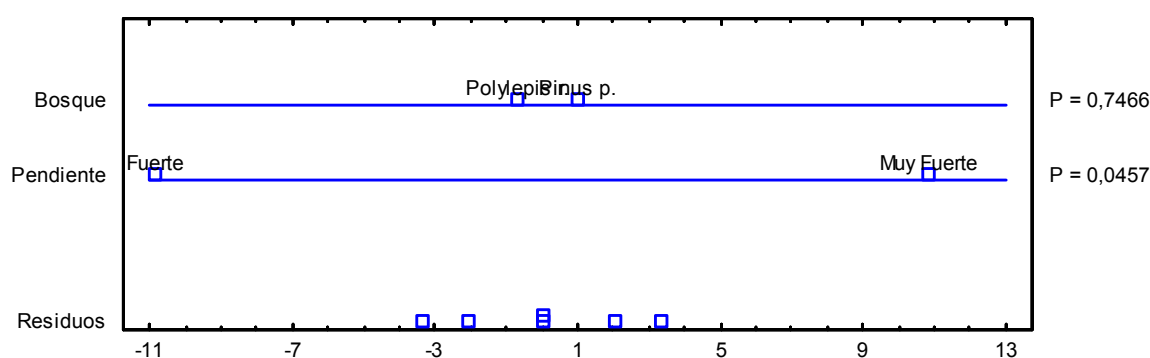
$$H_0 = \square_{Pr} = \square_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \square_{Pr} \square \square_{Pp}$$

Para el factor Pendiente, existe un valor altamente significativo de P correspondiente a 0,0457; en consecuencia se acepta la hipótesis 1, como se evidencia en el gráfico del ANOVA a continuación.

Ilustración 53: ANOVA gráfico para la Materia Orgánica.



Fuente: La Autora.

Tabla 18: Prueba de Rango Múltiple para la Materia Orgánica por bosque, método LSD.

Bosque	Casos	Media	LS	Sigma	LS	Grupos Homogéneos
Polyepis r.	2	28,72		2,77704		X
Pinus p.	4	29,98		1,96366		X

Fuente: La Autora.

Tabla 19: Diferencia significativa por bosque mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

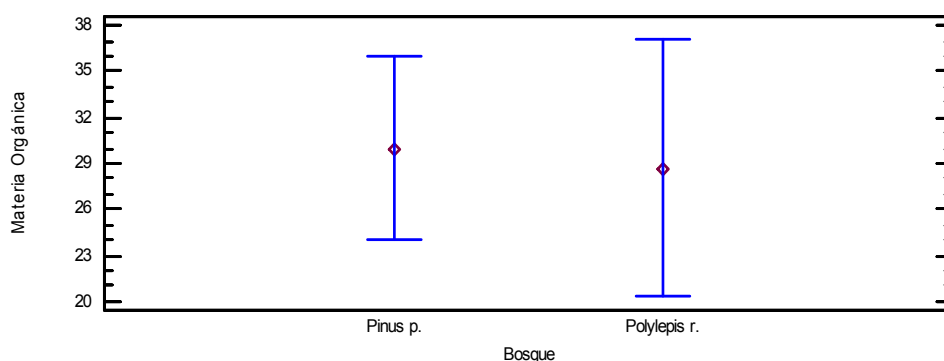
Contraste	Sig. Diferencia	+/- Límites
Pinus p. - Polyepis r.	1,26	14,634

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se observa que *Polylepis reticulata* y *Pinus patula* son grupos homogéneos y no presentan significatividad.

Ilustración 54: Gráfico de medias para la Materia Orgánica por bosque.



Fuente: La Autora.

De acuerdo al gráfico de medias, existe una calidad de suelo similar en ambos casos, sin embargo se observa que en el bosque de *Polylepis* es ligeramente mayor.

Tabla 20: Prueba de Rango Múltiple para la Materia Orgánica por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media	LS	Sigma	LS	Grupos Homogéneos
Fuerte	3	21,6725	2,40498			X
Muy Fuerte	3	37,0275	2,40498			X

Fuente: La Autora.

Tabla 21: Diferencia significativa por pendiente mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

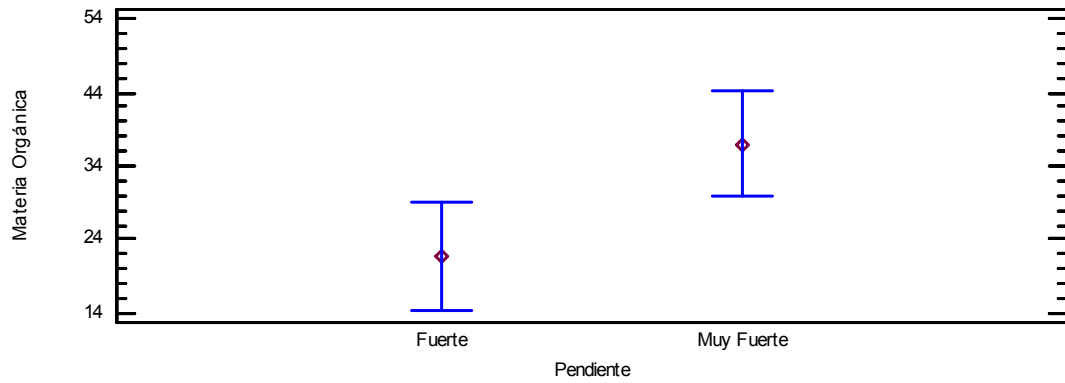
Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
Fuerte - Muy Fuerte	*	-15,355	14,634

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Según la pendiente, existe heterogeneidad entre sus dos tipos y tienen una diferencia altamente significativa.

Ilustración 55: Gráfico de medias para Materia Orgánica por pendiente.



Fuente: La Autora.

Existe una mayor cantidad de materia orgánica en la Pendiente Muy Fuerte, lo que se traduce en mejor calidad de suelo.

$$H_1 = \square_{Pr} \square \square_{Pp}$$

6.1.3 Macroelementos.

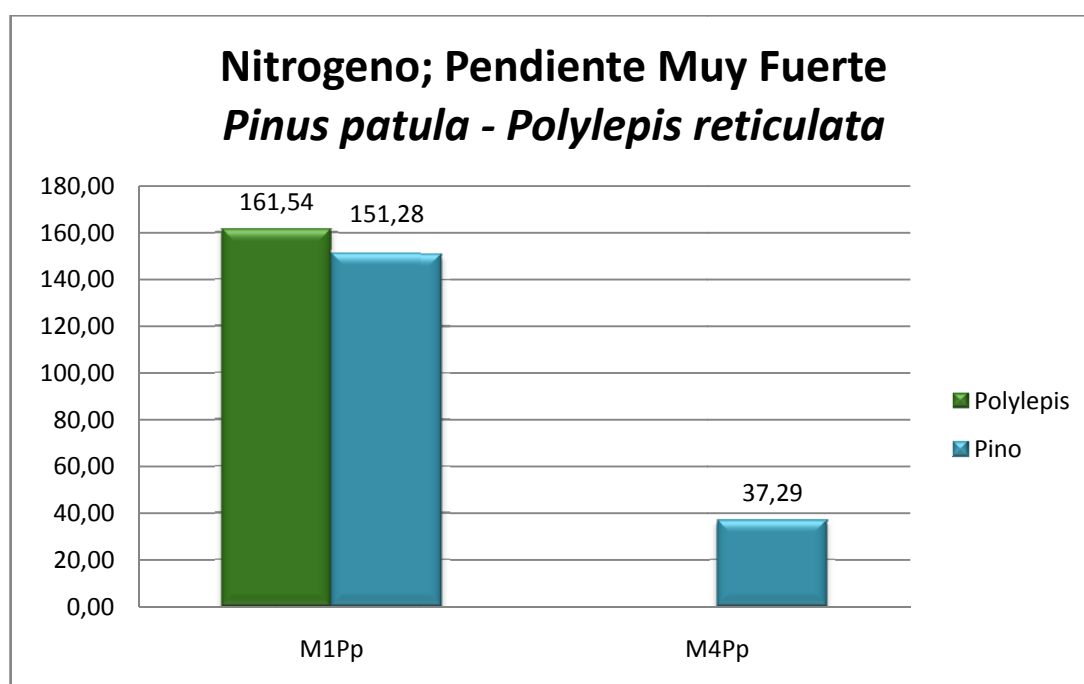
Tabla 22: Reporte de datos de Macroelementos.

Pendiente	Rango de pendiente	Tipo	Muestra	# de Repeticion	N (ppm)	P (ppm)	K (meq/100ml)
Muy fuerte	50-70%	<i>Pinus patula</i>	M1Pp	1	151,28	9,31	0,30
		<i>Pinus patula</i>	M4Pp	2	37,29	5,67	0,11
		<i>Polylepis reticulata</i>	M1Pr	Testigo	161,54	7,71	0,49
Fuerte	25-50%	<i>Pinus patula</i>	M2Pp	1	28,85	6,72	0,15
		<i>Pinus patula</i>	M3Pp	2	36,45	4,87	0,13
		<i>Polylepis reticulata</i>	M2Pr	Testigo	37,25	7,85	0,13

Fuente: La Autora.

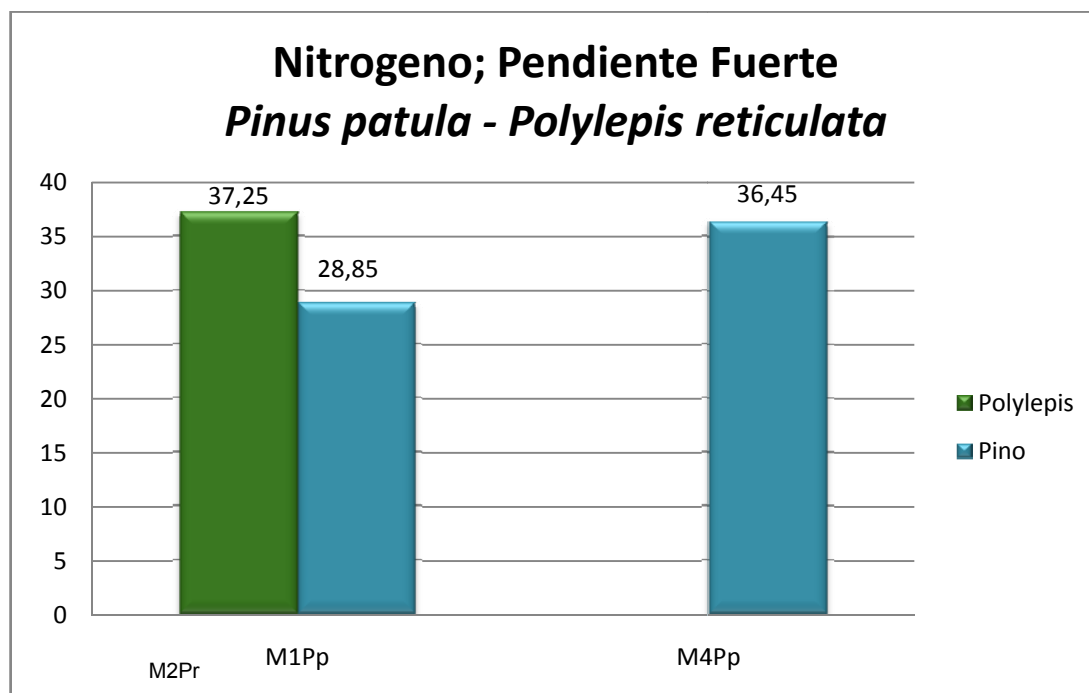
6.1.3.1 Nitrógeno.

Ilustración 56: Nitrógeno en pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 57: Nitrógeno en Pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 23: Análisis de Varianza para el Nitrógeno.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Pendiente	11522,7	1	11522,7	3,53	0,2010
B:Bosque	1721,05	1	1721,05	0,53	0,5432
INTERACCIONES					
AB	1308,55	1	1308,55	0,40	0,5913
RESIDUOS	6525,74	2	3262,87		
TOTAL (CORREGIDO)	19769,7	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

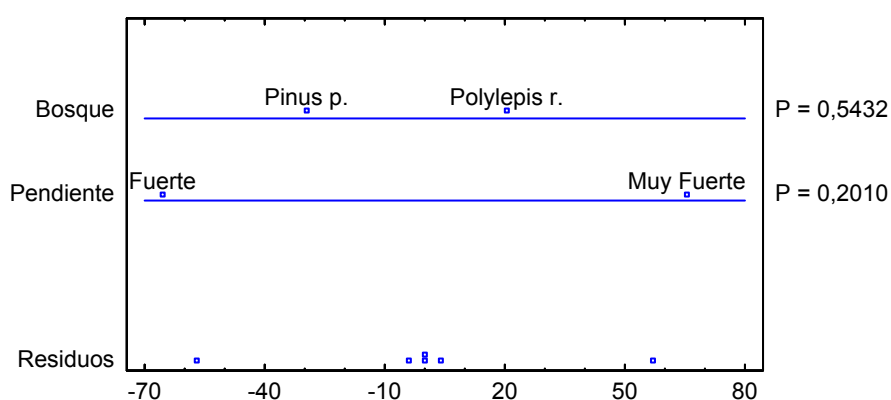
$$H_0 = \square_{Pr} = \square_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

No existe significancia, por lo tanto de acuerdo a esta variable de respuesta se acepta la hipótesis 0.

Ilustración 58: ANOVA gráfico para el Nitrógeno.



Fuente: La Autora.

Se confirma la falta de significatividad de los factores hacia la variable de respuesta.

Tabla 24: Prueba de Rango Múltiple para el Nitrógeno por bosque, método LSD.

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	63,4675	28,5608	X
Polylepis r.	2	99,395	40,391	X

Fuente: La Autora.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Tabla 25: Diferencia significativa para el Nitrógeno por bosque mediante Prueba de Rango Múltiple, método LSD.

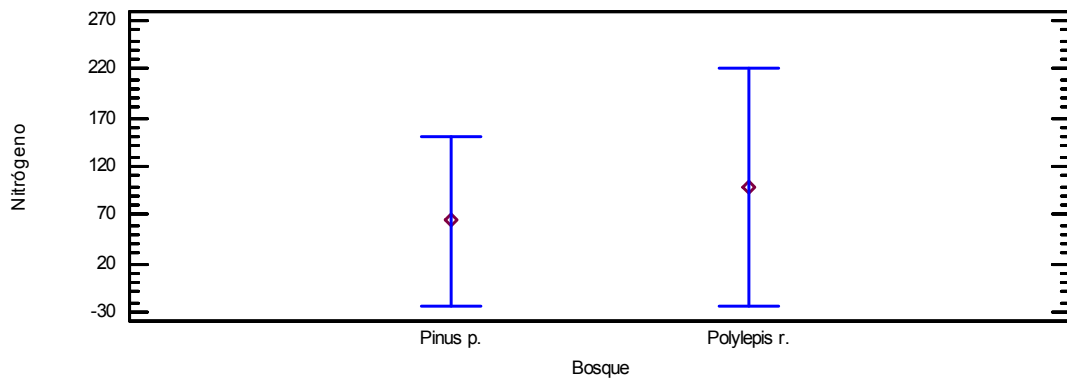
Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
Pinus p. - Polylepis r.	-35,9275	212,847	

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se observa homogeneidad y una falta de diferencia significativa entre los bosques de *Polylepis reticulata* y *Pinus patula*, como se comprueba en el siguiente gráfico de medias. Cabe mencionar que el bosque de *Polylepis reticulata* presenta un valor ligeramente superior en cuanto a Nitrógeno.

Ilustración 59: Gráfico de medias para Nitrógeno por bosque.



Fuente: La Autora.

Tabla 26: Prueba de Rango Múltiple para Nitrógeno por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fuerte	3	34,95	34,9797	X
Muy Fuerte	3	127,912	34,9797	X

Fuente: La Autora.

Tabla 27: Diferencia significativa para Nitrógeno por pendiente mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
-----------	------	----------------	---------

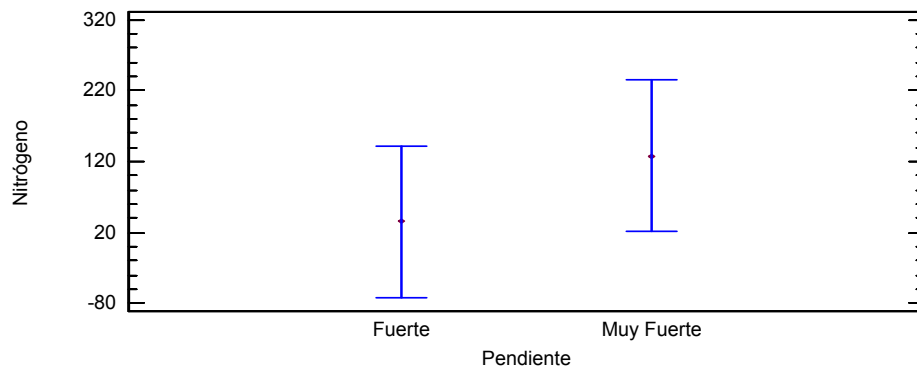
Fuerte - Muy Fuerte -92,9625 212,847

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se presenta alineación de las X's y no existe diferencia significativa.

Ilustración 60: Gráfico de medias para el Nitrógeno por pendiente.



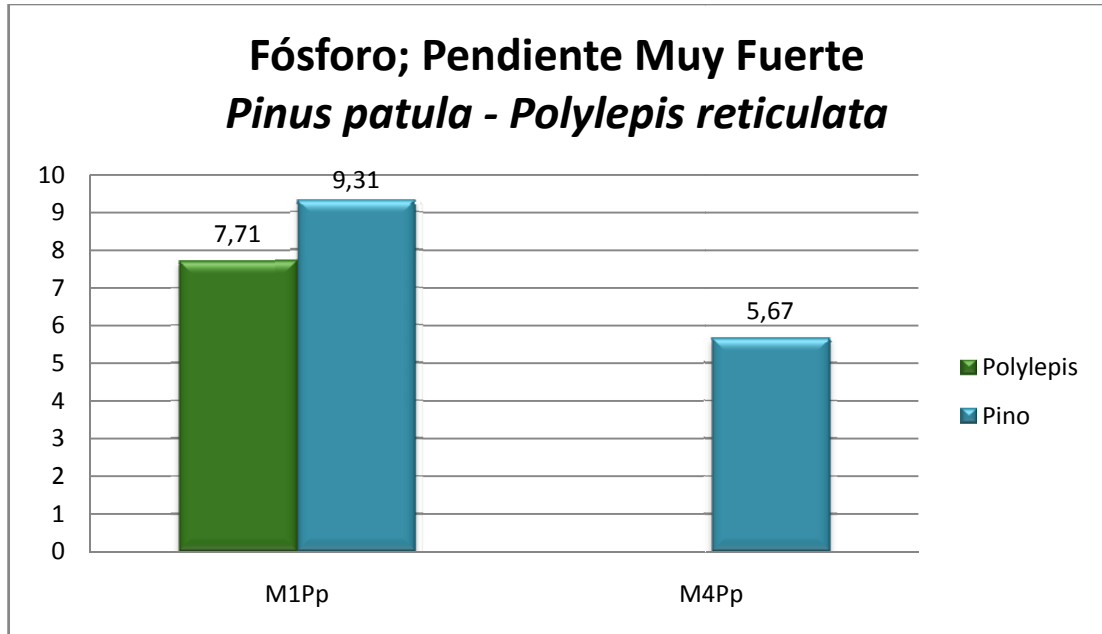
Fuente: La Autora.

Como se evidencia, los tipos de pendiente presentan una misma calidad de suelo en Nitrógeno.

$$H_0 = \mu_{pr} = \mu_{pp}$$

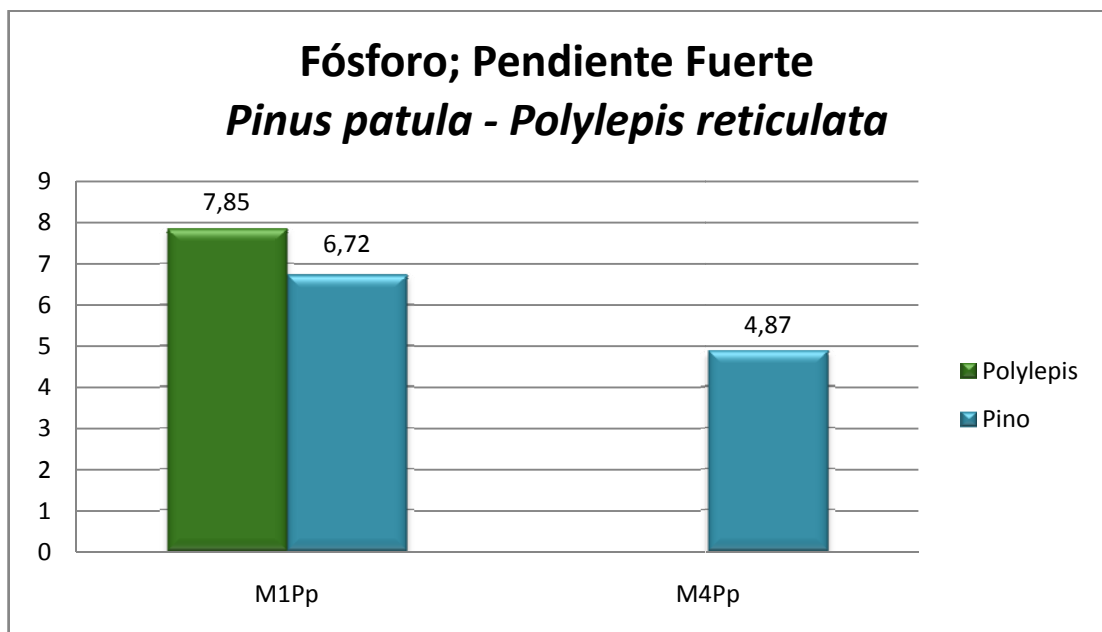
6.1.3.2 Fósforo.

Ilustración 61: Fósforo en pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 62: Fósforo en pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 28: Análisis de Varianza para el Fósforo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Pendiente	0,806008	1	0,806008	0,19	0,7031
B:Bosque	1,72521	1	1,72521	0,41	0,5859
INTERACCIONES					
AB	1,12241	1	1,12241	0,27	0,6555
RESIDUOS	8,33605	2	4,16803		
TOTAL (CORREGIDO)	12,9441	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

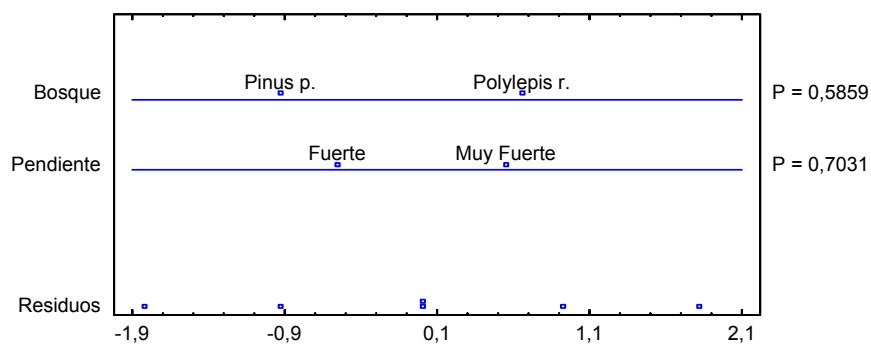
$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

Para esta variable de respuesta se acepta la hipótesis 0, pues no existe una elevada significatividad de los factores, como también se puede ver en la ilustración.

Ilustración 63: ANOVA gráfico para el Fósforo.



Fuente: La Autora.

Tabla 29: Prueba de Rango Múltiple para Fósforo por bosque.

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	6,6425	1,02079	X
Polylepis r.	2	7,78	1,44361	X

Fuente: La Autora.

Tabla 30: Diferencia significativa para Fósforo por bosque, método LSD.

Contraste	Sig.	Diferencia +/- Límites
Pinus p. - Polylepis r.	-1,1375	7,60733

* indica una diferencia significativa.

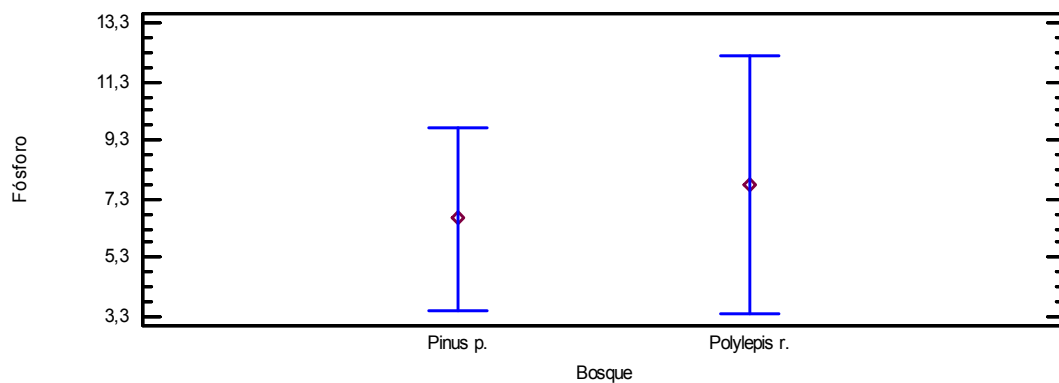
Fuente: La Autora.

De acuerdo a las tablas 29 y 30 no existe diferencia significativa por Fósforo entre los bosques, formando estos grupos homogéneos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Así, esto se puede corroborar en la ilustración 47.

Ilustración 64: Gráfico de medias para Fósforo por bosque.



Fuente: La Autora.

Tabla 31: Prueba de Rango Múltiple para el Fósforo por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fuerte	3	6,8225	1,2502	X
Muy Fuerte	3	7,6	1,2502	X

Fuente: La Autora.

Tabla 32: Diferencia significativa para el Fósforo por bosque mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

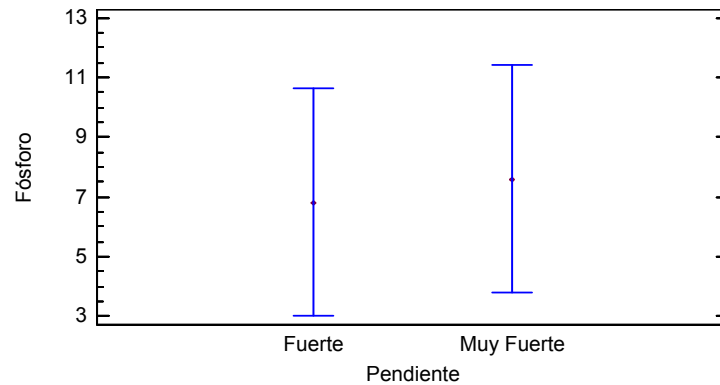
Contraste	Sig. Diferencia +/-	Límites
Fuerte - Muy Fuerte	-0,7775	7,60733

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se encuentran grupos homogéneos y no existe diferencia significativa en cuanto a pendiente.

Ilustración 65: Gráfico de medias para el Fósforo por bosque.



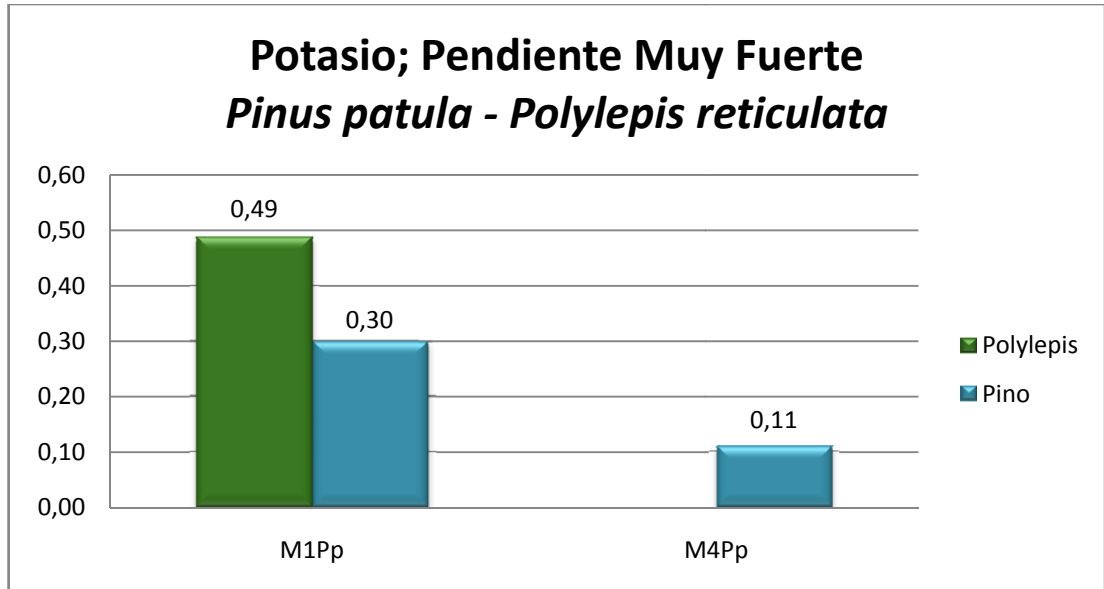
Fuente: La Autora.

Se observa una calidad similar en el suelo con ambos tipos de pendiente, sin embargo la pendiente Muy Fuerte presenta una mínima superioridad en valores de Fósforo.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

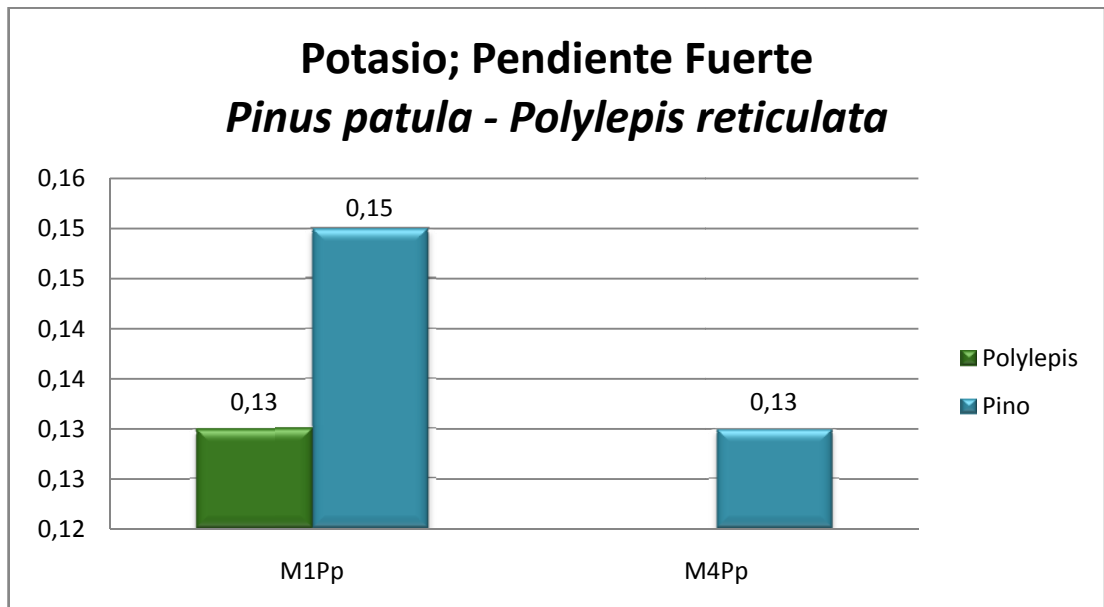
6.1.3.3 Potasio.

Ilustración 66: Potasio en pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 67: Potasio en pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 33: Análisis de Varianza para Potasio.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Pendiente	0,0602083	1	0,0602083	6,60	0,1240
B:Bosque	0,0252083	1	0,0252083	2,76	0,2384
INTERACCIONES					
AB	0,0290083	1	0,0290083	3,18	0,2165
RESIDUOS	0,01825	2	0,009125		
TOTAL (CORREGIDO)	0,112483	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

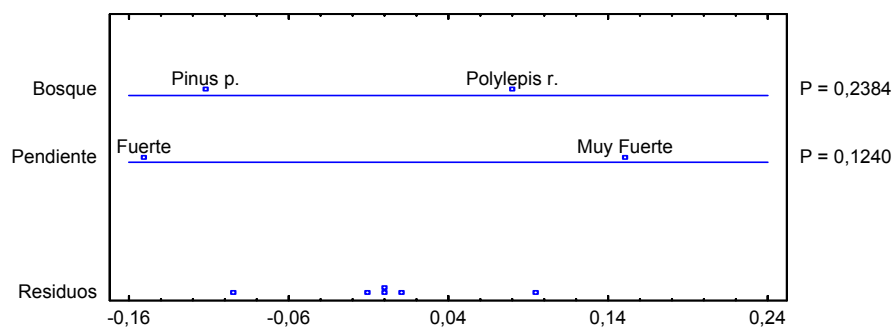
$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

El Análisis de Varianza indica que no existe significatividad de los factores, en consecuencia se rechaza la hipótesis 1.

Ilustración 68: ANOVA gráfico para el Potasio.



Fuente: La Autora.

El valor de P se encuentra en un rango superior a 0,005 por lo tanto no es significativo para ninguno de los dos casos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Tabla 34: Prueba de Rango Múltiple para Potasio por bosque, método LSD.

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	0,1725	0,0477624	X
Polylepis r.	2	0,31	0,0675463	X

Fuente: La Autora.

Tabla 35: Diferencia significativa para Potasio por bosque, mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

Contraste	Sig.	Diferencia +/- Límites
Pinus p. - Polylepis r.	-0,1375	0,355945

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

En el caso del Potasio, forma tipos homogéneos para los dos tipos de bosque ya que no existe una diferencia significativa.

Tabla 36: Prueba de Rango Múltiple para el Potasio por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fuerte	3	0,135	0,0584968	X
Muy Fuerte	3	0,3475	0,0584968	X

Fuente: La Autora.

Tabla 37: Diferencia significativa para Potasio por pendiente, mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
Fuerte - Muy Fuerte	-0,2125	0,355945	

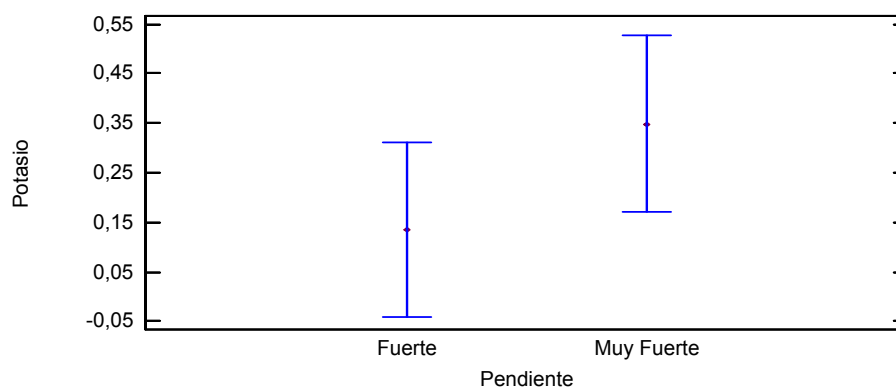
* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Como sucede en el caso anterior, la pendiente no presenta diferencia significativa entre sus tipos, por lo tanto existe homogeneidad. La ilustración 52 confirma esta aseveración al presentar sus intervalos traslapados.

$$H_0 = \square_{pr} = \square_{pp}$$

Ilustración 69: Gráfico de medias para el Potasio por pendiente.



Fuente: La Autora.

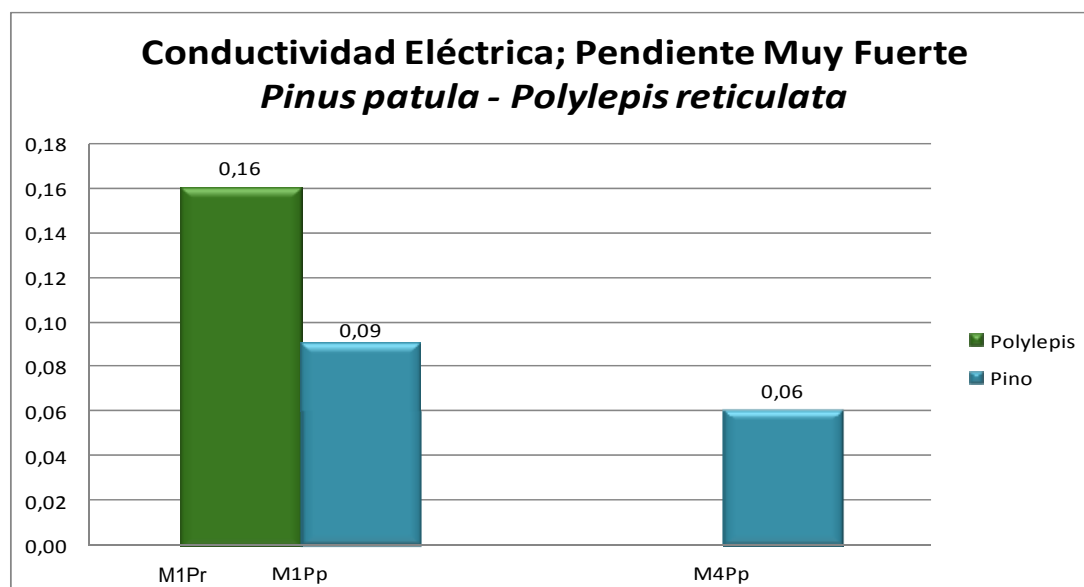
6.1.4 Conductividad Eléctrica.

Tabla 38: Reporte de datos de Conductividad Eléctrica.

Pendiente	Rango de pendiente	Tipo	Muestra	# de Repetición	Conductividad Eléctrica (m mhos/cm)
Muy fuerte	50-70%	<i>Pinus patula</i>	M1Pp	1	0,09
		<i>Pinus patula</i>	M4Pp	2	0,06
		<i>Polylepis reticulata</i>	M1Pr	Testigo	0,16
Fuerte	25-50%	<i>Pinus patula</i>	M2Pp	1	0,08
		<i>Pinus patula</i>	M3Pp	2	0,12
		<i>Polylepis reticulata</i>	M2Pr	Testigo	0,14

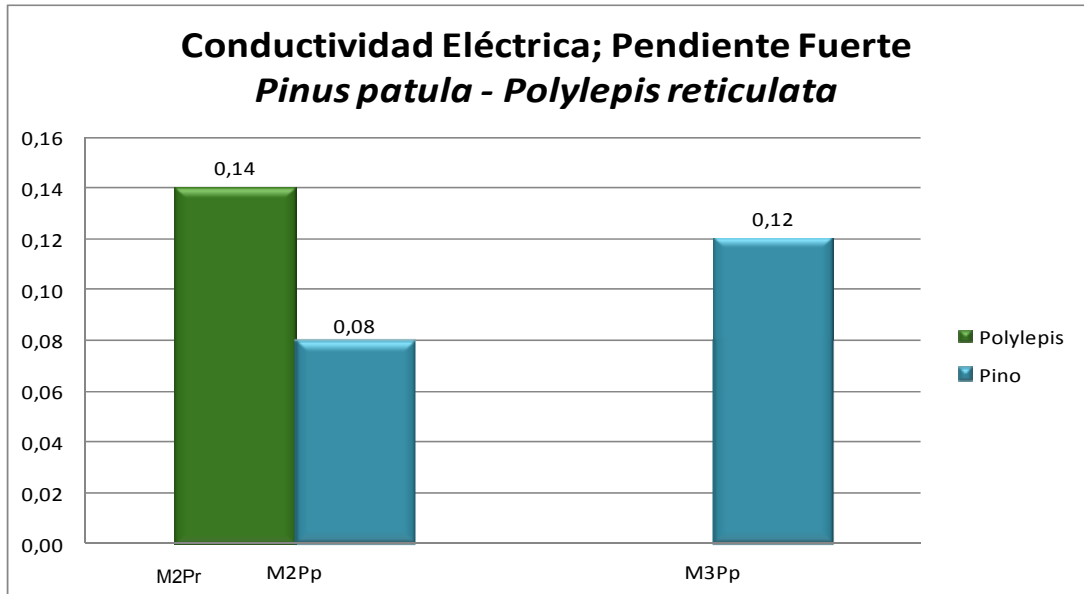
Fuente: La Autora.

Ilustración 70: Conductividad Eléctrica en pendiente Muy Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 71: Conductividad Eléctrica en pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 39: Análisis de Varianza para la Conductividad Eléctrica.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Bosque	0,00520833	1	0,00520833	8,33	0,1020
B:Pendiente	0,000008333	1	0,00000833	0,01	0,9186
INTERACCIONES					
AB	0,000675	1	0,000675	1,08	0,4078
RESIDUOS	0,00125	2	0,000625		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00728333	5			

Fuente: La Autora.

H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

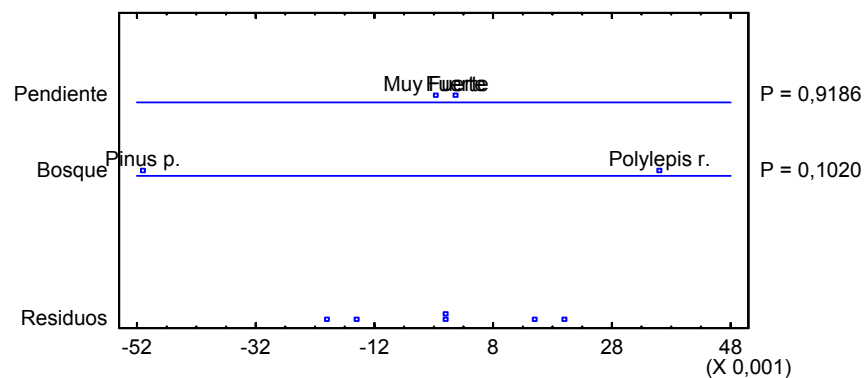
$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

Los valores P prueban la falta de significatividad estadística de cada uno de los factores. Aceptando por lo tanto, la hipótesis 0.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

De esta manera, la Ilustración 55 muestra que los valores de P son inferiores a 0,005, confirmando que no existe significancia.

Ilustración 72: ANOVA gráfico para la Conductividad Eléctrica.



Fuente: La Autora.

Tabla 40: Prueba de Rango Múltiple para la Conductividad Eléctrica por bosque, método LSD.

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	0,0875	0,0125	X
Polylepis r.	2	0,15	0,0176777	X

Fuente: La Autora.

Tabla 41: Diferencia significativa para Conductividad Eléctrica por bosque, método LSD.

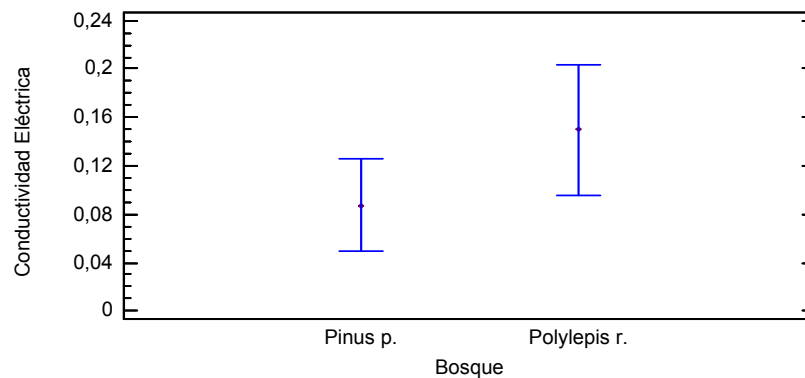
Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
Pinus p. - Polylepis r.	-0,0625	0,0931552	

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

En ambos tipos de bosque existe homogeneidad y ausencia de diferencia significativa, es decir la Conductividad Eléctrica no influye en cuanto a su calidad.

Ilustración 73: Gráfico de medias para la Conductividad Eléctrica por bosque.



Fuente: La Autora.

Existe una mayor cantidad de Potasio en el Bosque de Polylepis, sin embargo al encontrarse traslapados sus intervalos se puede inferir que no existe diferencia significativa.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Tabla 42: Prueba de Rango Múltiple para Conductividad Eléctrica por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Muy Fuerte	3	0,1175	0,0153093	X
Fuerte	3	0,12	0,0153093	X

Fuente: La Autora.

Tabla 43: Diferencia significativa para Conductividad Eléctrica por pendiente, método LSD.

Contraste	Sig.	Diferencia +/- Límites
Fuerte - Muy Fuerte	0,0025	0,0931552

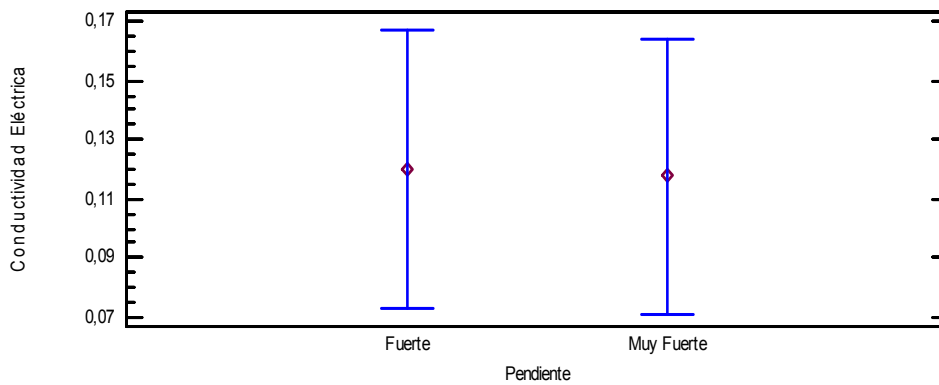
* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Se evidencia la ausencia de grupos heterogéneos y su subsecuente falta de diferencia significativa entre pendientes. Asimismo la ilustración presenta iguales resultados en la calidad de suelo en cuanto a conductividad según la pendiente.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Ilustración 74: Gráfico de medias para Conductividad Eléctrica por pendiente.



Fuente: La Autora.

6.1.5 Microelementos.

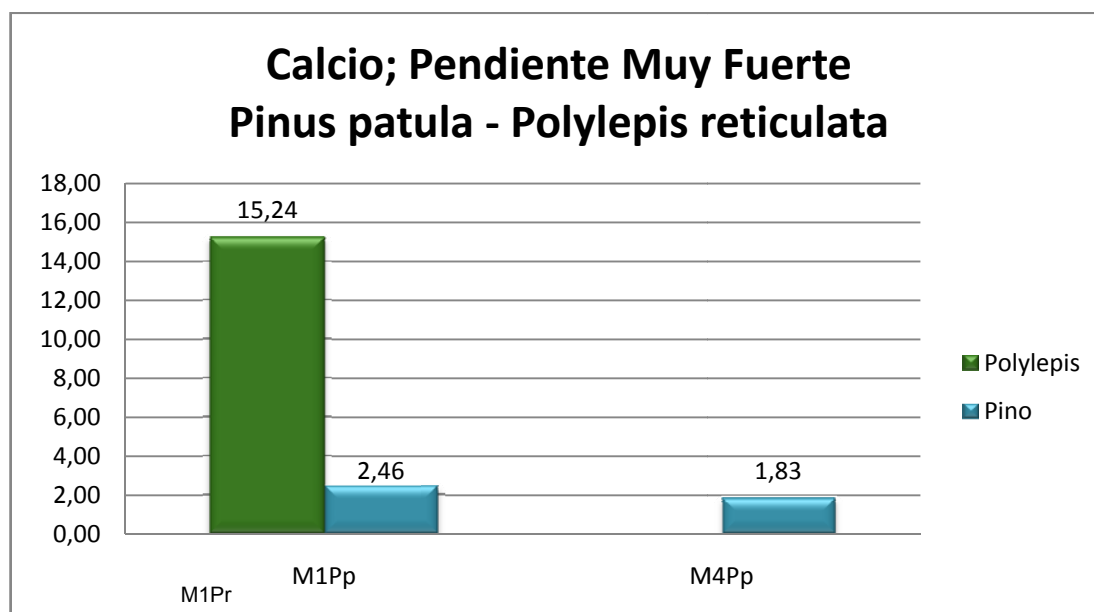
6.1.5.1 Calcio.

Tabla 44: Reporte de datos del Calcio.

Pendiente	Rango de pendiente	Tipo	Muestra	# de Repetición	Ca (meq/100ml)
Muy fuerte	50-70%	<i>Pinus patula</i>	M1Pp	1	2,46
		<i>Pinus patula</i>	M4Pp	2	1,83
		<i>Polylepis reticulata</i>	M1Pr	Testigo	15,24
Fuerte	25-50%	<i>Pinus patula</i>	M2Pp	1	10,08
		<i>Pinus patula</i>	M3Pp	2	5,74
		<i>Polylepis reticulata</i>	M2Pr	Testigo	10,72

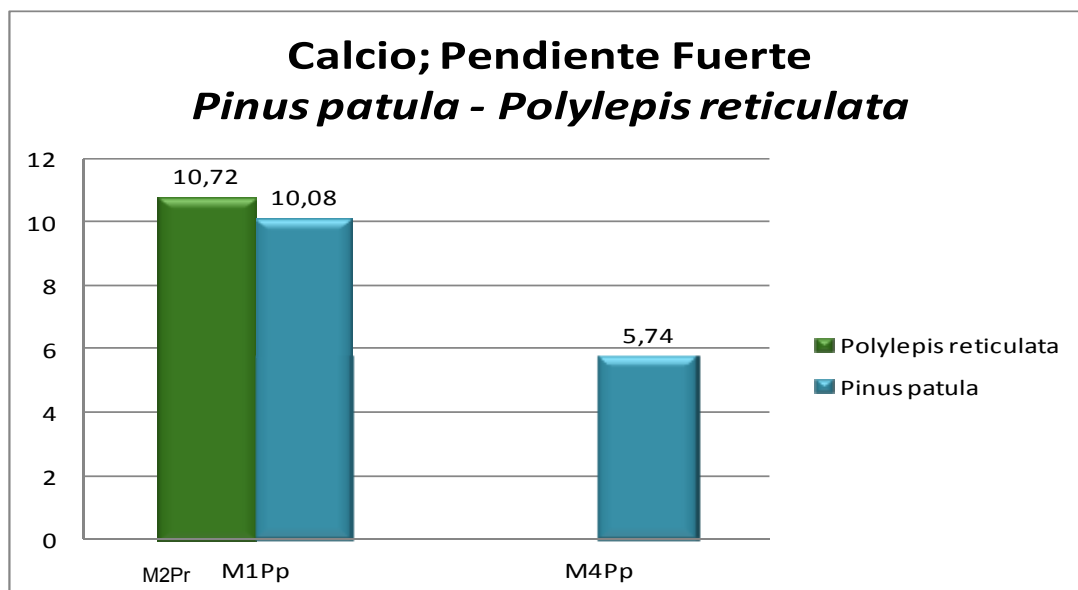
Fuente: La Autora.

Ilustración 75: Calcio en pendiente Muy Fuerte de Bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Ilustración 76: Calcio en Pendiente Fuerte de bosque de *Pinus patula* y *Polylepis reticulata*.



Fuente: La Autora.

Tabla 45: Análisis de Varianza para el Calcio.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Bosque	84,323	1	84,323	17,54	0,0526
B:Pendiente	0,516675	1	0,516675	0,11	0,7742
INTERACCIONES					
AB	35,2604	1	35,2604	7,33	0,1136
RESIDUOS	9,61625	2	4,80813		
TOTAL (CORREGIDO)	137,39	5			

Fuente: La Autora.

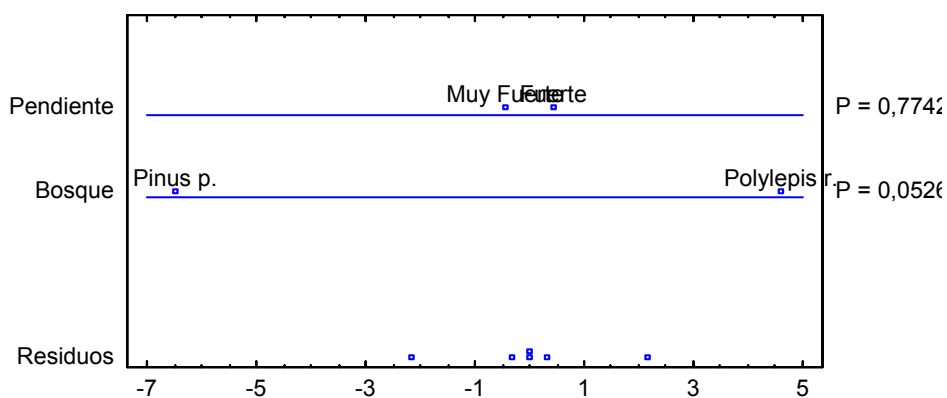
H_0 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas no está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

H_1 = La calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de pinos.

$$H_1 = \mu_{Pr} \neq \mu_{Pp}$$

Ilustración 77: ANOVA gráfico para el Calcio.



Fuente: La Autora.

Como se observa en la Tabla 45 y en la Ilustración 60, no existe una significatividad estadística para la variable de respuesta Calcio, con respecto a los factores Bosque y Pendiente; por lo tanto se acepta la hipótesis 0.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Tabla 46: Prueba de Rango Múltiple para el Calcio por bosque, método LSD.

Bosque	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Pinus p.	4	5,0275	1,09637	X
Polylepis r.	2	12,98	1,5505	X

Fuente: La Autora.

Tabla 47: Diferencia significativa de Calcio por bosque mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

Contraste	Sig. Diferencia +/-	Límites
Pinus p. - Polylepis r.	-7,9525	8,17062

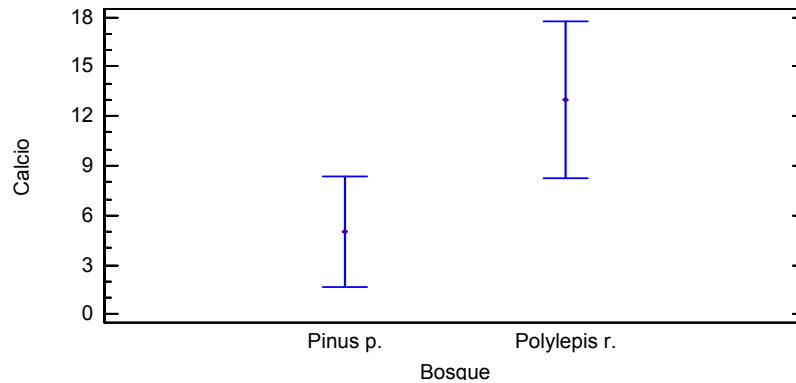
* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Existe alineación de las X's en torno al factor bosque, por lo tanto los grupos son homogéneos.

No presentan diferencia significativa entre el Bosque *Pinus patula* y *Polylepis reticulata* en cuanto al Calcio.

Ilustración 78: Gráfico de medias para el Calcio.



Fuente: La Autora.

Como se infirió anteriormente, los intervalos de los dos bosques se traslapan y por lo tanto no existe diferencia estadística.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

Tabla 48: Prueba de Rango Múltiple para Calcio por pendiente, método LSD.

Pendiente	Casos	Media	LS	Sigma	LS	Grupos Homogéneos
Muy Fuerte	3	8,6925	1,34278			X
Fuerte	3	9,315	1,34278			X

Fuente: La Autora.

Tabla 49: Diferencia significativa para el Calcio por pendiente, mediante prueba de Rango Múltiple, método LSD.

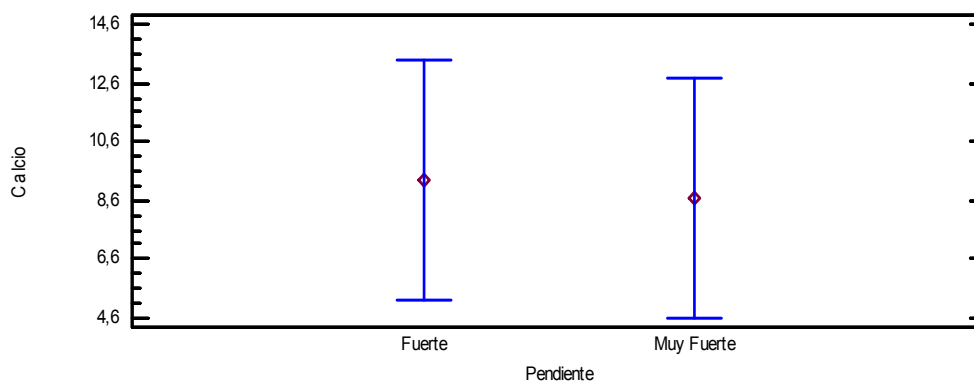
Contraste	Sig.	Diferencia +/- Límites
Fuerte - Muy Fuerte	0,6225	8,17062

* indica una diferencia significativa.

Fuente: La Autora.

Tampoco existe diferencia significativa ni de grupos en Calcio con respecto a la pendiente.

Ilustración 79: Gráfico de medias para el Calcio por pendientes.



Fuente: La Autora.

Para esta variable de respuesta no existe influencia de la pendiente en la calidad del suelo.

$$H_0 = \mu_{Pr} = \mu_{Pp}$$

En conclusión sobre este capítulo podemos determinar que variables presentan o no significatividad estadística, siendo estas las siguientes:

Tabla 50: Significatividad estadística para las variables analizadas.

Significatividades	No significativades
p.H.	Nitrógeno.
	Fósforo.
	Potasio.
Materia Orgánica.	Conductividad Eléctrica.
	Calcio.

Fuente: La Autora.

CAPITULO 7

7. CALCULO DE LA USLE.

Entre los métodos empíricos más utilizados para estimar las pérdidas de suelo por erosión se encuentra la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), formulada por Wischmeier y Smith en 1978.⁷¹

De acuerdo a la USLE, la tasa de pérdidas de suelo por erosión hídrica, T, es una función de: el poder erosivo de la lluvia, R, la erodabilidad de los suelos, K, la cobertura vegetal, C, la practica conservacionista, P y el factor combinado de la pendiente y la longitud de la misma, LS (Wischmei y Smith, 1978).

De acuerdo a esto, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$A = R \times K \times C \times P \times LS$$

T = pérdida de suelo actual en toneladas. ha⁻¹. año⁻¹

R = erosividad de las lluvias en t. m. ha⁻¹cm. h⁻¹. 10⁻²

K = susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica (unidades metricas)

C = factor cultivo o cobertura

P = factor práctica conservacionista

LS = factor pendiente y longitud de pendiente

⁷¹ WISCHMEIER, W. y SMITH, D., "Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning." Agriculture Handbook No. 537. USDA/Science and Education Administration, United – States, 1978.

En el cálculo de esta fórmula existen parámetros que hacen referencia a los factores físicos poco modificables por el hombre. De esos factores, R no puede ser modificado, K depende fuertemente de la textura de los suelos, la cual no puede ser fácilmente mejorada.

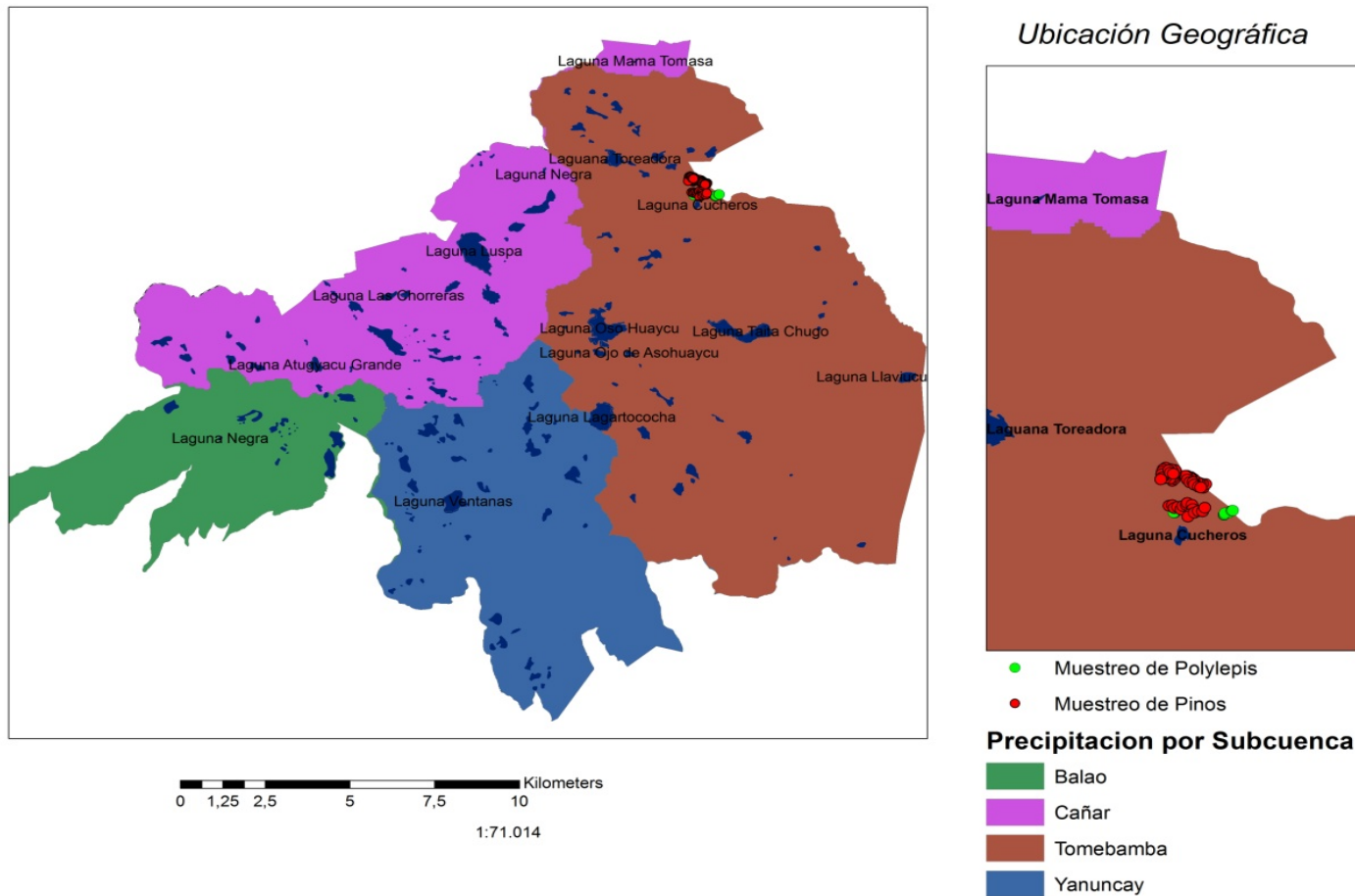
En cambio, las prácticas agronómicas pueden utilizarse para modificar la cobertura vegetal, C, mediante implementación de nuevos sistemas de siembra o el mejoramiento de los existentes. El factor P puede ser cambiado por prácticas conservacionistas, como las barreras vegetativas, uso de terrazas, zanjas o acequias de ladera. Cuando se modifica el factor P se puede lograr también la reducción de la longitud de pendiente, L y mediante terrazas se podría modificar S.

7.1 Factor R. Erosividad de las lluvias.

Los valores considerados para este factor corresponden a los datos mensuales y el total de los mapas de lluvias.

Como se puede observar en la ilustración a continuación, el lugar donde se tomaron las muestras corresponde a la Subcuenca del Río Tomebamba, que está ubicada en la cuenca del Río Paute (Sistema del Río Santiago).

Ilustración 80: Mapa de isoyetas por subcuenca.



Fuente: Gobierno Provincial del Azuay, *Cartografía base*, 2010.

Elaboración: La Autora.

Tabla 51: Promedio mensual de lluvias de la subcuenca del Tomebamba.

Enero	68,462
Febrero	93,289
Marzo	101,917
Abril	111,332
Mayo	83,509
Junio	67,507
Julio	60,028
Agosto	43,926
Septiembre	66,880
Octubre	93,239
Noviembre	80,199
Diciembre	85,620
Promedio Anual	79,659

Fuente: La Autora.

Por lo tanto el valor de R que se utiliza en la fórmula de la USLE es de 79,66.

7.2 Factor K. Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica.

Se establece en base a las tablas que relacionan la clase textural del suelo y el factor K.

Tabla 52: Factores de erosionabilidad del suelo asociados a la textura y al contenido de materia orgánica⁷²

Textura	Valores de K		
	Contenido de materia orgánica		
	<0,5	2,00%	0,040

⁷² KIRKBY, M., y MORGAN, R., *Erosión de Suelos*, Editorial Limusa, México, 1984.

Arena	0,007	0,004	0,003
Arena fina	0,021	0,018	0,013
Arena muy fina	0,055	0,047	0,037
Arena franca	0,016	0,013	0,011
Arena fina franca	0,032	0,026	0,021
Arena muy fina franca	0,058	0,050	0,040
Franco arenoso	0,036	0,032	0,025
Franco arenoso fino	0,046	0,040	0,032
Franco arenoso muy fino	0,062	0,054	0,043
Franco	5,00%	0,045	3,80%
Limo franco	0,063	0,055	0,043
Limo franco	0,079	0,068	0,055
Franco areno arcilloso	0,036	0,033	0,028
Franco arcilloso	0,037	0,033	0,028
Franco arcillo limoso	0,049	0,042	0,034
Arcilla arenosa	0,018	0,017	0,016
Arcilla limosa	0,033	0,030	0,025
Arcilla		0,017 - 0,038	

Fuente: Kirkby y Morgan, 1984.

Elaboración: La autora.

Según lo presentado en la tabla los valores que corresponden a los cálculos de la USLE para las diferentes pendientes y tipo de vegetación son:

Tabla 53: Valores de K para el bosque de *Polylepis reticulata*.

Altitud (msnm)	Pendiente	Muestra	Clase Textural	K
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pr	Franco-Arcillo- Arenoso	0,043
	Pendiente Fuerte	M2Pr	Franco-Arenoso	0,034

Fuente: La Autora.

Tabla 54: Valores de K para el bosque de *Pinus patula*.

Altitud (msnm)	Pendiente	Muestra	Clase Textural	K
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pp	Arenoso-Franco	0.021
		M4Pp	Franco-Arenoso	0,034
	Pendiente Fuerte	M2Pp	Franco-Arenoso	0,034
		M3Pp	Franco-Arenoso	0,034

Fuente: La Autora.

En el caso del valor de K para las muestras *Pinus patula* tomadas en Pendiente Muy Fuerte (M1Pp y M4Pp) se considera una media de los dos valores y se utiliza 0,032 como dato resultante.

7.3 Factor LS. Relación con la Pendiente.

La fórmula para el cálculo de LS es:

$$LS = \left(\frac{L}{22,13}\right)^m (65,41 \text{sen}^2 \alpha + 4,45 \text{sen} \alpha + 0,065)$$

L = Longitud de la pendiente en metros.

α = Angulo de la pendiente.

m = Para pendientes > 5% = 0,5

Se considera una longitud de la pendiente de 100m, el ángulo α se calcula a partir de la siguiente consideración:

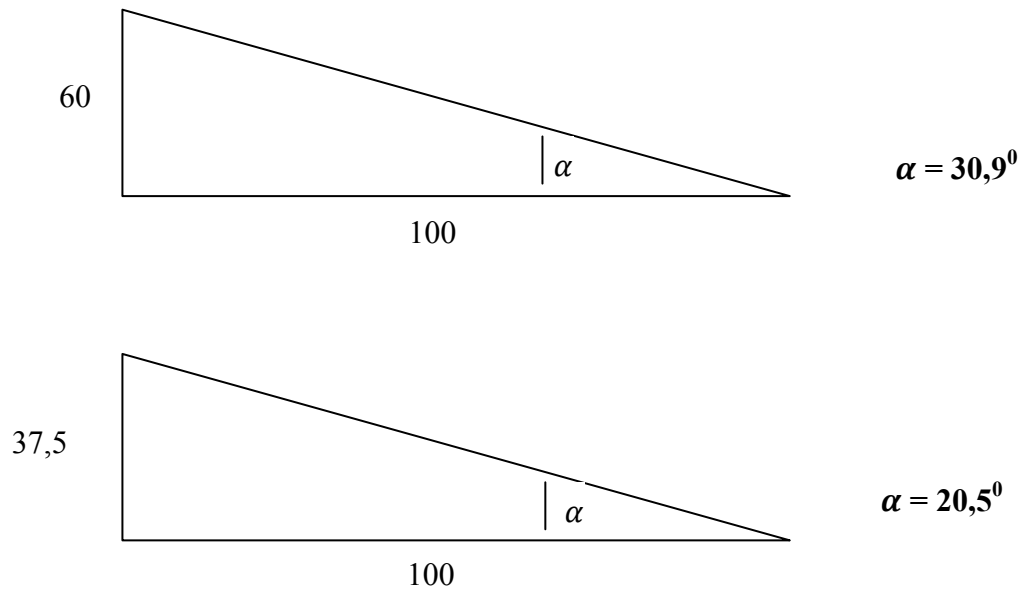


Tabla 55: Valores de LS para el bosque de *Polylepis reticulata*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	LS
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pr	41,852
	Pendiente Fuerte	M2Pr	20,553

Fuente: La Autora.

Tabla 56: Valores de LS para el bosque de *Pinus patula*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	LS
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pp	41,852
		M4Pp	41,852
	Pendiente Fuerte	M2Pp	20,553
		M3Pp	20,553

Fuente: La Autora.

7.4 Factor C. Cultivo o Cobertura del Suelo.

Se estima este valor en base a las tablas que lo relacionan con el tipo de vegetación, en el caso de *Polylepis reticulata* se considera a esta como “Bosque 75-100% Cobertura” lo cual nos da un valor de 0,001 para C, como se observa a continuación.

Tabla 57: Coeficientes de cultivo C de la USLE.

Cultivo & Cobertura	Prep	Siembra a	Crecim 10-50%	Desarrollo 50	Maduración 80	Cosecha	Observación
	Tierra	10% CV	CV	- 70% CV	- 90% CV		
Maíz, sin residuos	0,69	0,77	0,68	0,49	0,35	0,74	C/Bajos rendim
Maíz, con residuos		0,51	0,43	0,36	0,24	0,47	C/Mulch
Maíz, resid, curvas niv.			0,25	0,24	0,22		Mulch
Frijoles con resid.		0,45	0,68	0,60	0,24		
Matorral 4m 25% cobert.		0,23	0,14		0,04		
Pasto ralo 25% cobertura		0,20	0,17	0,04	0,01		
Pasto 75% cobertura		0,17	0,06	0,03	0,01		
Bosque 75 - 100% cobertura					0,00		
Bosque 45 - 75% cobertura					0,00		
Bosque 20 - 40% cobertura				0,01			

Fuente: Wishmeier y Smith, 1978.

Elaboración: La autora.

Para el bosque de *Pinus patula*, el valor de C es de 0,01700 (Bosque pinar) como lo indica la tabla a continuación.

Tabla 58: Valores de cultivo o cobertura del Suelo C.

<i>Tipo de vegetación</i>	<i>Valor C</i>
Bosque pinar	0,017
Bosque latifoliado	0,014
Bosque Mixto (pino predominante)	0,028
Bosque Mixto (latifoliado predominante)	0,023
Pasto cultivado	0,005
Pasto natural	0,029
Pasto natural con matorral	0,065
Matorral del bosque de hoja ancha con altura < 5m.	0,181

Fuente: Corrales, 1990.

Elaboración: La autora.

7.5 Factor P. Práctica Conservacionista.

Para considerar este factor es necesaria la interpretación de las tablas siguientes, tanto en el caso de polylepis como del pino se consideró como cultivos en franja.

Ya que en las tablas los valores máximos llegan únicamente al rango del 21-25% y para esta investigación se consideró pendientes entre el 25-50% y 50-70%, los valores finales se debieron calcular con una relación directamente proporcional.

Tabla 59: Valores de P para terrenos con terrazas y en curvas de nivel.

Pendiente (%)	Factor de curvas de nivel	Factor cultivos en franja
1 a 2	0,60	0,30
3 a 8	0,50	0,25
9 a 12	0,60	0,30
13 a 16	0,70	0,35
17 a 20	0,80	0,40
21 a 25	0,90	0,45

Fuente: Wischmeier y Smith, 1978.

Elaboración: La Autora

De esta manera se obtienen los siguientes datos:

Tabla 60: Valores de P para bosques de *Polylepis reticulata*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	P
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pr	1,174
	Pendiente Fuerte	M2Pr	0,734

Fuente: La Autora.

Tabla 61: Valores de P para bosques de *Pinus patula*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	P
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pp	1,174
		M4Pp	1,174
	Pendiente Fuerte	M2Pp	0,734
		M3Pp	0,734

Fuente: La Autora.

7.6 Cálculo de la USLE para suelos con presencia de *Polylepis reticulata* y *Pinus patula*.

Una vez obtenidos todos los valores necesarios para calcular la pérdida de suelo se procede a su cálculo aplicando la fórmula antes descrita. Todos los valores obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 62: Cálculo de la USLE para el suelo con presencia de *Polylepis reticulata*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	R	K	LS	C	P	A (tm/ha/año)
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pr	79,659	3,40%	41,852	0,10%	1,174	0,133
	Pendiente Fuerte	M2Pr	79,659	4,30%	20,553	0,10%	0,734	0,052

Fuente: La Autora.

Tabla 63: Cálculo de la USLE para el suelo con presencia de *Pinus patula*.

Altitud (m.s.n.m)	Pendiente	Muestra	R	K	LS	C	P	A (tm/ha/año)
3700 - 3800	Pendiente Muy Fuerte	M1Pr	79,659	3,20%	41,852	1,70%	1,174	2,129
	Pendiente Fuerte	M2Pr	79,659	4,30%	20,553	1,70%	0,734	0,878

Fuente: La Autora.

CONCLUSIONES .

- En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis 1, ya que se demuestra estadísticamente que la calidad del suelo del Parque Nacional Cajas está siendo deteriorada debido a la plantación de *Pinus patula* en comparación con el que se encuentra en condiciones naturales en el Parque Nacional Cajas en los bosques de *Polylepis reticulata*.
- Gracias a la investigación se afirma que el Parque Nacional Cajas provee una amplia gama de servicios ambientales y cuenta con una existencia de variedades extensas de flora y fauna entre las que se incluyen especies endémicas del lugar.
- En cuanto a los bosques de *Polylepis*, particularmente *Polylepis reticulata* se conoce que constituyen el hábitat de muchas especies animales y vegetales. Gracias a las herramientas utilizadas en la realización de esta tesis se constata que los bosques de *Polylepis* se encuentran en mayor número que otras especies y que aún existen zonas boscosas no intervenidas.
- Los bosques de *Pinus patula* se encuentran en zonas muy bien delimitadas dentro del Parque siendo esta zona de la entrada Nor-Este en el sector conocido como “Quinuas” en una superficie que no supera las 32 ha.
- Las muestras de suelo que se toman en ambos tipos de bosque y con las pendientes especificadas en el desarrollo de este trabajo son de gran importancia para demostrar cuál es la situación actual del Parque Nacional Cajas y así colaborar con futuros estudios que realicen.
- El p.H. en los suelos con presencia de *Pinus pátula* es bajo, en el caso de las pendientes Fuerte y Muy Fuerte sus promedios son de 5,34 y 4,69 respectivamente, ubicándolos en la categoría de suelos “ácidos” y “muy ácidos”,

lo cual es mayor que los datos de *Polylepis reticulata* en los que los valores encontrados fueron de 5,58 y 5,47 para las Pendientes Fuerte y Muy Fuerte respectivamente, dándoles la categoría de suelos “medianamente ácidos”

- Se concluye que la pendiente ejerce influencia en los resultados de p.H., siendo la pendiente Muy Fuerte la que presenta mayores valores de acidez tanto para el caso del *Pinus patula* con un valor promedio de 4,69 como de *Polylepis reticulata* con un valor de 5,47.
- En cuanto a la conductividad eléctrica, esta relacionada directamente con el p.H y esto se comprueba con los resultados presentados. Las pendientes Muy Fuertes tienen una conductividad baja (también bajo p.H.): promedio de 0,075 para *Pinus patula* y 0,16 para *Polylepis reticulata*; y en las pendientes Fuertes se puede observar una conductividad ligeramente mayor (mayor p.H.): promedio de 0,10 para *Pinus patula* y 0,14 para *Polylepis reticulata*.

Aunque estadísticamente se concluye que no existe una alta significancia en cuanto a cambios o alteraciones en los niveles de conductividad, se sabe que cuando hay menor p.H., hay menor capacidad de intercambio catiónico por tanto la conductividad eléctrica es menor.

- Con respecto a los análisis de Nitrógeno, se concluye que en todos los sustratos estudiados (exceptuando el sustrato procedente de la Pendiente Fuerte de *Polylepis reticulata*) existe acumulación de compuestos amoniacales, debido a que el rango de p.H de estos suelos está entre 4,5 y 5,5 lo que hace que la descomposición de la materia orgánica para amonificación se acelere.
- Asimismo debido a la acidez de las muestras, el Fósforo precipita con el Hierro y con el Aluminio también presentes en el suelo y forma fosfatos de Fe y Al, que son insolubles (no asimilables). Se concluye entonces esta situación en todos los sustratos estudiados (exceptuando el sustrato procedente de la Pendiente Fuerte de *Polylepis reticulata*)
- Debido al bajo p.H. también se observan valores bajos de Ca en Pendientes Muy Fuertes con presencia de *Pinus patula*, por lo tanto se concluye que existe una

falta de Calcio, disponible como Carbonato de Calcio. Así el valor superior de Ca en suelos con presencia de *Polylepis reticulata* se debe a la menor acidez de este sustrato.

- La Pendiente Fuerte en suelos con ambos tipos de vegetación estudiada presenta valores superiores de Ca, gracias a que existe mayor actividad microbiana, menor acidez y velocidad de intercambio catiónico superior.
- Con respecto al cálculo de la USLE, se observa de acuerdo al tipo de vegetación que el *Pinus patula* sufre una alta pérdida de suelo en ambos tipos de pendientes. Se concluye por tanto que la pérdida de suelo está relacionada directamente con la vegetación, mientras las pérdidas en los bosques de *Pinus patula* son excesivamente elevadas, en el bosque de *Polylepis reticulata* se califican como normales.
- Se observa que una notoria diferencia de valores encontrados según la pendiente, se puede entonces llegar a la conclusión de que la pendiente y la pérdida de suelo tienen una relación directamente proporcional, es decir a mayor pendiente mayor pérdida de suelo.
- Por lo tanto, se afirma que mientras mayor es la pendiente y si el tipo de vegetación es de una especie exótica como el *Pinus patula* existe una disminución en la calidad del suelo del Parque Nacional Cajas.
- Adicionalmente a los análisis químicos en el laboratorio, el trabajo de campo permite observar que el manto superficial de las capas de suelo de ambos tipos de bosque estudiados son extremadamente diferentes, así, en el caso de *Pinus patula* no existe crecimiento de ningún otro tipo de vegetación a parte de los hongos mencionados en este estudio, todo el suelo está cubierto por una densa capa rojiza de agujas del pino y no hay microfauna visible (únicamente lombrices). Por el contrario en el caso de *Polylepis reticulata*, existe una cubierta vegetal tan espesa del suelo que hizo que la toma de muestras sea una labor muy difícil,

también se pueden observar gran variedad de insectos voladores, arácnidos, gusanos, entre otros.

RECOMENDACIONES .

- ❖ Considerar el uso de imágenes satelitales para una mejor localización de los bosques tanto de *Polylepis reticulata* como de *Pinus patula*, a través de convenios institucionales que faciliten y favorezcan el manejo de la información.
- ❖ Agrupar las sub-muestras en mayor número de muestras, de tal manera de contar con más datos finales para el análisis estadístico.
- ❖ Considerar como otro factor de estudio la edad de los arboles que conforman los bosques, así como también las profundidades en las tomas de las sub-muestras.
- ❖ Dirigir los resultados obtenidos de esta y futuras investigaciones a la concienciación en la protección de los bosques nativos, la eliminación de quemadas intencionales, el cambio de uso de suelo y la reforestación con plantas endémicas de la zona.
- ❖ Realizar análisis específicos en los bosques de *Pinus patula* con la finalidad de determinar si existe la necesidad de hacer un censo en los mismos.
- ❖ Promover la implementación de una base de datos actualizados y locales en la UPS, que estén disponibles al público, para facilitar el intercambio de información y poder realizar estudios y cálculos como los de la USLE
- ❖ Se sugiere aplicar técnicas avanzadas para un segundo cálculo de la USLE, como es mediante el software ArcGis y de esa manera la confirmación de los resultados obtenidos en esta investigación.
- ❖ Promover la difusión de una base de datos y un archivo shape con los datos que se obtuvo de la ubicación de los bosques de *Pinus patula*, ya que las entidades públicas encargadas de la dirección del Parque no cuentan con esta información.

- Realizar futuras investigaciones en las que se incluya un estudio biológico comparativo de la diversidad de flora, fauna y microfauna de ambos tipos de bosque.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- ALBERT, L., *Introducción a la Toxicología Ambiental*, Mexico, 1997
- Bice, D. (2002). *Exploring the Dynamics of Earth Systems: a guide to constructing and experimenting with computers models of Earth systems using STELLA*.
- *BirdLife International*. (2006). Retrieved 10 12, 2010, from Fichas de especies para migratorias neotropicales en las IBAs: Cajas-Mazán: <http://www.birdlife.org>
- Castillo Rodriguez, F., *Biotecnología Ambiental*, Madrid: Tébar, 2005.
- Groenendijk, J., y otros, *Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes*, International Mountain Society and United Nations University, Estados Unidos, 2002.
- Guzmán U., E. M. (2003). *Propuesta para Mejorar las Evaluaciones de Impacto Ambiental de las Actividades de Explotación y Producción de Petróleo en Venezuela*. Merida.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI . (2008). *ESTUDIO HIDROLÓGICO DE INUNDACIONES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHONE (SUBCUENCAS: GARRAPATA, MOSQUITO Y GRANDE)*. Quito.
- Poyecto Páramo. (1999). Mapa Preliminar de los Páramos del Ecuador.

- Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana. *Usos Tradicionales de las Especies Forestales Nativas en el Ecuador.*, CESA, Tomo 2, Quito - Ecuador, 1992.
- Rodas, F. (1998). *Aves del Bosque de Mazán, Tomo II.* Cuenca: ETAPA.
- Tinoco Molina, B., & Astudillo Webster, P. (2007). *Guía de campo para observación de aves del Parque Nacional Cajas.* Cuenca: ETAPA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

¹ ANDRADE JALÓN, E. “El Parque Nacional Cajas.” *Vistazo*, 21 de octubre del 2010.

² CARÚA, Juan, y otros, *Determinación de Retención de Agua en los suelos de los Páramos: Estudio de Caso en la Subcuenca del Río San Pedro, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador, Quito – Ecuador.*

⁷ CARRASCO, J. (Director). *Video El Cajas. ENTRE EL CIELO Y LA TIERRA*, Cuenca – Ecuador, 2005-2009.

¹⁰ MADRIÑÁN, Santiago, “Caracterización de la vegetación”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.

¹⁴ ETAPA, *Guía de mamíferos del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador 2009.

¹⁵ ETAPA, *Guía de Anfibios, Reptiles y Peces del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador, 2009.

¹⁶ ETAPA, *Guía de campo para observación de aves del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador 2009.

¹⁷ YÉPEZ, Itala, “Prioridades de investigación y conservación para las aves de páramo”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.

²⁰ WETZEL, Robert, *Limnología*, 1983.

- ²¹ CARÚA, Juan, y otros, *Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: Estudio de caso en la Subcuenca del río San Pedro, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador.*, Quito – Ecuador, 2004, p. 27.
- ²² ETAPA, *Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR)*, Cuenca – Ecuador, 1 de octubre de 2008, p. 10.
- ²⁵ ETAPA, *Expediente para la inscripción del Parque Nacional Cajas y los tramos transversales del Qhapaq Ñan en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO*, Cuenca – Ecuador, 2009, p. 40.
- ²⁷ BUCHELI, Franklin, *Parque Nacional Cajas. Una oportunidad para la vida y el desarrollo local sustentable. Gestión descentralizada*, ETAPA, Cuenca, noviembre 2007, p. 56.
- ²⁸ ETAPA, *Guía de rutas del Parque Nacional Cajas*, Cuenca – Ecuador, 1 de octubre de 2008, p. 7.
- ³⁷ ECOLAP y MAE, *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador, 2007.
- ³⁹ SEVINK, Jan, “Suelos del páramo”, Ponencia presentada en el Segundo Congreso Mundial de Páramos, Loja, 21 – 25 de Junio de 2009.
- ⁴² GANSSER, A., *Facts and theories on the Andes*. Journal of the Geological Society, Vol. 129, 1973.
- ⁴⁷ MENA, Josse y MEDINA, G. *Los Suelos del Páramo*, Serie Páramo, Quito, 2000.
- ⁵⁰ CASTRO, Dimas, Malagón, *Los suelos de Colombia*, Colombia, s/a.
- ⁵³ Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana. *Usos Tradicionales de las Especies Forestales Nativas en el Ecuador*. Quito - Ecuador, 1992.

⁵⁴ PRADO, Lenin y VALDEBENITO, Hugo, *Contribución a la fenología de especies forestales nativas andinas de Bolivia y Ecuador*, Intercoporation, Quito – Ecuador, 2000.

⁵⁵ KESSLER, Michael, *Bosques de Polylepis*, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia, 2006.

⁵⁶ Programa de Reforestación y Conservación de los recursos naturales en Areas Marginales de la Sierra Ecuatoriana. *Usos Tradicionales de las Especies Forestales Nativas en el Ecuador*, CESA, Quito - Ecuador, 1992.

⁵⁷ s/a, *Forestación con especies nativas*, Resumen del 2 encuentro sobre forestación con especies nativas de los andes ecuatorianos, Cuenca – Ecuador, 26 – 28 de junio de 1986.

⁶⁰ ULLOA, Carmen, y otros, *100 plantas silvestres del páramo del Parque Nacional Cajas*, ETAPA, Cuenca – Ecuador, 2004.

⁶¹ GEILFUS, Frans y BAILÓN, Pascual, *El Arbol al Servicio del Agricultor: Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural*. Turrialba - Costa Rica, 1994.

⁶³ LÓPEZ, Antonio, y SÁNCHEZ DE LORENZO CÁCERES, José, *Arboles en España: Manual de Identificación*, Segunda Edición ed, Madrid - España, 2001.

⁶⁴ RODRÍGUEZ, Guillermo y RODRÍGUEZ, Roberto, "Las Especies de Pinaceae Cultivadas en Chile", *Bosque* , Universidad Austral de Chile, vol 4, No. 1, Chile,1981.

⁶⁵ GRANDA, Patricia. *Monocultivos de árboles en Ecuador*, mayo del 2006.

⁶⁷ REYES, Martha, *Síntesis de micorrizas en Pinus caribaea con cepas nativas de Pisolithus tinctorius y Scleroderma sp. en contenedor*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, octubre de 2004.

68 GILLESPIE, Andrew. *Pinus patula Schiede & Deppe. Pino pátula pine, ocote.*, New Orleans, LA – United States, 1992.

69 AÑAZCO, Mario, y otros, *Productos Forestales No Madereros en el Ecuador (PFNM)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Quito - Ecuador, 2004.

70 CARRERE, Ricardo, *Pinos y eucaliptos en Ecuador: símbolos de un modelo destructivo*, Ecuador, agosto de 2005.

72 KIRKBY, M., y MORGAN, R., *Erosión de Suelos*, Editorial Limusa, México, 1984.

PAGINAS WEB.

- ⁵ ETAPA, Visitar el Cajas – Descripción General,
http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_viscaj_des_gen.aspx
- ⁶ ETAPA, Parque Nacional Cajas, <http://www.etapa.net.ec/PNC/default.aspx>
- ⁹ ETAPA, Ecología vegetal – flora,
http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_eco_veg.aspx
- ¹² PITMAN, N., *Carex azuayae*. En: IUCN 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas, 2004, www.iucnredlist.org.
- ¹³ PITMAN, N., *Carex toreadora*. En: IUCN 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas, 2004, www.iucnredlist.org
- ¹⁸ BIRDLIFE INTERNATIONAL, Cajas-Mazán, 2011, <http://www.birdlife.org>
- ³¹ ETAPA, Limnología – Sistema lacustre o lagunar, 16 de enero 2010,
http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_lim.aspx
- ³² ETAPA, Ríos, característicos del ecosistema fluvial del PNC, 16 de enero 2010,
http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_lim.aspx
- ³⁵ RAMSAR, La convención sobre los humedales, enero del 2008,
http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-introductory-ramsar/main/ramsar/1-36%5E16849_4000_2__
- ³⁸ UNESCO, <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5548/>

⁴⁰ ETAPA, Geología y Geomorfología – Divisoria continental de aguas, 16 de enero 2010, http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_biocul_geo.aspx

⁴⁸ United States Department of Agriculture, Andisols, <http://soils.usda.gov/technical/classification/orders/andisols.html>

⁵¹ FAO, <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/BMRHistorico.htm>

⁵⁸ ROMOLEROUX, K. y PITMAN, N. *Polylepis reticulata*. En: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species, 2011.1, www.iucnredlist.org, 2004.

⁶² Conifer Specialist Group, *Pinus patula*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species, 1998, www.iucnredlist.org

GLOSARIO.

- AICA: Área de Importancia para la Conservación de Aves. Es aquella que contiene una o más especies de aves amenazadas de extinción a escala global, aves exclusivas de un bioma o aves que se congregan en grandes números en ciertos sitios, debido a que proveen los recursos necesarios para su reproducción, hibernación o migración.
- Amonificación: Producción de amoníaco a partir del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino (-NH₂) o imino (-NH-).
- Andosol: Categoría del sistema de clasificación de suelos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO)⁷³
- Andisol: Se emplea en la taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Bentónica: Se refiere a los organismos micro y macroscópicos que tienen su hábitat en las zonas del fondo, o a las formas que habitan en el fondo⁷⁴.
- Chocó: Región biogeográfica de Panamá, Colombia, Ecuador y Perú. Es mosaico de llanuras aluviales, valles estrechos y empinados y escarpes montañosos. El clima es de los más lluviosos del mundo, esto sumado a su condición tropical y aislamiento lo sitúa entre las regiones más diversas del planeta
- Curacazgo: Eran *llajtas* compuestas por varios *ayllus* que compartían una tradición cultural y una lengua, se agruparon en complejos señoríos étnicos de nivel local o supra local⁷⁵.

⁷³ FAO, http://www.isric.org/ISRIC/webdocs/docs/major_soils_of_the_world/set3/an/andosol.pdf

⁷⁴ Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, *Glosario de la guía ambiental para puertos carboníferos*, Santa Fe de Bogotá – Colombia, junio de 2000

⁷⁵ KARAM, Verónica, *Historia del Ecuador*, Universidad Nacional Autónoma de México, México – Mexico, s/a.

- ❖ Dendrítrico: En forma de mano extendida, los afluentes del río principal vendrían a ser los dedos.
- ❖ Escorrentia: La escorrentía se formará cuando los compartimentos del suelo estén saturados de agua y existe aquella que logra mantenerse en movimiento fuera de los cuerpos de agua permanentes.
- ❖ Micorriza: son un tipo de asociación simbiótica que se establece con las plantas a nivel hipógeo, es decir, bajo el suelo, donde el micelio de un hongo, se relaciona íntimamente con la raíz de la planta.⁷⁶
- ❖ Morrena: es una cordillera o manto de till (material glaciario no estratificado) depositada cerca de un glaciar que impide el escape del agua cuando se derrite el hielo.
- ❖ Simpatría: La ocurrencia de organismos en áreas geográficas que se solapan.
- ❖ Transición: Proceso de evolución, años después se convertirá en suelo.
- ❖ Turberas: Lugares inundados, en donde el suelo presenta condiciones anaeróbicas, y se inhibe la descomposición del material vegetal.
- ❖ UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

⁷⁶ REYES, Martha, Síntesis de micorrizas en *Pinus caribaea* con cepas nativas de *Pisolithus tinctorius* y *Scleroderma* sp. en contenedor, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, octubre de 2004.