

**“ELABORACION DE UNA LINEA BASE PARA DETERMINAR EL CRECIMIENTO  
Y DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata* EN LA  
HACIENDA SAN JOAQUIN DE AGLOMERADOS COTOPAXI S.A (ACOSA)”**

**EDWIN FREDDY PAGUANQUIZA PARRA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2012**

## HOJA DE CERTIFICACION

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado: **“ELABORACION DE UNA LINEA BASE PARA DETERMINAR EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata* EN LA HACIENDA SAN JOAQUIN DE AGLOMERADOS COTOPAXI S.A (ACOSA)”**. De responsabilidad del Sr. Egresado Edwin Freddy Paganquiza Parra, ha sido prolijamente revisada, quedando autorizada su presentación.

### TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Eduardo Cevallos

---

**DIRECTOR**

Ing. Norma Lara B.

---

**MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

**RIOBAMBA – Julio 2012**

## **DEDICATORIA**

*Con humildad, pero con mucho cariño y respeto dedico este trabajo a mis padres Andrés y Aura, a mis hermanos: Álvaro, Eliana, Anita y a mi sobrina Zulíeth Alejandra.*

*No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudare, siempre te sustentare con la diestra de mi justicia.*

*Isaías 41:10*

## **AGRADECIMIENTO**

Sea esta la oportunidad para agradecer:

A DIOS, por encontrarme y amarme.

A mis padres por todo el apoyo incondicional.

A los miembros de la Iglesia del Pacto Evangélico Quijos por sus oraciones.

A los profesores de la Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal por haberme transmitido sus conocimientos su apoyo y su amistad.

A los Directores que me guiaron en la elaboración del presente trabajo de investigación Ing. Eduardo Cevallos e Ing. Norma Lara

Al Ing. Felipe Pazmiño B. Subgerente Control y Apoyo Forestal de Aglomerados Cotopaxi S.A (ACOSA), por haber depositado su confianza en mí, para el desarrollo de esta investigación y a los que conforman el Departamento de Mensura dirigidos por el Ing. Roberto Newman y la Ing. María Gallardo por su apoyo invaluable.

Gracias por todo.....

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO	CONTENIDO	PÁGINA
	LISTA DE CUADROS	ii
	LISTA DE FIGURAS	iv
	LISTA DE ANEXOS	vi
I.	TITULO	1
II.	INTRODUCCION	1
III.	REVISION LITERARIA	4
IV.	MATERIALES Y METODOS	50
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
VI.	CONCLUSIONES	95
VII.	RECOMENDACIONES	96
VIII.	RESUMEN	97
IX.	SUMMARY	98
X.	BIBLIOGRAFIA	99
XI.	ANEXO	103

## LISTA DE CUADROS

NUMERO	CONTENIDO	PÁGINA
1	Rango de fertilidad	52
2	Guía de interpretación de análisis de suelo	52
3	Porcentaje de materia orgánica	52
4	Valorización del pH	53
5	Descripción climática en distintos rangos altitudinales	58
6	Análisis de suelos en distintos rangos altitudinales	59
7	Distribución de las parcelas por rango altitudinal	61
8	Distribución de las parcelas por especie y rango altitudinal	62
9	Estadísticos descriptivos altura y dap a 3150 m.s.n.m.	66
10	Estadísticos descriptivos área basal y volumen a 3150 m.s.n.m.	67
11	Covarianza y coeficiente de correlación	68
12	Estadísticos descriptivos altura y dap a 3200 m.s.n.m.	69
13	Estadísticos descriptivos área basal y volumen a 3200 m.s.n.m.	71
14	Covarianza y coeficiente de correlación	72
15	Estadísticos descriptivos altura y dap a 3300 m.s.n.m.	73
16	Estadísticos descriptivos área basal y volumen a 3300 m.s.n.m.	75

17	Covarianza y coeficiente de correlación	76
18	Estadísticos descriptivos altura y dap a 3400 m.s.n.m.	77
19	Estadísticos descriptivos área basal y volumen a 3400 m.s.n.m.	79
20	Covarianza y coeficiente de correlación	80
21	Estadísticos descriptivos altura y dap a 3500 m.s.n.m.	81
22	Estadísticos descriptivos área basal y volumen a 3500 m.s.n.m.	82
23	Covarianza y coeficiente de correlación	83
24	Defectos a 3150 m.s.n.m.	84
25	Defectos a 3200 m.s.n.m.	84
26	Defectos a 3300 m.s.n.m.	85
27	Defectos a 3400 m.s.n.m.	86
28	Defectos a 3500 m.s.n.m.	86
29	Incremento medio anual <i>Pinus radiata</i>	88
30	Incremento medio anual <i>Pinus pátula</i>	90
31	Datos dasométricos	92

## LISTA DE FIGURAS

NUMERO	CONTENIDO	PÁGINA
1	Croquis de ubicación de los árboles en las parcelas	54
2	Marcación de los árboles	55
3	Distribución de las parcelas por rango altitudinal	61
4	Distribución de las parcelas por especie y rango altitudinal	62
5	Distribución de las plantaciones de <i>Pinus radiata</i> por edad y rango altitudinal	63
6	Distribución de las plantaciones de <i>Pinus pátula</i> por edad y rango altitudinal	63
7	Mapa de distribución de parcelas permanentes	65
8	Altura y DAP promedio a 3150 m.s.n.m.	66
9	Área Basal y volumen por hectárea a 3150 m.s.n.m.	67
10	Altura y DAP promedio a 3200 m.s.n.m.	69
11	Área Basal y volumen por hectárea a 3200 m.s.n.m.	71
12	Altura y DAP promedio a 3300 m.s.n.m.	72
13	Área Basal y volumen por hectárea a 3300 m.s.n.m.	74
14	Altura y DAP promedio a 3400 m.s.n.m.	76
		78



15	Área Basal y volumen por hectárea a 3400 m.s.n.m.	81
16	Altura y DAP promedio a 3500 m.s.n.m.	82
17	Área Basal y volumen por hectárea a 3500 m.s.n.m.	

## LISTA DE ANEXOS

NUMERO	CONTENIDO
1	Formulario de medición de parcelas permanentes
2	Ubicación de la zona de estudio
3	Análisis de suelos
4	Instrumentos de medición
5	Establecimiento de las parcelas permanentes
6	Medición de los árboles
7	Marcación de los árboles
8	Defectos de los árboles
9	Instalación de los Hobos
10	Toma de muestra de suelos

**I. ELABORACION DE UNA LINEA BASE PARA DETERMINAR EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata* EN LA HACIENDA SAN JOAQUIN DE AGLOMERADOS COTOPAXI S.A (ACOSA)**

**II. INTRODUCCION**

El pino fue introducido por Luciano Andrade Marín en el Ecuador en 1925. Después del Eucalipto es la especie mayormente plantada en la Sierra.

Es una especie exótica muy difundida en la serranía ecuatoriana, debido a su alta adaptabilidad a climas y suelos relativamente adversos, rápido crecimiento y la rentabilidad de su producción. Actualmente es muy utilizada para la elaboración de tableros aglomerados y de fibra, se lo puede establecer en cortinas rompevientos, cercas vivas, sistemas silvopastoriles o en plantaciones puras.

ACOSA es una empresa líder en la industria forestal más grande del Ecuador, con una producción anual que supera los 130.000 metros cúbicos. Cuenta con un patrimonio forestal de 14.000 hectáreas, de las cuales 11.000 hectáreas se encuentran plantadas con pino radiata y pátula, y el 20% restante está destinado a áreas protegidas para la conservación de ecosistemas propios de la zona, conservación de bosque nativo, protección de cuencas hidrográficas y otros beneficios ambientales.([www.cotopaxi.com.ec/historia](http://www.cotopaxi.com.ec/historia), Consultado Junio 2011)

La falta de información sobre el crecimiento y rendimiento de las plantaciones, limitan la posibilidad de estimar la productividad de las mismas, por lo cual es necesario generar información cuantitativa sobre crecimiento, rendimiento, productividad y estado actual en términos de forma y defectos de los árboles, así como el estado fitosanitario de las plantaciones, a través de una red de parcelas permanentes.

Las predicciones de crecimiento y producción, basadas en datos de parcelas permanentes de muestreo, tendrán implicaciones directas para la toma de decisiones de los técnicos forestales en el manejo de las plantaciones de pino.

## **A. JUSTIFICACION**

Acosa empresa líder en la industria forestal más grande del Ecuador, tuvo el interés de realizar un estudio en su patrimonio forestal mediante el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para generar curvas de crecimiento, que le permita conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales de los rodales, proporcionando información valiosa para establecer estrategias de manejo dentro de las plantaciones.

Las parcelas permanentes permitirán observar diversas variables económicas y ecológicas relevantes, y coleccionar evidencia objetiva en términos de información base. Dicha información será por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos, los cuales serán empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General.**

Elaborar una línea base para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* en la hacienda San Joaquín de Aglomerados Cotopaxi S.A. (ACOSA)

### **2. Específicos.**

- a. Determinar las condiciones climáticas, edáficas de la zona de estudio
- b. Implementar y Georeferenciar las parcelas permanentes
- c. Establecer los datos dasométricos de las parcelas como línea base para futuras investigaciones

## C. HIPÓTESIS.

### 1. Hipótesis Nula

El establecimiento de una línea base sobre las condiciones en las que se desarrollan las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* no permitirá determinar la curva de crecimiento y desarrollo en las mismas.

### 2. Hipótesis Alternante

El establecimiento de una línea base sobre las condiciones en las que se desarrollan las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* permitirá determinar la curva de crecimiento y desarrollo en las mismas.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **A. ASPECTOS GENERALES DE AGLOMERADOS COTOPAXI.**

Es una industria forestal líder en el establecimiento de plantaciones, producción y comercialización de tableros de madera; comprometida con el desarrollo sostenible. Aglomerados Cotopaxi, produce tableros de alta calidad para el mercado nacional e internacional.

La planta de Aglomerados COTOPAXI es el mayor complejo maderero industrial del país. Sus productos son de tres tipos:

- Tableros de fibra (MDF)
- Tableros de aglomerado (partículas)
- Madera aserrada de pino

#### **B. PLANTACIONES FORESTALES**

La Organización para la Alimentación y Agricultura FAO, 2000, citado por Aguirre, 2005, define a las plantaciones forestales como “rodales establecidos mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación de una extensión igual o superior a 0.5 has. Pueden ser de especies introducidas (todos los rodales plantados) o de especies autóctonas sujetas a un manejo intensivo”.

Una plantación forestal es un tipo de bosque especial. En comparación con muchos bosques naturales, en particular los tropicales, la plantación forestal es simple y uniforme en cuanto a su estructura, la composición de especies y en su capacidad para aprovechar la energía solar y el reciclaje del agua y de los nutrimentos. En estas condiciones, el ser humano puede controlar la genética, el crecimiento, la fertilidad, las relaciones hídricas y en general, el desarrollo de los árboles. (Richter y Calvo, 1995)

### **C. CLASIFICACION DE LAS PLANTACIONES FORESTALES**

Existen diferentes criterios para clasificar las plantaciones forestales, según el Instituto De Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente “IARNA”, citado por Cabrera, 2003, los más comunes son los siguientes:

- clasificación determinada por el ecosistema.
- clasificación en función de la composición florística.
- clasificación determinada por el origen de las especies plantadas.
- clasificación con base en el destino de la producción.

### **D. OBJETIVO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES.**

Vásquez, 1998 y Gallowey, 1998, citados por el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT, 2002), coinciden en distinguir en el caso de plantaciones puras 4 objetivos: Uso industrial (leña/carbón, aserrío, laminado, látex, corcho), uso doméstico (leña/carbón, construcción rural, postes, etc.), protección del medio (erosión, viento recuperación de suelos, de pasturas, fijador de CO<sub>2</sub>) y como parte de otros usos de la tierra (sistemas agroforestales).

Los objetivos dese el punto de vista del enfoque, las plantaciones forestales pueden ser:

- Plantaciones comerciales.
- Plantaciones protectoras.
- Plantaciones de recuperación.

### **E. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS PLANTACIONES**

#### **1. Ventajas**

Según Domínguez, 1998, citado por Torrez, 2005, las ventajas que ofrecen las plantaciones forestales o regeneraciones artificiales son diversas, empezando de la producción vegetal en

buen estado, permite la clasificación y la realización de controles de la calidad de las plantas; de manera que al plantar material superior desde el punto de vista genético a menudo aumenta mucho la productividad y calidad de la masa forestal.

## **2. Desventajas**

Cuando se desea cambiar las especies y no se cuentan con árboles semilleros se elevan los costos ya que se tendrán que comprar material de plantación y por la compra de semillas o plántones se corre el riesgo de ataque de plagas y enfermedades que podrían amenazar el desarrollo óptimo de la plantación (Domínguez, 1998).

## **F. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE Pinus pátula y Pinus radiata**

### **1. Pino radiata**

- Nombre científico o latino: *Pinus radiata*
- Nombre común o vulgar: Pino de California, Pino de Monterrey, Pino insigne.
- Sinónimos: *Pinus insignis*.
- Familia: Pinaceae.

#### **a. Distribución geográfica**

Especie originaria de Monterrey, región ubicada dentro de las costas Californianas, en los Estados Unidos. Fuera de su distribución natural fueron plantados en Victoria (canada), Brasil, Uruguay, Argentina, Ecuador, Bolivia, Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra y España. En Colombia se halla plantado en Ubaté (Cundinamarca) y en el embalse de Neusa.

#### **b. Descripción**

Árbol resinoso de hasta 30m de altura; tronco de 1 m de diámetro, contorto o recto; copa cónica amplia, tornándose redondeada o aplanada.



Corteza gris profundamente acanalada en V, regular, bases rojas, crestas irregularmente elongadas, las superficies aplanadas escamosas. Ramas péndulas o ascendentes; ramillas delgadas, pardo rojizas, a veces verdosas, grisáceas, rústicas. Yemas ovoides a ovoide cilíndricas, pardo rojizas, de aprox. 1,5 cm, resinosas. Hojas en un fascículo, abierto-ascendente, persistente 3-4 años, 8-20 cm por 1,3-2 mm, recto, ligeramente enroscado, amarillo verdoso fuerte, todas las superficies con líneas estomáticas, márgenes serrulados, ápice cónico-subulado; vainas 1-2 cm, bases persistentes. Conos masculinos elipsoide cilíndricos, 10-15 mm, pardo-anaranjados. Conos femeninos que maduran al segundo año, a menudo serótinos o de dispersión rápida de semillas.

Es una especie adecuada como cortaviento, muy sensible al frío y heladas, prefiere climas suaves litorales con abundante humedad atmosférica, resiste bien el viento, suelos arenosos, ácidos y profundos, Muy atacado por la plaga Procesionaria del pino, se multiplica por semillas.

#### **c. Características externas de la madera**

Albura de color blanco, con transición gradual a duramen de color amarillo pálido, aumentando su intensidad a marrón muy pálido. Olor característico a madera resinosa, fragante cuando está fresca. Sabor ausente o no distintivo. Brillo mediano. Grano recto. Textura fina. Veteado suave con líneas longitudinales oscuras.

#### **d. Usos**

Medicina: en medicina popular se emplean las yemas, los brotes tiernos y, en menor medida, la corteza. Se usa en forma interna en trastornos respiratorios (catarros, sinusitis, bronquitis, etc.) e infecciones urinarias; externamente, en neuralgias y reumatismo; es frecuente el uso de inhalaciones (“vahos”) de vapores de hojas y brotes de pino en casos de tos y obstrucción nasal.

Madera: fabrica de cajas, entibación de minas, pasta para papel. En algunos lugares se utiliza en construcción, carpintería, contrachapeado, papel de embalar y de periódicos. (www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf, (Consultado Junio 2011))

## **2. Pino pátula**

- Nombre científico o latino: *Pinus pátula*
- Nombre común o vulgar: Pino, Pino candelabro, Pino pátula (Col.) Pino colorado, Pino llorón (Méx); Pino Gelecate (Puerto Rico).
- Familia: Pinaceae.

### **a. Distribución geográfica**

Se encuentra en estado natural formando rodales puros en México y Sur – Oeste de Estados Unidos. Ha sido introducido en Suráfrica, Rodesia del Sur, Madagascar, Nueva Zelanda y Argentina. En Colombia ha dado buenos resultados en el valle del Cauca, Antioquia, Cundinamarca y Santanderes.

### **b. Descripción**

Árbol que alcanza hasta 40 m de altura y un diámetro de 1.20 m. Tronco cónico, recto y sin bambas. Posee ramas en verticilos, las cuales empiezan a formarse desde la base. La corteza en arboles jóvenes y ramitas es delgada y escamosa, de color café rojizo. En arboles maduros es fisurada gruesa y de color café oscuro grisácea. Hojas en grupos de 3 y a veces 4, raramente 5 en algunos fascículos; de unos 15-30 cm. De longitud aciculares, delgadas cortantes, verticalmente caídas, de color verde brillante, con bordes finamente aserrados. Flores en amentos que forman conos largamente cónicos, de 7-9 cm hasta 12 cm, sésiles, algo encorvados, oblicuos y puntiagudos y por lo general agrupados de 3-6.

### **c. Características externas de la madera**

La albura es de color amarillento y el duramen presenta un color rojizo claro. A veces forma anillos de crecimiento bien definidos. Olor y sabor ausentes o no definidos, salvo cuando se está aserrando que se produce un olor agradable de la resina que exuda. Grano recto. Textura mediana. Brillo bajo. Veteado de bonita apariencia sujeto a la formación de anillos de crecimiento

### **d. Usos**

El pino pátula ha sido plantado por lo general como una especie industrial de crecimiento acelerado y alto rendimiento. La madera es de menor densidad y fortaleza que muchas coníferas de áreas templadas, pero es adecuada para la construcción general. La madera es de blanca a blanca amarillenta, con un duramen rosáceo y posee a menudo un fuerte contraste entre la madera más temprana de color claro y la madera tardía más oscura. La fortaleza y la densidad de la madera aumentan de manera marcada del centro hacia afuera, de manera que la madera exterior es apropiada para trabajos estructurales generales, mientras que la madera juvenil interior es más apropiada para la manufactura de cajas y contenedores grandes, tablillas para el techado y ensambladura de bajo costo. La madera se puede tratar con facilidad, es relativamente no-resinosa y con poco olor, y es apropiada tanto para los tableros de partículas como pulpa. ([www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20patula.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20patula.pdf), (Consultado Junio 2011))

## **G. FACTORES QUE CONTROLAN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Las características climatológicas del Ecuador, como las de cualquier otra parte del planeta, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del Océano, corrientes marinas y los vientos.

### **1. Latitud geográfica**

El Ecuador por su situación astronómica en el centro de la Zona Tórrida debiera tener un clima completamente cálido de manera general. No obstante, no es siempre ni en todos los lugares así, debido a la influencia de otros factores que modifican el clima.

### **2. Altitud del suelo**

Es sin duda, el factor que más contribuye a modificar el clima en nuestro país. Si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 metros de altura, nuestro clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar hasta 6310 metros que es su máxima altura en las cumbres del Chimborazo. Esto ha hecho que nuestro país goce del privilegio de poseer todos los tipos de clima, desde el cálido del Litoral hasta el glacial de las alturas andinas.

### **3. Dirección de las cadenas montañosas**

La altura de las cordilleras Occidental y Oriental del sistema montañoso de los Andes impide la penetración de los vientos cálidos y húmedos del Occidente y del Oriente al interior de las hoyas de nuestra región Andina, modificando el clima de esta región.

### **4. Vegetación**

Donde existe mayor vegetación, como en el Litoral y el Oriente, se produce mayor evaporación del suelo y de las plantas (evapotranspiración) lo que contribuye al aumento de las precipitaciones, modificando así el clima en dichas regiones.

### **5. Acercamiento o alejamiento del Océano**

La Región Litoral o Costa por estar cerca del Océano Pacífico recibe su acción térmica modificadora del clima.

### **6. Corrientes marinas**

Las llanuras de la región Litoral reciben la influencia de la Corriente Fría de Humbolt, la misma que disminuye la temperatura hasta la altura del Cabo Pasado que le corresponde por

estar en la Zona Tórrida, como también no permite el paso de los vientos cálidos y húmedos del Pacífico, haciendo que en estas zonas las precipitaciones sean escasas, convirtiendo en estériles a los suelos de la Península de Santa Elena. La Corriente Cálida de El Niño, en cambio, influye en el clima de nuestra región Litoral desde el Norte hasta el Cabo Pasado, haciéndolo más cálido, aumentando grandemente el régimen de lluvias en este sector.

## **7. Los vientos**

Los vientos que soplan desde los Andes disminuyen la temperatura de los suelos bajos de la Costa y Oriente. Además, al chocar con los vientos calientes y húmedos de estas regiones producen las precipitaciones. ([www.visitaecuador.com/clima.php](http://www.visitaecuador.com/clima.php), (Consultado Junio 2011))

## **H. TEMPERATURA DEL AIRE**

La temperatura del aire es un elemento importantísimo para la caracterización del clima como para la distribución de la vida vegetal y animal en la tierra.

La temperatura del aire está ligada a la insolación y a la naturaleza de la superficie del suelo que recibe la energía solar. La absorción de energía solar por el suelo produce su calentamiento. A continuación la capa superficial del aire, más próxima al suelo, también se calienta, en este caso también por conducción, facilitándose la transferencia de calor entre el suelo y el aire con las posibles turbulencias o corrientes de aire. Además existe otro fenómeno que produce el calentamiento de éste: la propia emisión de radiación del suelo. El suelo caliente emite al aire una radiación que tiene características diferentes a las propias de la radiación solar: está compuesta por rayos infrarrojos, que posee mayor longitud de onda que los rayos visibles. Los rayos infrarrojos son especialmente absorbidos por determinadas sustancias presentes en el aire (anhídrido carbónico, vapor de agua, polvo etc.) y esa absorción produce calentamiento del aire. Cuando éste contiene un exceso de sustancias absorbentes de la radiación infrarroja, por ejemplo, las provocadas por la contaminación industrial y urbana (como puede ser el gas carbónico o en las partículas en suspensión) se producen localmente un exceso de calentamiento al que se denomina efecto invernadero.

También modifican la temperatura del aire el comportamiento térmico de otros elementos interceptores de la radiación (superficies asfaltadas, edificaciones o cubiertas vegetales). Resulta de especial importancia el efecto amortiguador de la vegetación, por la medida en que contribuye a controlar la elevación de la temperatura del aire.

Para describir el régimen de temperaturas en una determinada zona se utilizan registros diarios de temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima. Se calculan los promedios de las temperaturas medias, las máximas y las mínimas diarias de cada mes y se señalan las temperaturas máxima absoluta y mínima absoluta del mes. (Enciclopedia de la agricultura y la ganadería, 2000)

## **I. EL SUELO**

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (meteorización).

Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos químicos, físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

- Disgregación mecánica de las rocas.
- Meteorización química de los materiales regolíticos, liberados.
- Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico. Esta es la fase más significativa, ya que con sus procesos vitales y

metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato.

- Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales.

El suelo puede formarse y evolucionar a partir de la mayor parte de los materiales rocosos, siempre que permanezcan en una determinada posición el tiempo suficiente para permitir las anteriores etapas. Se pueden diferenciar:

- Suelos autóctonos, formados a partir de la alteración *in situ* de la roca que tienen debajo.
- Suelos alóctonos, formados con materiales provenientes de lugares separados. Son principalmente suelos de fondos de valle cuya matriz mineral procede de la erosión de las laderas.

## **1. Formación del suelo**

La formación del suelo es un proceso en el que las rocas se dividen en partículas menores mezclándose con materia orgánica en descomposición. El lecho rocoso empieza a deshacerse por los ciclos de hielo-deshielo, por la lluvia y por otras fuerzas del entorno:

- El lecho de roca madre se descompone cada vez en partículas menores.
- Los organismos de la zona contribuyen a la formación del suelo desintegrándolo cuando viven en él y añadiendo materia orgánica tras su muerte. Al desarrollarse el suelo, se forman capas llamadas horizontes.
- El horizonte A, más próximo a la superficie, suele ser más rico en materia orgánica, mientras que el horizonte C contiene más minerales y sigue pareciéndose a la roca madre. Con el tiempo, el suelo puede llegar a sustentar una cobertura gruesa de vegetación reciclando sus recursos de forma efectiva
- Cuando el suelo es maduro suele contener un horizonte B, donde se almacenan los minerales lixiviados.

## 2. Estructura del suelo

Se entiende la estructura de un suelo como la distribución o diferentes proporciones que presentan los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo conforman, y son:

- Materiales finos, (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen, lo que los confiere una serie de propiedades específicas, como: Cohesión, Adherencia, Absorción de agua, Retención de agua.
- Materiales medios, formados por tamaños arena.
- Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin degradar, de tamaño variable.

Los componentes sólidos, no quedan sueltos y dispersos, sino más o menos aglutinados por el humus y los complejos órgano-minerales, creando unas divisiones verticales denominadas horizontes del suelo.

La evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” (no en el sentido que el término tiene en Geología) a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos. La lixiviación, o lavado, la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por adsorción. La otra dimensión es el ascenso vertical, por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. Se distinguen suelos autóctonos, que se asientan sobre su roca madre, lo que representa la situación más común, y suelos alóctonos, formados con una matriz mineral aportada desde otro lugar por los procesos geológicos de transporte.



### 3. Horizontes

Se llama horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc. El perfil del suelo es la ordenación vertical de todos estos horizontes.

Clásicamente, se distingue en los suelos completos o evolucionados tres horizontes fundamentales que desde la superficie hacia abajo son:

- **Horizonte O**, "Capa superficial del horizonte A"
- **Horizonte A**, o zona de lavado vertical: Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la abundancia de materia orgánica descompuesta o humus elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles.
- **Horizonte B** o zona de Precipitado: Carece prácticamente de humus, por lo que su color es más claro (pardo o rojo), en él se depositan los materiales arrastrados desde arriba, principalmente, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos metálicos, etc., situándose en este nivel los encostramientos calcáreos áridos y las corazas lateríticas tropicales.
- **Horizonte C** o subsuelo: Está constituido por la parte más alta del material rocoso *in situ*, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y la química (la alteración química es casi inexistente ya que en las primeras etapas de formación de un suelo no suele existir colonización orgánica), pero en él aún puede reconocerse las características originales del mismo.
- **Horizonte D**, horizonte R o material rocoso: es el material rocoso subyacente que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa. Algunos distinguen entre D, cuando el suelo es autóctono y el horizonte representa a la roca madre, y R, cuando el suelo es alóctono y la roca representa sólo una base física sin una relación especial con la composición mineral del suelo que tiene encima.

Los caracteres, textura y estructura de los horizontes pueden variar ampliamente, pudiendo llegar de un horizonte A de centímetros a metros. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>, (Consultado Junio 2011))

#### **4. El perfil del suelo**

Un perfil de suelo es la exposición vertical, de horizontes o capas horizontales, de una porción superficial de la corteza terrestre. Los perfiles de los suelos difieren ampliamente de región a región, en general los suelos tienen de tres a cinco horizontes y se clasifican en horizontes orgánicos (designados con la letra O) y horizontes minerales (con las letras A, B, C). (<http://www.monografias.com/trabajos6/elsu/elsu.shtml>, Consultado Junio 2011)

### **J. NUTRIENTES DEL SUELO**

Elementos esenciales para el desarrollo vegetal: Macronutrientes C-H-O-N-P-K-Ca-Mg-S;  
Micronutrientes Fe-Mn-B-Mo-Cu-Zn-Cl.

- Micronutrientes: Se requieren en pequeñas cantidades. Su insuficiencia da lugar a una carencia, y su exceso a una toxicidad.
- Macronutrientes: Se requieren en grandes cantidades.

#### **1. Macronutrientes**

##### **a. Nitrógeno**

La cantidad de N en el suelo es muy baja en contraposición de lo que consumen los cultivos que es muy alta.

El N: Favorece el crecimiento vegetativo, Produce succulencia, Da el color verde a las hojas, Gobierna en las plantas el uso de potasio, fósforo y otros.

Un exceso de este elemento retarda la maduración, debilita la planta, puede bajar la calidad del cultivo y puede provocar menor resistencia a enfermedades.

El N se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

Debido a que la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, su disponibilidad para las plantas y microorganismos normalmente también es alta bajo determinadas condiciones, por ej. Si el estado de oxidación es el adecuado.

La estrategia central para la nutrición nitrogenada se basa en "optimizar el balance de nitrógeno en el suelo", maximizando las entradas y minimizar las salidas, las que varían según: cultivo, suelo, fertilización, nivel de materia orgánica, prácticas agronómicas

Entradas de N al suelo: fijación biológica. Este proceso consiste en capturar nitrógeno del aire en forma de  $\text{N}_2$  y transformarlo en  $\text{NH}_3$  -  $\text{NH}_4^+$ .

Pérdidas de N: lixiviación, volatilización, cosecha, erosión

El mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nematodos.

### **1) Déficit y exceso**

Su falta provoca color verde pálido en las hojas tirando a amarillo. Empieza primero por las hojas más viejas. La planta no crece, aunque puede florecer.

Si hay exceso de nitrógeno, el crecimiento es exagerado, la planta es débil y tiernas y, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia y al granizo, al frío.

### **b. Fósforo**

Se necesitan conocer dos aspectos básicos para entender su funcionamiento en el sistema suelo-planta: su dinámica en el suelo, la fisiología del cultivo.

El Fósforo: luego del N es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular, contribuye a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas,

incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la resistencia de algunas plantas a enfermedades.

Los factores que influyen en la difusión: constante de solubilidad, gradiente de concentración de P entre dos puntos considerados.

- Humedad: la difusión se realiza en medio acuoso, por lo que se transforma en un factor crítico.

- Temperatura: la difusión del P aumenta con el incremento de la temperatura.

Por lo tanto la fuente de fósforo debería ser colocada, en un cultivo, en el momento de la siembra y lo más cerca de las semillas.

En suelos bien provistos de P, en donde se realizan aplicaciones de P de reposición, las diferencias entre aplicar al voleo o en líneas a la siembra, se reducen considerablemente.

En plantíos de siembra directa (con menores temperaturas medias de suelo y menores aportes de P por mineralización) la fertilización a la siembra, adquiere más importancia.

La importante interacción de los fosfatos aportados por la fuente de fósforo con la fase sólida del suelo, hace que el aprovechamiento instantáneo del P aplicado sea realmente escaso.

La eficiencia de la fuente de fósforo varía según: el tipo de suelo (pH y tipo de arcillas). fuente de fósforo aplicada, técnica de aplicación.

En la disponibilidad del P influyen: pH del suelo, presencia de Fe, Al, y Mn solubles, presencia de minerales que contienen Fe, Al y Mn, minerales de calcio y magnesio disponibles, cantidad y descomposición de materia orgánica, actividad de microorganismos.

En relación a la variación de la disponibilidad de P con el pH del suelo:

- pH = 3-4 Mínima solubilidad.
- pH = 5,5 El fósforo se encuentra químicamente combinado con Fe y Al.
- pH = 6 Comienza la precipitación como fosfato cálcico.

- $\text{pH} = 6,5$  Se forman sales de Ca insolubles por lo que el fósforo no es disponible.
- $\text{pH} > 7$  Puede formarse apatito como compuesto muy insoluble.

### **1) Deficiencia**

Los efectos de su carencia se observan en las hojas viejas que presentan un color verde pálido, con los bordes secos y un color entre violeta y castaño. La floración es baja y las raíces presentan poco desarrollo.

### **c. Potasio**

#### **1) Funciones**

- Elemento esencial para todos los organismos vivos
- Rol importante en la activación enzimática
- Fotosíntesis
- Síntesis de proteínas y carbohidratos
- Balance de agua
- En el crecimiento meristemático
- Favorece el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos.

#### **2) Fuentes de potasio**

- Meteorización de los minerales (relacionado con el tipo de material parental y la pedogénesis)
- Minerales arcillosos (fuente principal de K en el suelo)
- Mineralización de los residuos orgánicos

- Fertilizantes

### **3) Deficiencia**

El potasio aumenta la resistencia de la planta a las enfermedades, a la sequía y al frío.

Los primeros síntomas de su carencia, cuando es leve, se observan en las hojas viejas; pero cuando es aguda, son los brotes jóvenes los más severamente afectados, llegando a secarse.

Las hojas jóvenes se ven como rojizas y las adultas se mantienen verdes pero con los bordes amarillentos y marrones.

Se reduce la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta.

La deficiencia se presenta sobre todo en suelos arenosos, suelos con alto contenido de calcio.

#### **d. Azufre**

Las carencias que sufre la planta son debidas a: falta de el elemento, el elemento está presente pero no se encuentra en una forma asimilable directamente por las plantas.

Condiciones limitantes: pH del suelo, contenido de materia orgánica, salinidad del suelo (competencia iónica)

El azufre se encuentra en: material permeable del suelo, azufre cristalino, gas natural, roca madre (basalto), en aguas y ríos, pirita (blenda).

El azufre es absorbido por las plantas como sulfato, en forma aniónica ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

El azufre también puede entrar a la planta por las hojas en forma de gas ( $\text{SO}_2$ ), que se encuentra en la atmósfera, donde se concentra debido a los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica, combustión de carburantes y fundición de metales.

#### **1) Actividades**

- Es un elemento poco móvil dentro de la célula.

- Forma parte constituyente de aminoácidos (cistina, cisteína, metionina) y de vitaminas (biotina).
- Es constituyente de las distintas enzimas.
- Actúa en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos.
- Interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células.
- Actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos.
- Actúa en la formación de la clorofila.
- Ayuda a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas.

## **2) Deficiencia de azufre**

- Disminución de la fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias.
- Alteración de procesos metabólicos y la síntesis de proteínas.
- Síntomas de Deficiencia de Azufre
- Crecimiento lento.
- Debilidad estructural de la planta, tallos cortos y pobres.
- Clorosis en hojas jóvenes.
- Amarillamiento principalmente en los "nervios" foliares e inclusive aparición de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa).
- Desarrollo prematuro de las yemas laterales.
- Formación de los frutos incompleta.

## **e. Calcio**

### **1) Calcio en el suelo**

- La cantidad total de Ca en el suelo es variable.
- suelos áridos y calcáreos: niveles muy altos.
- suelos viejos de los trópicos: bajo nivel de Ca.
- suelos arcillosos contienen más Ca que los suelos arenosos.
- Debido a que el Ca existe como un catión, este nutriente está gobernado por los fenómenos del intercambio catiónico al igual que los otros cationes, y se mantiene adherido como  $\text{Ca}^{++}$  intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. Generalmente es el catión dominante en el suelo, aun a valores de pH bajos.

### **2) Calcio en la planta**

- El calcio es absorbido por las plantas en forma del catión  $\text{Ca}^{++}$ .
- Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- Forma compuestos de las paredes celulares.
- Ayuda a reducir el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las plantas.
- Ayuda a activar varios sistemas de enzimas.
- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.
- Influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo. Esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio.
- Es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de N.



## **f. Magnesio**

### **1) Magnesio en el suelo**

- Proviene de minerales como biotita, hornablenda, dolomita y clorita.
- Está sujeto a intercambio catiónico.
- Se encuentra en la solución del suelo y se absorbe en las superficies de las arcillas y la materia orgánica.
- Los suelos generalmente contienen menos Mg que Ca debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación.

### **2) Deficiencia**

En hojas viejas se ven espacios entre las nervaduras de color amarillo, posteriormente afecta a las hojas jóvenes. La planta termina perdiendo las hojas. La coloración de las hojas también puede ser rojizas y con manchas amarillas.

## **2. Micronutrientes**

Los oligoelementos del suelo los podemos encontrar:

- solubles en agua.
- como catión de cambio.
- de forma complejada por la materia orgánica.
- de forma ocluida en óxidos de Fe y Mn.
- como minerales primarios y formando parte de arcillas por sustituciones isomórficas del Fe y al de las capas octaédricas.

La disponibilidad de los oligoelementos va a estar regulada por el pH, que va a modificar su comportamiento en el suelo según su: solubilidad, adsorción e inmovilidad.

### **a. Manganeseo**

Existe en el suelo proviene de óxidos, carbonatos, silicatos y sulfatos.

Debido a sus diferentes grados de oxidación (II, III y IV) y a la propiedad de pasar con facilidad de unas formas a otras, el comportamiento del Mn en el suelo es complejo son:

Las formas en que se puede presentar en el suelo son:

- Ion manganeso  $Mn^{2+}$  en la solución del suelo. Es intercambiable y disponible para las plantas.
- Óxidos e hidróxidos ( $MnO_2$ ,  $MnO(OH)$ ) o asociado a hidróxidos de hierro.
- Sales poco solubles (fosfatos de  $Mn(II)$  y  $Mn(III)$ , carbonatos de  $Mn(II)$ ), sobre todo en suelos calizos y alcalinos.
- Participando en compuestos orgánicos.

La presencia del Mn disponible,  $Mn(II)$ , depende tanto del pH como del potencial redox. A pH superior a 5,5 se favorece la oxidación por acción biológica en suelos bien aireados, por lo que disminuye su disponibilidad. A su vez, las formas oxidadas se reducen, pasando ser más disponibles, a pH más ácido y en suelos reducidos.

### **1) Deficiencia**

La carencia de Manganeseo ofrece síntomas parecidos a los del Hierro: hojas amarillas entre los nervios que permanecen verdes.

Se puede diferenciar porque en este caso aparece una aureola verde alrededor de los nervios. Las causas de la carencia es por suelos calcáreos y por suelos arenosos muy lavados.

## **b. hierro**

El Fe se encuentra en la naturaleza tanto en forma de Fe (III) como de Fe (II), dependiendo del estado redox del sistema.

Se encuentra en el suelo en cantidad suficiente formando distintos compuestos como ser óxidos e hidróxidos. Sin embargo, la cantidad total no se correlaciona con la cantidad disponible para las plantas.

La coloración de los suelos es debida, en su mayoría, a la presencia de los óxidos libres. Los colores amarillo - pardo de las zonas templadas-frías se deben a la presencia de óxidos hidratados como la goetita. Las coloraciones rojas de regiones áridas son debidas a óxidos no hidratados como la hematita.

Las formas del Fe son:

Soluble:

- Se encuentra en condiciones reductoras, como  $Fe^{2+}$  y sus formas hidroxiladas  $Fe(OH)_{n-2}$  en la disolución del suelo.
- Cuando el potencial de oxidación y la acidez sean altos se encuentra como  $Fe^{3+}$  y sus formas hidroxiladas  $Fe(OH)_{n-3}$
- En combinaciones orgánicas formando complejos, en forma divalente y trivalente.

Insoluble:

- Como oxihidróxidos férricos (goetita, hematita, maghemita, lepidocrocita, ferridrita...).
- En forma de oxihidróxidos mixtos de Fe(III) y Fe(II) como la magnetita o el óxido ferrósico.
- En forma de  $FeCO_3$ , siderita, en suelos muy reducidos.

Los contenidos de arcilla y materia orgánica influyen también en la disponibilidad del Fe. En los suelos arcillosos, existe una tendencia a retener el Fe. Un contenido adecuado de materia orgánica, actúa de forma favorable en cuanto al aprovechamiento del Fe por parte del cultivo, debido a sus características acidificantes y reductoras, así como a la capacidad de determinadas sustancias húmicas para formar quelatos en condiciones adversas de pH.

### **1) Deficiencia**

Su carencia se manifiesta primero en las hojas jóvenes pero también pueden aparecer en las más viejas. Las hojas quedan amarillas con los nervios verdes, después todas amarillas, se abarquillan y caen.

La deficiencia se ve favorecida en presencia de suelos con alto contenido en calcio que insolubiliza al hierro y no puede ser tomado por las plantas.

### **c. Zinc**

El Zn procede de diferentes minerales, principalmente silicatos, sulfuros, óxidos y carbonatos. En la disolución del suelo se encuentra fundamentalmente como  $Zn^{2+}$ , sin que tenga propiedades redox.

La deficiencia en Zn se da en una amplia variedad de suelos como son los sueltos, los calcáreos, margosos y arenosos pobres en materia orgánica, aunque sobre todo en estos últimos.

En cuanto al pH, el Zn se encuentra más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos, siendo su mínima disponibilidad para pH por encima de 7. Se concentra en los horizontes superiores: 2/3 del total del Zn asimilable se encuentra en la capa arable.

La utilización del Zn por la planta se da como:

- Zinc soluble, presente en la disolución del suelo.
- Zinc intercambiable, adsorbido por los coloides.

- Zinc fijado. Puede alcanzar valores importantes debido a que es capaz de sustituir a algunos elementos de la estructura de la arcilla (Al, Mn, Fe), permaneciendo inaccesible para la planta.

### 1) Deficiencia

Se manifiesta en las hojas más jóvenes. Los entrenudos se acortan en los brotes, formando rosetas de hojas amarillentas. Las hojas viejas aparecen bronceadas y se caen fácilmente.

La causa de la deficiencia son los suelos calcáreos o ácidos y arenosos.

### d. Cobre

Los sulfuros son la principal fuente de suministro de Cu a los suelos, siendo los más comunes el sulfuro cuproso ( $\text{SCu}_2$ ), el sulfuro férrico-cuproso ( $\text{S}_2\text{FeCu}$ ) y el sulfuro cúprico ( $\text{SCu}$ ).

En la fase sólida del suelo se encuentra bajo forma cúprica ( $\text{CuII}$ ), formando parte de las estructuras cristalinas de minerales primarios y secundarios.

En menor porcentaje se encuentra en la materia orgánica, fijado como catión intercambiable al complejo coloidal arcilloso.

En la solución del suelo se encuentra fundamentalmente como  $\text{Cu}^{2+}$  y formando complejos estables con las sustancias húmicas del suelo.

### 1) Deficiencia

En hojas jóvenes se ven manchas cloróticas (amarillas). Se presenta la carencia en suelos calcáreos básicamente

### e. Molibdeno

- Se encuentra básicamente en forma aniónica ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ).
- Su mayor o menor disponibilidad está determinada en forma directa por el pH del suelo y los contenidos en óxidos de hierro y aluminio.

- Altas cantidades de fertilizantes fosfatados en suelos ácidos favorece la absorción de Mo por la planta.

### **1) Deficiencia**

La deficiencia se ve como una clorosis general, empezando por las hojas viejas y abarquillamiento

#### **f. Boro**

El contenido de B en un suelo depende de los materiales originarios.

El B se encuentra en la fase sólida del suelo en tres formas:

- en los minerales silicatados
- adsorbido en minerales arcillosos en la materia orgánica
- en los hidróxidos de aluminio y hierro.

El B que forma parte de estos minerales no se encuentra disponible para la planta, al menos, en corto plazo.

El B se encuentra en la disolución del suelo como ácido bórico, formando complejos con Ca o unido a compuestos orgánicos solubles.

Los factores del suelo que influyen en su asimilación son:

- pH: en valores de 8-9 el B queda fijado por el suelo.
- Textura: influye en su disponibilidad. En suelos de textura liviana puede ser fácilmente lixiviado, mientras que en suelos de textura arcillosa su movilidad es prácticamente nula.

Normalmente, el B soluble se encuentra en los horizontes superficiales de los suelos bien drenados, unido a la materia orgánica. En períodos secos la planta es incapaz de absorber el B de estos horizontes. En suelos con exceso de cal se reduce su disponibilidad.

## 1) Deficiencia

La deficiencia se observa en los tejidos de crecimiento: raíz, hoja, tallo y provoca un crecimiento lento.

### g. Cloro

El Cl se encuentra en la naturaleza principalmente como anión cloruro (Cl<sup>-</sup>). Su contenido en el suelo, varía entre amplios márgenes (50-3.000 kg Cl-/ha), dependiendo de las sales presentes como el cloruro sódico y, en menor medida, cloruro cálcico y magnésico.

Generalmente, el nivel de cloruros en los suelos es suficiente para cubrir las necesidades de las plantas.

Los cloruros provienen de:

- Descomposición de la roca madre, principalmente de las rocas ígneas.
- Degradación de restos orgánicos.
- Aportaciones realizadas por las lluvias.
- Aporte de las aguas de riego, presencia de fertilizantes y plaguicidas.

Presentan alta solubilidad y se fija con facilidad al complejo coloidal. Una pequeña parte se puede insolubilizar en forma de cloruros de plata, mercurio, cobre o plomo. (<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf>; (Consultado Julio 2011))

## K. GEOREFERENCIACION

Procedimiento mediante el cual un objeto, sobre la superficie de la tierra, recibe una localización que identifica su posición espacial con respecto a un punto de coordenadas conocidas o marco de referencia. (Bolfor, 1999)

## **1. GPS (Sistema de Posicionamiento Global)**

El GPS es un sistema basado satélites artificiales, dispuestos en una constelación de 24 de ellos, para brindar al usuario una posición precisa. (Leica, 1999)

Es un sistema de localización geográfica de puntos sobre la superficie de la tierra basada en posiciones de satélites, con una exactitud que varía entre unos pocos metros hasta instalación de varios metros, dependiendo de la calidad del receptor de GPS y la técnica que se utilice para hacer la medición. (Bolfor, 1999)

Este instrumento fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos el año 1973 con uso restringido; a partir del año 1993 se declara totalmente operable para el uso civil. El GPS ha mejorado en cuanto a precisión y bajado de precio considerablemente y actualmente se tiene bastantes aplicaciones en las actividades forestales. (Bolfor, 1999)

## **2. Definición del SIG**

Son básicamente, herramientas que procesan y analizan datos con algún componente espacial. Una definición más completa considera un sistema de información geográfica, como un sistema de herramientas diseñados para la adquisición, almacenamientos, análisis y representación de datos espaciales. (Ordóñez, 2003)

Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. (Carmona y Monsalve, 2008)

Un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización del conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información. ([http://www.esri-chile.com/biblioteca/Que\\_es\\_un\\_SIG.pdf](http://www.esri-chile.com/biblioteca/Que_es_un_SIG.pdf), (Consultado Junio 2011)



### **3. Los componentes del SIG**

#### **a. Equipos (Hardware)**

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado".

#### **b. Programas (Software)**

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS).
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfase gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

### **L. PARCELAS PERMANENTES**

Las parcelas permanentes son uno de los pilares principales en manejo e investigación forestal.

Las predicciones de crecimiento y producción, basadas en datos de parcelas permanentes, tienen implicaciones directas para la toma de decisiones de los inversionistas en manejo de bosque o plantaciones forestales.

Las parcelas permanentes permiten los forestales e investigadores forestales, observar diversas variables económicas y ecológicas relevantes y coleccionar evidencia objetiva en términos de información base. Dicha información es por lo general usada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos, los cuales son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal.

Los resultados también son útiles en la identificación de indicadores para el manejo sostenible del bosque.

Por lo general, el diseño de las parcelas permanentes debe ser planificado con cuidado, con el objetivo de éstas produzcan información útil y se proteja la inversión realizada. Muchos forestales en la actualidad no tienen presente que hace más de cien años, éste fue uno de los temas principales de discusión, que dio origen a la Unión Internacional de Organizaciones para la Investigación Forestal (IUFRO, por sus siglas en inglés), esto con el fin de que la información forestal tuviera una homogenización y una estandarización

Hoy la preocupación sobre la producción de datos comparables y de alta calidad sigue siendo tema de discusión en distintos foros. Esta preocupación, definitivamente está relacionada con el establecimiento de parcelas permanentes y el compromiso de las observaciones a largo plazo ya que, el verdadero valor o producto de las parcelas permanentes se observa solo después de varios años (o en ocasiones décadas).

Las observaciones hechas con datos de parcelas permanentes son de interés para toda la comunidad forestal.

Con el fin de ser útiles a otros investigadores, dichos datos deben cumplir con ciertos estándares de calidad. Para estos objetivos se requiere de la aplicación de metodologías reproducibles en el establecimiento de las parcelas. (Christoph Kleinn y David Morales, 2004)

## **M. DEFINICION DE PARCELA**

Pino Maritza (1993), define dentro de las llamadas parcelas de evaluación tres tipos:

### **1. Parcelas de crecimiento**

Son aquellas que no reciben intervención (raleos o podas) durante todo su desarrollo.

## 2. Parcelas de raleo

Son aquellos sobre las que se efectúan ensayos de extracción parcial del bosque con la aplicación de sistemas de raleo; la variación de las intensidades de raleo se basa en parámetros como área basal, altura dominante, distanciamiento, etc.

## 3. Parcelas de poda

Donde se ensaya los diferentes sistemas de poda existente.

## **N. OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO (PPM)**

Según Aguirre, 2005, los objetivos en un programa de Parcelas Permanentes de Medición son:

- Proporcionar información cuantitativa del crecimiento y producción de los diferentes rodales de una plantación.
- Proporcionar información cualitativa de las características de los árboles en los rodales, basados principalmente en el valor de utilización de la madera.
- Permitir la comparación objetiva de distintas masas forestales o de la misma masa forestal a intervalos, con base en la información cuantitativa y cualitativa.
- Seleccionar las especies más adecuadas para la extensión a mayor escala de las plantaciones forestales en la región.
- Conocer los elementos dasométricos y características de la masa forestal, para la definición de políticas a adoptarse en cuanto al manejo de las plantaciones (limpias, aclareos, etc.).
- Iniciar la recolección de información para los estudios de calidad de sitio.
- Recabar algunas informaciones silvícolas y ecológicas de la región considerada.

## **O. DEFINICIÓN DE PARCELAS PERMANENTES DE MEDICIÓN**

### **1. Parcelas permanentes de muestreo**

Es la unidad mínima de muestreo, cuyo tamaño varía con respecto a los objetivos para los cuales se ha establecido, tiene como objetivo principal permitir mediciones periódicas y el monitoreo del crecimiento y desarrollo de los árboles que quedan dentro de la parcela, por un período largo de años y si éstas se hacen de un tamaño adecuado, podrían servir para monitorear y evaluar el crecimiento de los árboles hasta el final del turno de corta. ([www.inab.gob.gt/PPM/ppermanentes.htm](http://www.inab.gob.gt/PPM/ppermanentes.htm), (Consultado Junio 2011))

Las Parcelas Permanentes de Medición (PPM;), es la herramienta más eficaz y eficiente utilizada en estudios de crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales hasta el final del turno, tanto para bosques naturales como para bosques implantados. Las PPM proporcionan información valiosa para definir estrategias de manejo (podas, raleos, fertilización, mantenimiento, protección etc.). (Prodan, 1997; Ugalde, 2000)

### **2. Número, Tamaño y Forma de las Parcelas**

Las parcelas deben ser establecidas dentro de los estratos seleccionados, considerando aspectos como: condiciones de sitio, topografía, suelo, pedregosidad, uso anterior del sitio, métodos de preparación del terreno, mantenimiento y material vegetativo. Todos estos factores pueden influir y/o modificar el crecimiento de una especie en un determinado estrato de la plantación.

Es importante poder cubrir las diferentes condiciones de sitio y crecimiento dentro de la plantación. (Ugalde, 2000)

Synnott, 1991, menciona que el tamaño más eficiente de parcelas en una situación particular dependerá de los objetivos, la precisión requerida, la variabilidad del bosque y los costos presentes y futuros.

Las parcelas cuadradas y rectangulares se utilizan comúnmente en inventarios forestales y también para parcelas permanentes, por ser éstas de fácil levantamiento.

### **3. Diseño de Muestreo, Ubicación y Demarcación de las Parcelas Permanentes**

El diseño de las parcelas se realizara en forma aleatoria o al azar, considerando además aquellos estratos donde las áreas se encuentren con mayor abundancia de dichas especies. (Manzanero, 2003). Además las parcelas deben ser localizadas, aún después del aprovechamiento o varios años después de inactividad.

## **P. MEDICION DEL DIAMETRO Y ALTURA EN ARBOLES**

La medición del DAP (diámetro a la altura del pecho) y de la altura en árboles es una actividad que se realiza frecuentemente para caracterizar el estado de los rodales, ya sea en base a estas mismas variables u otras derivadas a partir de ellas. Normalmente, esta medición se realiza en parcelas que cubren cierta superficie y que se trazan en puntos representativos en el rodal de interés. En estas parcelas se mide el DAP de todos los árboles y la altura de una muestra seleccionada cubriendo todo el rango diamétrico. La altura no se mide en todos los árboles porque su medición es más difícil y costosa que la del DAP; a su vez, entre estas dos variables existe una relación estrecha, la que se modela en base a la muestra recopilada y se utiliza para estimar la altura a partir del DAP.

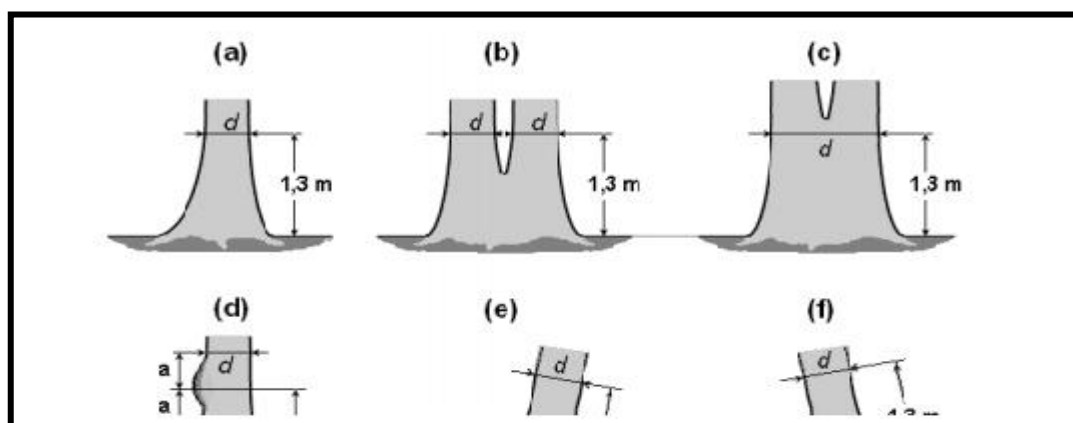
### **1. Medición del DAP**

#### **a. Altura de medición del DAP**

El DAP es la variable que más habitualmente miden los forestales. Principalmente porque es la dimensión más fácil de medir en los árboles; es sensitiva a los cambios ambientales y a la densidad del rodal; y está estrechamente relacionada con la altura total, el volumen del fuste, la biomasa del árbol y el tamaño de la copa, variables importantes y de difícil medición en árboles en pie.

La altura de medición del DAP varía en las diferentes regiones del mundo. Así, por ejemplo, en Europa, Canadá, Reino Unido, Australia y Chile, entre otros, el DAP se mide a una altura de 1,30 m desde el nivel del suelo. En cambio, en Estados Unidos, la medición se realiza a 4,5 pies, esto es aproximadamente a 1,37 m de altura. Esa variabilidad en la altura debe tenerse presente en el momento de comparar variables que involucren el DAP en su determinación y que hayan sido obtenidas en regiones que difieren en la altura de medición del DAP. En lo que sigue, se describe la medición del DAP a una altura de 1,30 m desde suelo.

En árboles normales en pie, rectos y en terreno plano, el DAP se debe medir a 1,30 m del suelo (a). La altura de medición puede variar por la presencia de anomalías, como bifurcaciones, contrafuertes basales u otros defectos en el fuste, o por la inclinación del fuste o la pendiente del terreno. En árboles bifurcados a una altura menor de 1,30 m, cada pie del árbol se mide y considera como un individuo (b); cuando la bifurcación se presenta a una altura mayor a 1,30, se realiza sólo una medición y se asume que el árbol tiene un fuste único (c). En árboles con defectos a la altura de 1,30 se realizan dos mediciones, cada una a igual distancia bajo y sobre la altura de 1,30 m, esto es a una distancia  $a$ , siendo ésta una distancia suficiente para sobrepasar la zona de influencia del defecto (d). En árboles inclinados, la altura de medición debe fijarse por el lado hacia donde se inclina el fuste (e). En terreno con pendiente, la altura de medición debe fijarse por el lado más alto de ésta (f).



Definición de la altura de medición del DAP en (a) árboles rectos, normales y terreno plano; (b) árboles bifurcados bajo 1,3 m de altura en el fuste; (c) árboles bifurcados sobre 1,3; (d) árboles con defecto a la altura de 1,3 m; (e) árboles inclinados; (f) en terreno con pendiente.

### **b. Instrumentos para medición del DAP**

Los instrumentos utilizados para la medición de diámetros reciben el nombre de dendrómetros; entre los cuales destacan por su facilidad de uso las forcímulas (de brazos paralelos o finlandesas) y las huinchas o cintas diamétricas. Otro instrumento útil es el sector de diámetro de Bitterlich.

### **c. Precauciones en la medición del DAP**

La medición del DAP debe realizarse a la altura correcta y en forma perpendicular al eje del fuste. La medición a una altura mayor o menor producirá, respectivamente, una subestimación y sobreestimación del DAP del árbol. La medición en un plano diferente al perpendicular al eje entrega un valor mayor al real. Errores en las mediciones producirán errores en cualquier variable que se derive o estime a partir del DAP, como por ejemplo la altura total o el volumen fustal del árbol. Además, debe cuidarse que el instrumental utilizado para realizar las mediciones esté en condiciones óptimas; en el caso de usar forcípula, que ésta tenga sus brazos paralelos; y cuando se utiliza una cinta diamétrica, que no esté cortada en algún punto.

## **2. Medición de alturas**

La altura es la longitud de la línea recta que va desde el suelo (base del fuste) hasta algún punto en el árbol. Según sea la posición de ese punto, se definen cinco alturas diferentes: i) altura total, medida entre el suelo y el extremo de la yema terminal del fuste (ápice); ii) altura fustal, medida entre el suelo y el punto donde comienza la copa (viva o muerta) del árbol; iii) altura comercial, medida entre el suelo y el punto donde el fuste tiene un diámetro comercial definido; iv) altura de tocón, medida entre el suelo y la base del primer trozo; y v) altura de copa viva, medida entre el suelo y el inicio de la copa viva. Después del DAP, la altura es la variable más medida en los árboles. Es una variable que se utiliza para caracterizar un rodal, estimar el volumen o determinar la calidad de sitio. También se utiliza para clasificar árboles; por ejemplo, la clasificación de Kraft define cinco categorías de árboles según su altura y posición relativa: dominante, codominante, intermedio, suprimido y muerto; esta clasificación puede tomarse como base para objetivos de manejo silvícola. En un árbol también pueden

definirse varias longitudes. Esta es una variable similar a la altura, pero medida directamente sobre el fuste del árbol. En el fuste del árbol pueden identificarse entre otras: i) longitud comercial, esto es la distancia entre el tocón y el extremo del último trozo útil del fuste (o posición del diámetro comercial); ii) longitud útil, obtenida de la diferencia entre la longitud comercial y la longitud de defectos; iii) longitud de defectos, la suma de las secciones no útiles del fuste; iv) longitud de copa, la distancia entre el inicio de la copa y el ápice; v) longitud de copa viva, distancia entre el inicio de las ramas vivas y el ápice.

La medición en árboles de altura pequeña (menor a 15 m) puede realizarse directamente, mediante cintas métricas o varas telescópicas. La medición en árboles grandes se realiza indirectamente, mediante instrumentos ópticos denominados hipsómetros. Estos miden alturas en base a relaciones entre lados de triángulos semejantes (hipsómetros Christen y Merritt) o bien, en base a tangentes de ángulos (hipsómetros Haga, Blume-Leiss y Suunto). Para realizar la medición, el operario se posiciona a cierta distancia del árbol, apunta con el instrumento a la base y a otro punto de interés en el árbol, y realiza la lectura en la escala del instrumento en cada oportunidad. Considerando los valores sobre la horizontal como positivos y aquellos bajo la horizontal como negativos, el valor absoluto de la diferencia entre ambas mediciones entrega la altura buscada.

En la medición de la altura total del árbol, con instrumentos basados en tangentes de ángulos, la lectura al ápice del árbol, realizada a una distancia específica  $D$ , implica que  $\tan \alpha_1 = h_1 / D$ . Luego, la fracción de altura sobre la horizontal es  $h_1 = D \tan \alpha_1$ . Del mismo modo, la fracción de altura bajo la horizontal es  $h_2 = D \tan \alpha_2$ . Así, la altura del árbol, que corresponde a  $h_1 - (-h_2)$ , se obtiene de la relación

$$h = D (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)$$

Donde:  $h$  = es la altura del árbol (m)

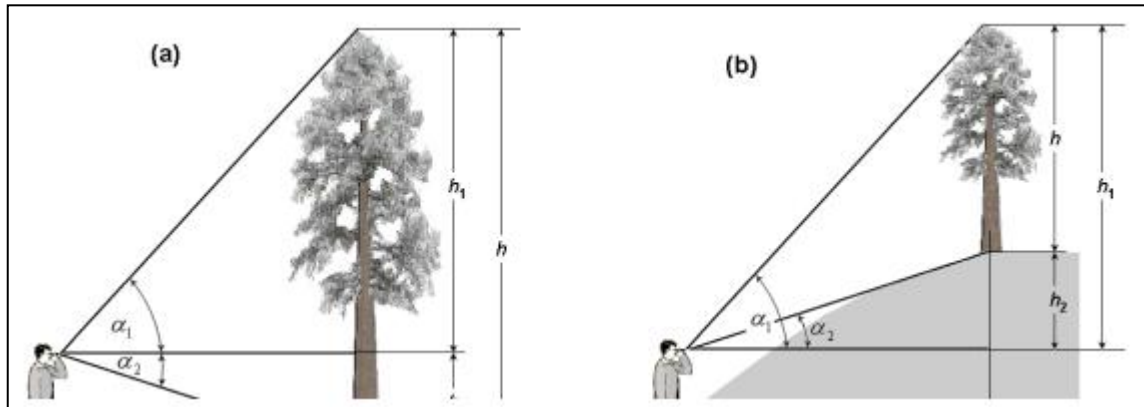
$D$  = es la distancia horizontal hasta el eje fustal del árbol (m)

$\alpha_1$  = es al ángulo del ápice del árbol

$\alpha_2$  = es al ángulo a la base del árbol (grados)



Los instrumentos ópticos entregan directamente el valor de la altura sobre o bajo la horizontal, según corresponda. Para su utilización, el operario requiere sólo posicionarse a la distancia adecuada. Los instrumentos poseen habitualmente más de una escala de medición, cada cual desarrollada para una distancia específica de medición desde el eje fustal del árbol. También incorporan escalas para la medición de la pendiente del terreno.



Medición de la altura de un árbol con instrumental óptico. (a) Lectura al ápice positiva (sobre la horizontal), lectura al tocón negativa (bajo la horizontal); (b) Ambas lecturas positivas.

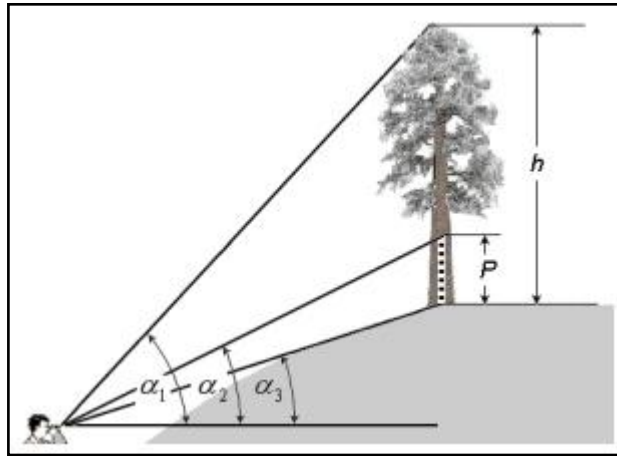
La altura del árbol también puede obtenerse sin realizar la medición de la distancia horizontal. En este caso se requiere un jalón de longitud conocida, el que se apoya en el fuste del árbol, y un instrumento que permita determinar ángulos. La altura del árbol se obtiene de la siguiente relación de ángulos.

$$h = P (\alpha_1 - \alpha_2) / (\alpha_2 - \alpha_3)$$

Donde:  $h$  = es la altura del árbol (m)

$P$  = es la longitud de un elemento de apoyo (jalón) para la medición (m)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  = son ángulos medidos en porcentajes



Medición de la altura de un árbol con apoyo en un jalón de altura conocida (P).

(Cancino, J. and K. v. Gadow, 2002)

## Q. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION MUESTRAL

### 1. Diámetro promedio (DP) y área basal (AB)

La variable dasométrica más usada para caracterizar un bosque o rodal es el diámetro a la altura del pecho (DAP). Se define como el diámetro del fuste con corteza (a menos que se especifique lo contrario), a una altura sobre el suelo de 1.3 metros. El área de un círculo con diámetro igual al DAP de un árbol determinado se le llama su área basal (área basal por árbol).

El diámetro promedio (DP) de un rodal corresponde a la media aritmética de los DAP, obtenidos en mediciones de árboles en sitios de muestreo

$$DP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DAP_i$$

En medición forestal se utiliza también el diámetro cuadrático (DQ) que corresponde al diámetro del árbol de área basal media. Esto es, si no se especifica otra cosa, el DP es el diámetro medio cuadrático:

$$\sqrt{\sum DAP_i^2 / n}$$

Dados el área basal (AB) y el número de árboles por hectárea (NA), el DQ (en centímetros) es:

$$DQ = \sqrt{\frac{40000}{\pi} AB/NA}$$

(García, 1995)

El AB es una medida directa de la densidad del rodal que involucra tanto el número de individuos como el tamaño de estos, y es, quizá la variable más utilizada para modelar el efecto de la densidad en el crecimiento del arbolado, tanto a nivel poblacional como individual (Torres y Magaña, 2001)

El área basal Individual se define como:

$$AB = \frac{\pi}{40000} DAP^2$$

Si nos referimos a las características agregadas aplicables al conjunto de los árboles en una porción de terreno. Este puede ser un rodal, una hectárea o una parcela de muestreo. El área basal es la suma de las secciones transversales a la altura del pecho, por unidad de área del terreno y se expresa en m<sup>2</sup>. (García, 1995)

$$AB = \frac{\pi}{40000} \sum_{i=1}^n DAP_i^2$$

## 2. Altura promedio

A partir de las mediciones de altura realizadas en los árboles muestra pueden definirse diferentes promedios aritméticos. Entre otros: i) altura promedio, de todos los árboles o de una muestra aleatoria de ellos; ii) altura dominante, promedio de los árboles dominantes y codominantes; iii) altura máxima, promedio de los 100 árboles de mayor DAP por hectárea; iv) altura mayor, promedio de los 100 árboles de mayor altura por hectárea; y v) altura de Lorey, que es un promedio ponderado por el área basal.

El cálculo del promedio a partir de mediciones sin ordenación (tabulación) es

$$H_a = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n},$$

$$H_{dc} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{dc}} h_{dci}}{n_{dc}},$$

Donde:

$H_a$ = es la altura promedio aritmético (m)

$H_{dc}$ = es la altura promedio dominante (m)

$h_i$ = es la altura medida en el i-ésimo árbol (m)

$n$  = es el número de árboles en los que se midió la altura

$n_{dc}$ = es el número de árboles dominantes y codominantes en los que se midió la altura

En el cálculo del promedio a partir de los datos tabulados se utilizan las relaciones siguientes

$$H_a = \frac{\sum_{i=1}^c n_i h_i}{n},$$

$$H_L = \frac{\sum_{i=1}^c n_i g_i h_i}{\sum_{i=1}^c n_i g_i},$$

Con

$$g_i = \pi \cdot d_i^2 / 40000,$$

Donde:

$H_a$ = es la altura promedio aritmético (m)

$H_L$ = es la altura promedio de Lorey (m)

$h_i$ = es la altura de la i-ésima clase de dap (m)

$c$  = es el número de clases de dap

$n_i$  = es el número de árboles en la  $i$ -ésima clase de dap (en la parcela o hectárea)  
 $g_i$  = es la sección transversal (normal) de un árbol de la  $i$ -ésima clase de dap ( $m^2$ )  
 $d_i$  = es la marca de la clase de la  $i$ -ésima de dap (cm)

(Cancino, J. and K. v. Gadow. 2002)

### 3. Volumen

En inventarios forestales el volumen de un rodal se estima a partir de los volúmenes estimados para cierto número de parcelas de muestreo. A su vez, para calcular el volumen de una parcela inicialmente se calcula el volumen de cada árbol, ya sea por cubicación directa o con una función de volumen general, y posteriormente se suman. Sin embargo, en la mayoría de los casos el cubicar todos los árboles, o aún medir todas las alturas para aplicar una función de volumen, es demasiado costoso. Por ello se recurre a una estimación indirecta del volumen utilizando los DAP medidos a todos los árboles dentro de las parcelas, y las mediciones de altura o volumen calculado para una fracción de ellos. Los árboles de la parcela que se miden en detalle se llaman “árboles muestra”. Hay dos métodos de cubicación de árboles individuales comúnmente usados (García, 1995)

El primero utiliza funciones generales de volumen (volumen del árbol en función de su DAP y de su altura) se supone que se cuenta con una función de volumen adecuada. Se empieza por usar los árboles muestra, en los que se ha medido la altura y el DAP para ajustar una curva de altura–diámetro. Con ésta se estima la altura de los árboles en los que se ha medido sólo el DAP.

Teniendo ahora el DAP y la altura para todos los árboles, se calculan los volúmenes con la función de volumen dada, y se suma. El volumen por hectárea se puede calcular multiplicando por el área correspondiente. Este método puede verse también como una sustitución en la función de volumen general

$$V = f(DAP, H)$$

de la altura dada por la función

$$H = g(DAP),$$

para obtener una función de volumen local

$$V = f[DAP, g(DAP)] \equiv h(DAP)$$

En el segundo método se determina primero el volumen de cada árbol muestra. Esto se puede hacer por cubicación directa (con diámetros medidos a varias alturas), o con una función de volumen previamente definida. Con los volúmenes y los DAP de los árboles muestra se ajusta entonces una ecuación de regresión que estime el volumen en función del DAP (una función local de volumen). Con ésta se calculan los volúmenes de todos los árboles y se suman.

A menudo los datos se ajustan bien con una regresión lineal simple de volumen sobre DAP al cuadrado (o sobre área basal por árbol), la llamada línea de volumen o recta volumen-área basal.

Usando datos de volumen obtenidos mediante la cubicación de los árboles de un número de parcelas, se pueden obtener ecuaciones de volumen en función de variables del rodal como área basal y altura dominante. Estas son conocidas como funciones de volumen por hectárea. Es más fácil usar la función de volumen que cubicar una parcela directamente, pudiendo emplearse por razones de conveniencia. Más frecuentemente, las funciones de volumen por hectárea son útiles cuando no se tiene la información de los árboles individuales. Un ejemplo podría ser al determinar el área basal directamente con el método de Bitterlich. Otro es cuando el área basal y altura corresponden a la proyección de un modelo de crecimiento (García, 1995)

## **R. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS**

### **1. Medidas de Centralización**

Nos dan un centro de la distribución de frecuencias, es un valor que se puede tomar como representativo de todos los datos. Hay diferentes modos para definir el "centro" de las observaciones en un conjunto de datos. Por orden de importancia, son:

**a. Media** (media aritmética o simplemente media)

Es el promedio aritmético de las observaciones, es decir, el cociente entre la suma de todos los datos y el número de ellos. Si  $x_i$  es el valor de la variable y  $n_i$  su frecuencia, tenemos que:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

**a. Mediana** (Me)

Es el valor que separa por la mitad las observaciones ordenadas de menor a mayor, de tal forma que el 50% de estas son menores que la mediana y el otro 50% son mayores. Si el número de datos es impar la mediana será el valor central, si es par tomaremos como mediana la media aritmética de los dos valores centrales.

**d. Moda** ( $M_0$ )

Es el valor de la variable que más veces se repite, es decir, aquella cuya frecuencia absoluta es mayor. No tiene porque ser única.

**2. Medidas de dispersión**

Las medidas de tendencia central tienen como objetivo el sintetizar los datos en un valor representativo, las medidas de dispersión nos dicen hasta que punto estas medidas de tendencia central son representativas como síntesis de la información. Las medidas de dispersión cuantifican la separación, la dispersión, la variabilidad de los valores de la distribución respecto al valor central. Distinguimos entre medidas de dispersión absolutas, que no son comparables entre diferentes muestras y las relativas que nos permitirán comparar varias muestras.

## a. Medidas de dispersión absolutas

### 1) Varianza ( $s^2$ )

Es el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media aritmética del conjunto de observaciones.

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$

### 2) Desviación típica (S)

La varianza viene dada por las mismas unidades que la variable pero al cuadrado, para evitar este problema podemos usar como medida de dispersión la desviación típica que se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza. (<http://www.tuveras.com/estadistica/estadistica02.htm#disper>, (Consultado Enero 2012))

$$S = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

### 3) Coeficiente de variación (CV)

Indica el porcentaje de variabilidad que existe entre las observaciones evaluadas (Aguirre, 2010)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

## b. Medidas de dispersión relativas

### 1) Covarianza

La covarianza es una medida de asociación entre las magnitudes de dos características; cabe recalcar que si el grado de asociación es pequeño o nulo la covarianza estará cercana a cero por una parte; y por otra si los valores grandes de una característica tienden a estar asociados



con valores pequeños de otra característica la covarianza será negativa; en cambio si los valores de las dos características son grandes la covarianza será positiva (Aguirre, 2010)

$$C_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i) / n}{n-1}$$

### c. Coeficiente de correlación simple

El coeficiente de correlación simple es un estadístico que mide el grado de asociación lineal entre dos variables, está bajo el efecto de la escala de medición. Puede variar de más uno a menos uno; una correlación de uno sugeriría una asociación perfecta. Tal como el caso de la covarianza una correlación positiva implica que los valores grandes de “x” están asociados con valores grandes de “y”. En cambio si los valores de “x” están asociados con valores pequeños de “y” la correlación es pequeña. (Aguirre, 2010)

$$r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}}$$

## S. CRECIMIENTO

El crecimiento es el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado periodo de tiempo. El incremento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento a esa edad.

La estimación del crecimiento es una etapa esencial en el manejo forestal. El concepto básico de recurso renovable deriva de la propiedad de crecimiento y cualquier planificación encierra el concepto de predicción de crecimiento.

Ha sido papel preponderante de los investigadores el desarrollo de métodos de predicción de crecimiento. Se puede medir el crecimiento pasado con exactitud, pero su predicción es

siempre algo incierta, aun más cuando las limitantes de tiempo y costo en el manejo forestal requieren de métodos de proyección rápida y sencilla basada en el mínimo de mediciones y variable.

El crecimiento de los arboles individuales está influido por sus características genéticas y su interrelación con el medio ambiente, factores climáticos y de suelo y características topográficas, cuya suma representa el concepto de calidad de sitio. Además de estos factores, la competencia es un factor muy importante y el mas controlable a través del manejo silvicultural.

### **1. Tipos de crecimiento**

Para tener un significado específico del término crecimiento se le debe clasificar de acuerdo con:

- Parámetro o variable considerado
- Periodo de tiempo considerado
- Porción o parte del rodal considerado

En arboles maduros, el crecimiento se expresa normalmente en términos de volumen. El volumen cubico del fuste es un parámetro valido para expresar el crecimiento del árbol. El volumen aserrable, al contrario, esta afectados por supuestos arbitrarios de utilización que invalidan las tendencias de crecimiento.

Considerando el periodo de tiempo, se puede distinguir el crecimiento anual corriente, el crecimiento periódico, y el crecimiento medio anual.

#### **a. El crecimiento anual corriente**

Es el incremento de un elemento dentro de un año.

**b. El incremento periódico**

Es el incremento o crecimiento acumulado durante un periodo de varios años. El incremento anual corriente equivale al crecimiento periódico para un periodo de un año,  $iap$ . En la determinación práctica del crecimiento no se mide el crecimiento en forma anual, sino debido a los grandes errores relativos, este se obtiene del crecimiento periódico dividiéndolo por los años del periodo.

**c. El incremento medio anual**

El incremento medio anual,  $ima$ , se calcula dividiendo el tamaño alcanzado hasta un determinado momento en el tiempo por la edad correspondientes. (Michail Prodan, Roland Peters, Fernando Cox y Pedro Real, 1997)

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

#### **1. Localización**

La presente investigación se realizó en la hacienda San Joaquín perteneciente al patrimonio forestal de Aglomerados Cotopaxi S.A (ACOSA) con una superficie de 1.600 ha, ubicada en la parroquia Mulaló Cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

#### **2. Ubicación geográfica**

- a. **Altitud:** 3100 a 3500 m.s.n.m.
- b. **Latitud:**  $0^{\circ}40'26''$
- c. **Longitud:**  $78^{\circ}34'35''$

#### **3. Características climatológicas**

- a. **Temperatura:** 13 a 18° C.
- b. **Precipitación anual:** 400 - 600 mm.
- c. **Humedad relativa:** 60 a 80 %

#### **4. Clasificación ecológica**

La hacienda se encuentra ubicada en dos zonas de vida: bosque húmedo Montano (bhM) y bosque muy húmedo Montano (bmhM). (Holdridge, 1982)

#### **5. Suelo**

Tipo de suelo: el suelo es de origen volcánico con derivados de ceniza, con mucha grava y piedra, con 1% de materia orgánica en el horizonte A-B.

## **B. MATERIALES**

### **1. Materiales de campo.**

Vehículo, GPS, hipsómetro, vara telescópica, forcípula, brújula, cinta métrica, placas plásticas, alambre de timbre, corrector, marcador permanente, pintura de spray, formularios, tablero de campo, cámara digital, planos, mochila, botas, impermeable, palas, machete, fundas plásticas.

### **2. Material de oficina.**

Computador, impresora, programa ArcGis 9.3

## **C. METODOLOGIA**

### **1. Condiciones climáticas y edáficas de la zona de estudio**

La recopilación de datos climáticos como temperatura y precipitación fueron tomadas en la estación meteorológica del vivero forestal San Joaquín ubicada a 3150 m. y en la estación meteorológica colcas a 3400 m.s.n.m. Para determinar la temperatura en las cotas de 3200, 3300 y 3500 m. se instalaron Hobos que permanecieron instaladas durante un mes.

Para la toma de muestras de suelos, se seleccionó plantaciones que tengan la misma edad y que se encuentren distribuidas en rangos de 100 m. de altitud a partir de los 3150 m. hasta 3500 m.s.n.m. En cada rango altitudinal se procedió a tomar 5 submuestras comenzando por un extremo del subrodal en zig-zag, la profundidad en que se tomo la muestra de suelo fue a partir de los 10 cm. hasta los 40 cm., una vez tomadas las submuestras se las mezclaron con el fin de homogeneizarla. A continuación se tomo 1Kg de la mezcla en una bolsa plástica y se etiqueto, esta muestra fue llevada al laboratorio en la ciudad de Quito para su respectivo análisis.

La interpretación del análisis de suelos se realizó utilizando las siguientes tablas:

**CUADRO N° 1. RANGO DE FERTILIDAD PPM.**

<b>Nivel</b>	<b>Nitrógeno (N)</b>	<b>Fosforo (P)</b>	<b>Potasio (K)</b>	<b>Calcio (Ca)</b>
Bajo	0-30	0-15	0-75	0-40
Medio	30.1-60	15.1-30	75.1-150	40.1-80
Alto	60.1-100	30.1-60	150.1-200	80.1-120
Rico	> 100.1	>60.1	> 200.1	> 120.1

Fuente: Fuentes, 1989

**CUADRO N° 2. GUÍA DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS**

<b>Elemento</b>	<b>Calcio (Ca)</b>		<b>Magnesio (Mg)</b>		<b>Azufre (S-SO4)</b>
<b>Método de Análisis</b>	<b>Acetato Amónico</b>		<b>Acetato Amónico</b>		<b>KCL 40</b>
<b>Unidades</b>	<b>meq/100g</b>	<b>ppm</b>	<b>meq/100g</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
<b>Bajo</b>	<5	<1000	<0.5	<60	<5
<b>Adecuado</b>	5-10	1000-2000	0.5-1.5	60-180	5-10
<b>Alto</b>	>10	>2000	>1.5	>180	10-20
<b>Excesivo</b>					>20

Fuente: <http://www.smart-fertilizer.com>, 2011

**CUADRO N° 3. PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA**

<b>PORCENTAJE</b>	<b>DENOMINACION</b>
Menor al 1%	Muy pobre
1% - 2%	Medianamente pobre
3% - 6%	Pobre
6% - 10%	Medianamente rico
10% - 15%	Rico
Mayor a 15%	Suelo rico

Fuente: Suquilanda, 1998

**CUADRO N° 4: VALORIZACIÓN DEL PH**

<b>Valorización</b>	<b>Valores</b>
Fuertemente ácida	4.0 – 4.6
Ácida	4.7 – 5.5
Ligeramente ácida	5.6 – 6.4
Neutro	6.5 – 7.5
Ligeramente alcalino	7.6 – 8.0
Alcalino	8.1 – 10.0
Fuertemente alcalino	10.1 - 14

**Fuente:** Oñate, 1995

## **2. Implementación y Georeferenciación de parcelas permanentes**

### **a. Ubicación y georeferenciación**

Básicamente, existen dos tipos de parcelas: temporales y permanentes. Para este estudio, se implementaron parcelas permanentes de muestreo (PPM).

Las parcelas fueron ubicadas de acuerdo a la cartografía base de la hacienda San Joaquín, donde se encuentra la distribución de los subrodales y la identificación de las especies plantadas. Se utilizó el sistema operativo ArcGis 9.3 en donde se ubicó 3 parcelas permanentes en cada subrodal con sus respectivas coordenadas, separadas a una distancia entre 100 y 200 m., luego se procedió a transferir las coordenadas en un GPS instrumento que nos permitió ubicar las parcelas en el campo. Las plantaciones consideradas en este estudio fueron aquellos que sobrepasaron 1 año de edad.

### **b. Establecimiento de parcelas**

Se establecieron parcelas permanentes de 500 metros cuadrados de forma circular con radio de 12.62 m.

### c. Orientación

Con la ayuda de la brújula se orientó la parcela de la siguiente manera: Se ubicó el punto centro y la hilera de la plantación, luego se anotó los grados en la que se encuentra la hilera sea esta de N-S o E-W, después se determinó perpendicularmente los árboles centrales cada  $90^{\circ}$  desde el punto centro. El inicio de la enumeración de los árboles se realizó desde el norte magnético o lo más cercano (Gráfico N<sup>o</sup> 1).

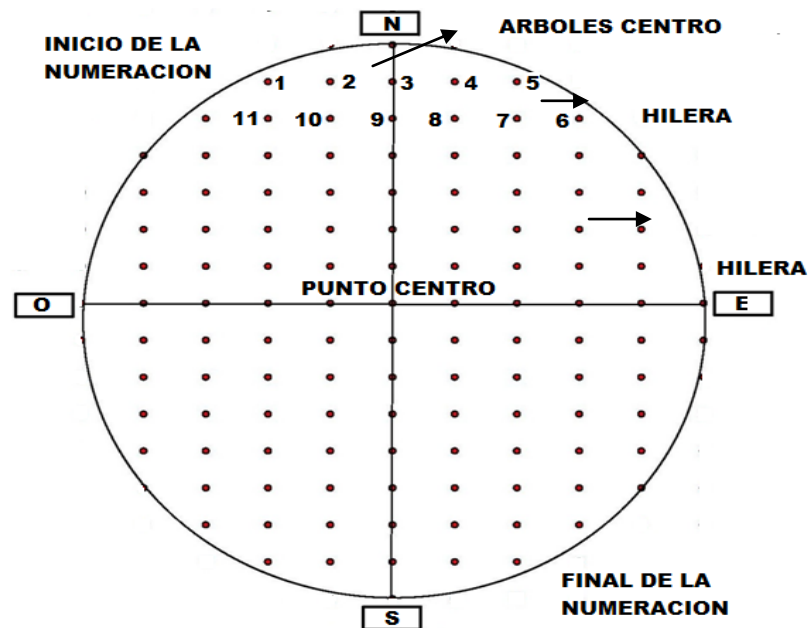


GRÁFICO N<sup>o</sup> 1: CROQUIS DE UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES EN LAS PARCELAS

### d. Marcación de las parcelas

La marcación de las parcelas permanentes en el terreno se realizó con pintura y placas plásticas, enumerando los árboles de forma secuencial (1,2,3....).

En parcelas con árboles mayores a 5cm de diámetro se marco los fustes con pintura y en árboles menores a 5cm de diámetro se colocó placas plásticas, debido a que presentan tallos



muy delgados la cual dificulta su marcación. En el árbol central de la parcela se pinto las iniciales de parcela permanente de muestreo (PPM) y el número de la parcela correspondiente (PPM-No), con la finalidad de identificarlas (Gráfico N° 2).

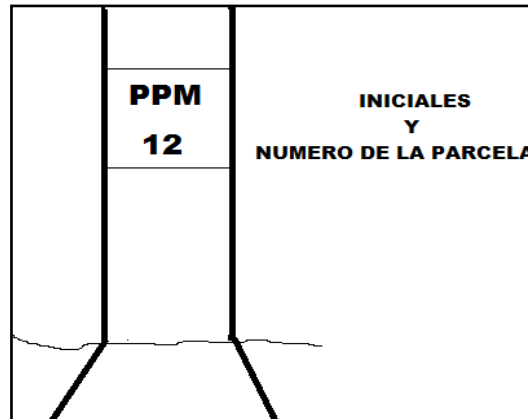


GRÁFICO N° 2: MARCACIÓN DE LOS ÁRBOLES

### 3. Establecimiento de datos dasométricos

Para el establecimiento de los datos dasométricos se realizó las mediciones de las variables cuantitativas y cualitativas, para lo cual se utilizó un formulario de medición donde se recopiló los datos de campo (Anexo 1).

#### a. **Variables cuantitativas**

En las plantaciones de 1 a 4 años de edad se midió solo la variable altura total (HT), mas no el diámetro por no ser representativa, mientras que en las plantaciones mayores a 5 años se midió dos variables: diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (HT).

La medición del diámetro (cm), fue a 1.30 m (DAP) sobre el nivel del suelo y se utilizó la forcípula. La altura fue tomada desde la base al ápice del árbol para lo cual se utilizó el hipsómetro Suunto. En las plantaciones de 1 a 4 años de edad se midieron la altura con vara telescópica que es un instrumento que nos da la medición de forma directa.

El crecimiento inicial de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* se obtuvo calculando el Incremento Medio Anual (IMA), para las variables altura, diámetro y volumen.

Para ello se procedió a ingresar a Excel todos los datos de diámetros y alturas incluidas en el formulario de campo de las parcelas establecidas en los diferentes subrodiales, luego se calcularon las variables con las siguientes formulas:

El crecimiento inicial en altura, se obtuvo mediante la siguiente fórmula:  $IMAA = h/t$

El crecimiento inicial en diámetro, se obtuvo mediante la siguiente fórmula:  $IMAD = d/t$

El crecimiento inicial en volumen, se obtuvo mediante la siguiente fórmula:  $IMAV = v/t$

Donde:  $IMAA =$  Incremento Medio Anual Altura (m/año)

$IMAD =$  Incremento Medio Anual en diámetro (DAP) cm/año

$IMAV =$  Incremento medio Anual en Volumen ( $m^3/año$ )

$h =$  altura

$d =$  diámetro

$v =$  volumen

$t =$  tiempo

### 1) Formulas y parámetros estadísticos

Para la evaluación de los datos dasométricos y su interpretación se utilizó las siguientes formulas y parámetros estadísticos:

- Diámetro promedio: 
$$DP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DAP_i$$

- Altura promedio: 
$$H_a = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

- Área basal: 
$$AB = 0.007854 * DAP^2$$

- Volumen: 
$$V = AB * ALT * ff$$

- Media aritmética: 
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$
- Varianza muestral: 
$$S^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n-1}$$
- Desviación estándar: 
$$S = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$
- Coeficiente de variación: 
$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$
- Covarianza: 
$$C_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i) / n}{n-1}$$
- Coeficiente de correlación simple: 
$$r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{S_x^2 \times S_y^2}}$$

## b. Variables cualitativas

Se evaluaron los defectos del fuste en cada uno de los árboles de las parcelas, luego se tabulo los datos y se saco el promedio de las mismas por subrodal.

Para evaluar los defectos de cada árbol se utilizó los siguientes códigos descritos a continuación:

Código	Descripción
1	Bifurcado
2	Torcido
7	Cola de zorro

**Fuente:** Formulario de parcelas permanentes

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. CONDICIONES CLIMATICAS Y EDAFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 1. Condiciones climáticas

CUADRO N° 5. DESCRIPCION CLIMATICA EN DISTINTOS RANGOS ALTITUDINALES

Altitud (m.s.n.m)	Temperatura (°C)		Precipitación anual (mm)
	MAX	MIN	
3150	18	6	594,7
3200	18	6	-
3300	17	5	-
3400	16	4	747,1
3500	16	4	-

Fuente: Estación meteorológica San Joaquín y Colcas

En el cuadro anterior se observa que entre los rangos 3150 m.s.n.m. y 3200 m.s.n.m. oscila una temperatura media anual máxima de 18 °C y una mínima de 6 °C, a partir de estos rangos altitudinales la temperatura desciende 1 °C hasta los 3400 m.s.n.m., donde oscila una temperatura máxima de 16 °C y una mínima de 4°C, estos valores son óptimos para el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata* y *Pinus pátula* según lo expresado la pagina web: <http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf>, (Consultado Marzo 2012) que dice “ las temperaturas optimas de *Pinus radiata* oscila entre 11-17 °C y *Pinus pátula* oscila entre 12-18 °C”.

La precipitación anual en las partes bajas (3150 a 3300 m.s.n.m) es de 594.7 mm/año y en las partes altas (3400 a 3500 m.s.n.m) es de 747.1 mm/año, estos valores son bajos para el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata* y *Pinus pátula* a lo expresado en la página web: <http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf>, (Consultado Marzo 2012) que menciona “las precipitaciones media anual óptimas del *Pinus radiata* oscilan entre 800–1300 mm.” y *Pinus pátula* oscilan entre 750-2000 mm.

En plantaciones de *Pinus radiata* se pudo evidenciar la presencia de enfermedades causadas por hongos, siendo el más frecuente *Dothistroma pini* que se presenta como una banda roja en las acículas, esto posiblemente debido a las bajas temperaturas y daños mecánicos producidas por heladas que se presenta en las partes altas (3400 a 3500 m.s.n.m), mientras que en las partes bajas donde las temperaturas son más altas las plantaciones son mas sanas. En cambio en las plantaciones de *Pinus pátula* se pudo evidenciar que en las mismas condiciones climáticas esta se encuentran en mejores condiciones de sanidad, lo cual nos indica que el *Pinus pátula* se adapta a mayor altura que el *Pinus radiata*, lo cual se confirma según la página web: <http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf>, (Consultado Marzo 2012) que menciona que “*Pinus pátula* es muy resistente a heladas”.

## 2. Condiciones edáficas

**CUADRO N° 6. ANALISIS DE SUELOS EN DISTINTOS RANGOS ALTITUDINALES**

Nutrientes	Unidad	3150 m.s.n.m		3200 m.s.n.m		3300 m.s.n.m		3400 m.s.n.m		3500 m.s.n.m	
		P.radiata rodal 0235 A2		P.radiata rodal 0235 A3		P.pátula rodal 0220 A2		P.radiata rodal 0217 A2		P.radiata rodal 0224 A2	
		Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel
N	ppm	2,03	Bajo	0,63	Bajo	9,73	Bajo	10,99	Bajo	9,03	Bajo
P	ppm	6,68	Bajo	16,03	Medio	5,01	Bajo	12,26	Bajo	13,20	Bajo
K	ppm	41,67	Bajo	29,17	Bajo	37,5	Bajo	45,84	Bajo	29,17	Bajo
S	ppm	8,67	Adecuado	3,33	Bajo	9,33	Adecuado	0,07	Bajo	0,67	Bajo
Mg	meq/100g	1,00	Adecuado	0,10	Bajo	0,30	Bajo	0,80	Bajo	1,30	Adecuado
Ca	meq/100g	1,30	Bajo	0,90	Bajo	1,50	Bajo	2,10	Bajo	1,90	Bajo
pH		6,64	Neutro	6,97	Neutro	6,10	Neutro	5,92	L. acido	5,67	L. acido
MO	%	0,29	Muy pobre	0,09	Muy pobre	1,39	Med. pobre	1,57	Med. pobre	1,29	Med. pobre

Fuente: ASISTEC

Según el cuadro de análisis de suelos los valores del nitrógeno, fosforo y potasio presentan un bajo nivel en todos los rangos altitudinales, las deficiencias de estos elementos en el suelo han afectado en el desarrollo de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata*, y las hacen más susceptibles a plagas y enfermedades, por la gran importancia que representa estos nutrientes para la planta el cual es corroborado según GARCIA M, 2010, menciona que los elementos primarios como el nitrógeno es indispensable para la formación de aminoácidos, proteínas, enzima, ácidos nucleícos y conforma los sistemas de energía de la planta, el fósforo interviene

en la formación y desarrollo de raíces y tallos, permite tener resistencia a enfermedades y el potasio importante para la activación de enzimas, fotosíntesis, el transporte de azúcares y síntesis de almidón y contribuye al aumento en la resistencia de enfermedades, elementos que son muy importantes para el desarrollo de las plantas.

El azufre se encuentra en un adecuado nivel en la plantación de *Pinus radiata* en el rango 3150 m.s.n.m. y en la plantación de *Pinus pátula* en el rango 3300 m.s.n.m., lo que favorece según GARCIA M, 2010, a estimular el crecimiento y absorción del nitrógeno y estimular la formación de sustancias de defensa de la planta, no así en los rangos 3200, 3400 y 3500 m. que presenta un bajo nivel de azufre. El magnesio se presenta en un adecuado nivel en el suelo en los rangos de 3150 y 3500 m.s.n.m., siendo este elemento importante según GARCIA M, 2010, para favorecer la absorción del fósforo que es un componente básico de la clorofila. El calcio que también es un elemento importante para fortalecer y estimular el crecimiento de tallos y raíces, dar resistencia a plagas y enfermedades, se encuentra en un bajo nivel en los suelos de todos los rangos altitudinales, lo que impide a las plantas absorber del suelo este elemento para su desarrollo.

El pH del suelo es neutro a ligeramente acida, estos valores son óptimos para *Pinus radiata* y *Pinus pátula* lo que concuerda con la página web:

<http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf>, (Consultado Marzo 2012) que menciona “los requerimientos óptimos del pH para *Pinus radiata* es neutro a ligeramente ácido y para *Pinus pátula* es neutro o ácido”.

El porcentaje de materia orgánica es muy pobre a moderadamente pobre en estos suelos, esta deficiencia se debe a que los suelos en la que se encuentran las plantaciones son generalmente franco arenoso, esta clase textural presenta un débil poder de absorción y retención son suelos de poca fertilidad, según la página web:

<http://www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/edafologia/practicos/mo-04.htm>,

(Consultado Marzo 2012) menciona que en suelos arenosos generalmente tienen entre 1-1.5% de materia orgánica en el horizonte superficial, otro factor importante que influye en la transformación de la materia orgánica son las condiciones climáticas según OÑATE M, 1995,

menciona que en la Sierra Ecuatoriana en donde se nota la presencia de temperaturas bajas con precipitaciones altas, sobre todo en los páramos, la mineralización de la materia orgánica es lenta, produciéndose una acumulación de esta en los horizontes superiores.

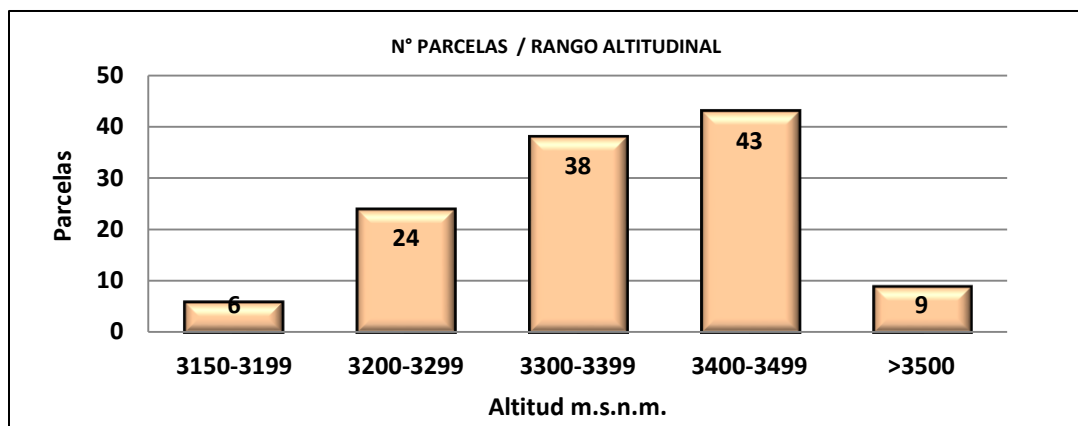
## **B. IMPLEMENTACION Y GEOREFERENCIACION DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO (PPM)**

### **1. Implementación**

Con el fin de dar seguimiento a esta investigación en los próximos años y que sirva de línea base, se implementó 120 parcelas de 500 m<sup>2</sup> de forma circular en 39 subrodales, distribuidos en distintos rangos altitudinales en una superficie total de 1119.54 ha.

**CUADRO N° 7. DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL**

<b>RANGO ALTITUDINAL (m.s.n.m)</b>	<b>N° PARCELAS</b>
<b>3150-3199</b>	6
<b>3200-3299</b>	24
<b>3300-3339</b>	38
<b>3400-3499</b>	43
<b>&gt;3500</b>	9
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>

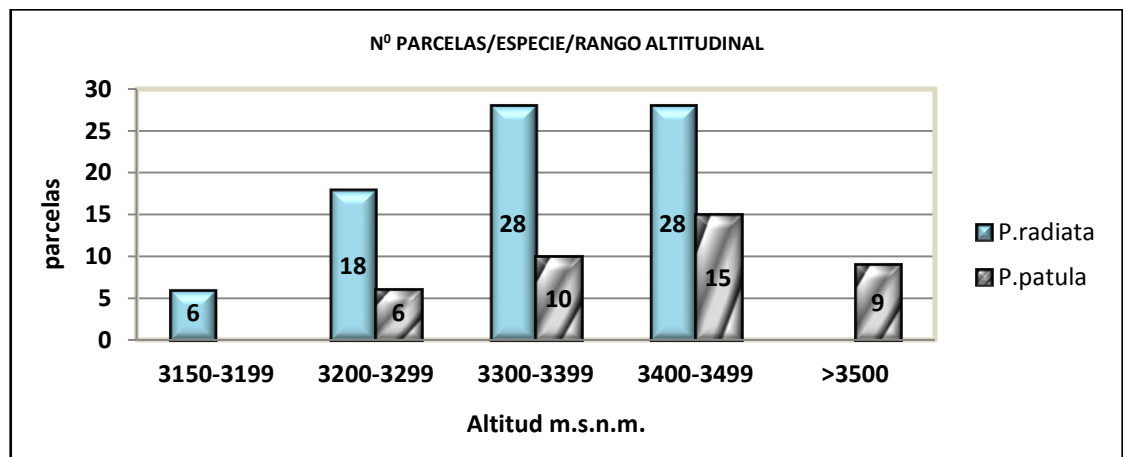


**GRAFICO N° 3: DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS POR RANGO ALTITUDINAL**

Según el gráfico de la distribución de las parcelas permanentes, se observa que en los rangos 3150-3199 m. y mayores a 3500 m.s.n.m. existen establecidas una mínima cantidad de parcelas, debido a que representa un 11 % de la superficie total, mientras que entre los rangos 3200 m. hasta 3500 m.s.n.m. que representa un 89% de la superficie total, se encuentran instaladas la mayor cantidad de parcelas permanentes.

**CUADRO N° 8. DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS POR ESPECIE Y RANGO ALTITUDINAL**

RANGO ALTITUD (m.sn.m)	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus pátula</i>	TOTAL
3100-3199	6	-	6
3200-3299	18	6	24
3300-3399	28	10	38
3400-3499	28	15	43
>3500	-	9	9
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>120</b>



**GRAFICO N° 4: DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS POR ESPECIE Y RANGO ALTITUDINAL**

Según el cuadro anterior la plantación de *Pinus radiata* que se encuentra entre los rangos 3150 m. hasta 3400 m.s.n.m. se instaló 80 parcelas y en la plantación de *Pinus pátula* que se encuentra entre los rangos 3200 m. hasta 3500 m.s.n.m. se instaló 40 parcelas permanentes. Esta diferencia del 50% se debe a que la plantación de *Pinus radiata* representa un 68% de la superficie total, mientras que la plantación de *Pinus pátula* representa un 32 % de la superficie total.



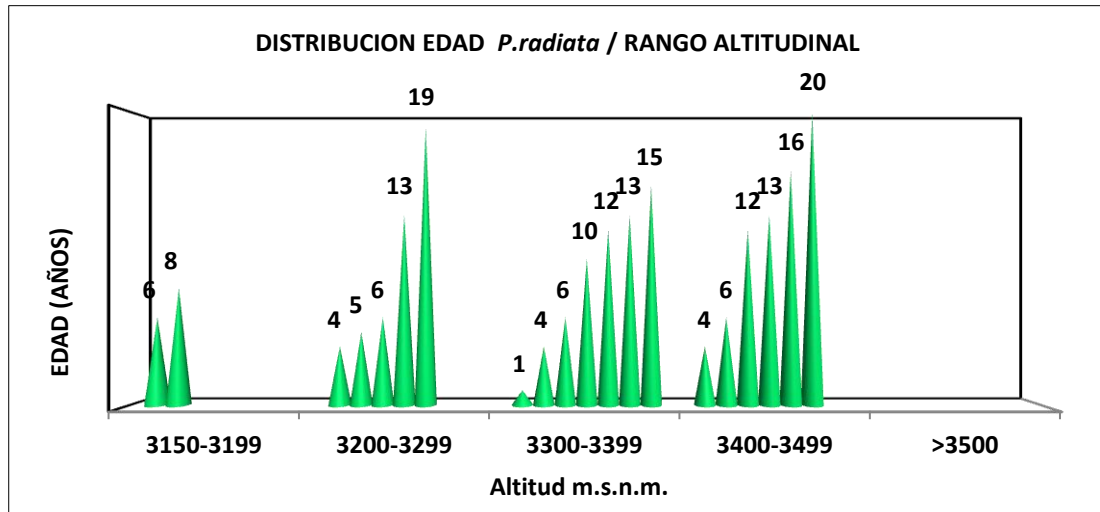


GRAFICO N° 5: DISTRIBUCION DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus radiata* POR EDAD Y RANGO ALTITUDINAL

Según el gráfico anterior las plantaciones de *Pinus radiata* se encuentran en diferentes edades: 1,3,4,5,6,8,10,12,13,15,16 y 20 años, distribuidos entre los rangos 3150 m. hasta los 3400 m.s.n.m. Se observa que plantaciones de una misma edad están presentes en distintas cotas las cuales son: plantaciones de 6 años en 4 rangos altitudinales (3150-3200-3300-3400 m.s.n.m), 4 años en tres rangos altitudinales (3200-3300-3400 m.s.n.m), 13 años en tres rangos altitudinales (3200-3300-3400 m.s.n.m), 12 años en dos rangos altitudinales (3300-3400 m.s.n.m) y en un rango altitudinal desde 3300 a 3400 m.s.n.m. se encuentran plantaciones de: 1, 5, 10, 15, 16, 19 y 20 años.

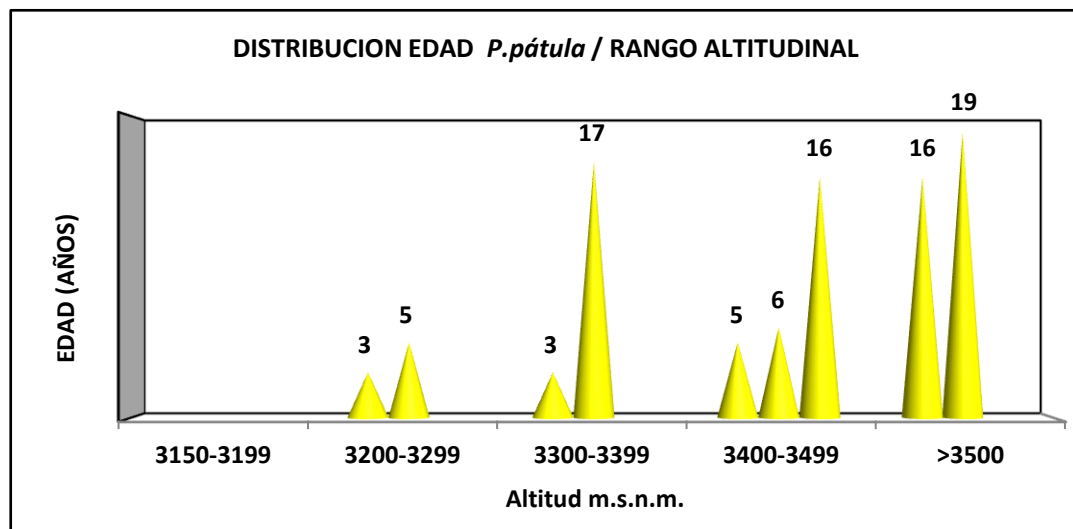
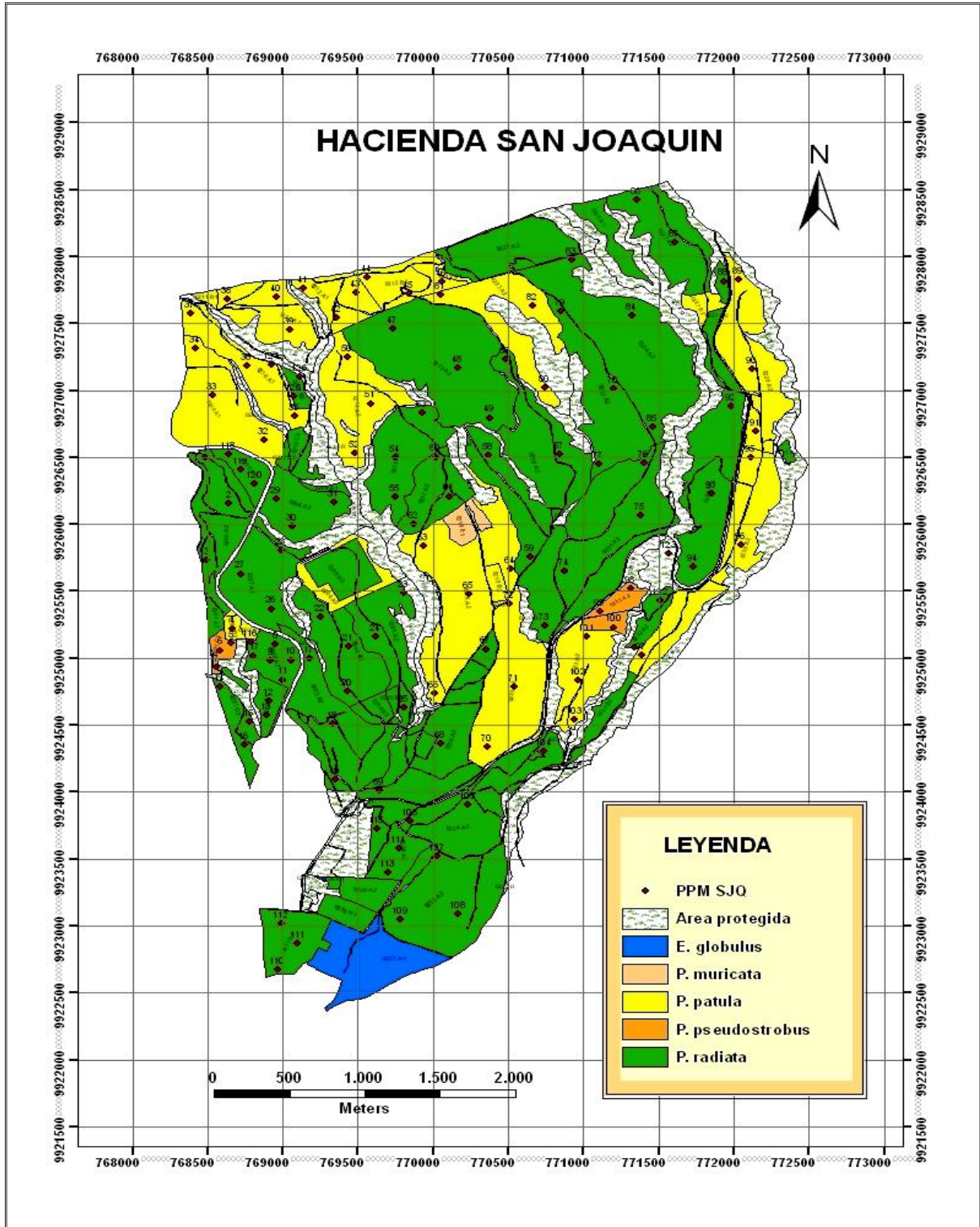


GRAFICO N° 6: DISTRIBUCION DE LAS PLANTACIONES DE *Pinus pátula* POR EDAD Y RANGO ALTITUDINAL

Según el gráfico en la plantación de *Pinus pátula* se encuentran edades de: 3, 5, 16, 17 y 19 años distribuidos entre los rangos 3200 m. hasta 3500 m.s.n.m. Plantaciones de una misma edad están presentes en distintas cotas las cuales son: Las plantaciones de 3 años en dos rangos altitudinales (3200-3300 m.s.n.m), 5 años en dos rangos altitudinales (3200-3400 m.s.n.m) y 16 años en dos rangos altitudinales (3400-3500 m.s.n.m) , mientras que las plantaciones de 6, 17 y 19 años se encuentran distribuidos en un rango altitudinal desde 3300 a 3500 m.s.n.m.

## **2. Georeferenciación**

Se georeferenció 120 parcelas con sus respectivas coordenadas, para la cual se realizó un mapa con la distribución de las parcelas.



**GRAFICO N° 7: MAPA DE DISTRIBUCION DE PARCELAS PERMANENTES**

Fuente: Cartografía base ACOSA

## C. DATOS DASOMETRICOS

### 1. Variabes cuantitativas

#### a. Variables cuantitativas a los 3150 m.s.n.m.

En este rango altitudinal se encuentran plantaciones de *Pinus radiata* de 6 y 8 años de edad.

#### 1) Altura y DAP promedio *Pinus radiata*

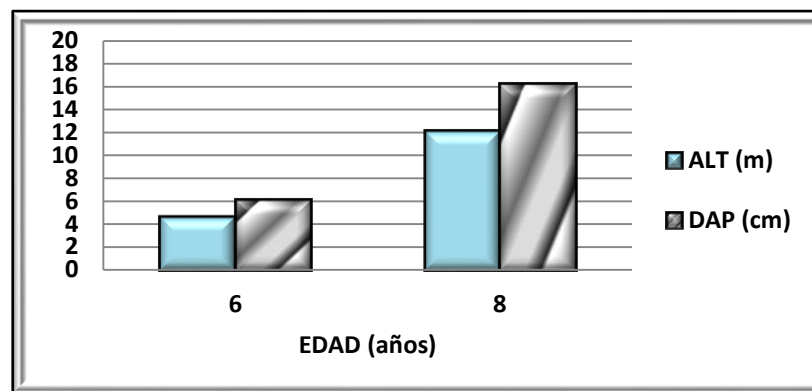


GRAFICO N° 8: ALTURA Y DIAMETRO PROMEDIO

Fuente: Datos PPM

#### CUADRO N° 9. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus radiata*

Edad (años)	Sub rodal	No Árboles	ALT prom (m)						DAP prom (cm)					
			min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
6	0235 A2	1627	1,50	4,73	8,45	2,09	1,45	30,55	1,00	6,15	14,00	7,32	2,71	43,98
8	0237 B1	980	8,10	12,20	15,00	1,64	1,28	10,48	7,00	16,30	25,00	10,97	3,31	20,32

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos la plantación de 8 años presenta un bajo coeficiente de variación de 10.48% en altura y 20.32% en diámetro, mientras que la plantación de 6 años presenta un alto coeficiente de variación de 30.55% en altura y 43.98% en diámetro, estos porcentajes nos permite determinar que la plantación de 8 años presenta un crecimiento homogéneo, con respecto a la plantación de 6 años que existe un crecimiento heterogéneo en altura y el diámetro.

Esta variación en el crecimiento podría deberse a que la plantación de 8 años presenta menor densidad de árboles por hectárea, debido a que se ha realizado actividades de raleos y podas, posiblemente lo cual ha permitido minimizar la competencia entre los árboles por espacio, luz, agua, y nutrientes, lo que permite a la plantación tener un crecimiento homogéneo en altura y diámetro, en relación con la plantación de 6 años donde la densidad es mayor y su crecimiento es heterogéneo en las dos variables.

## 2) Área Basal y volumen por hectárea de *Pinus radiata*

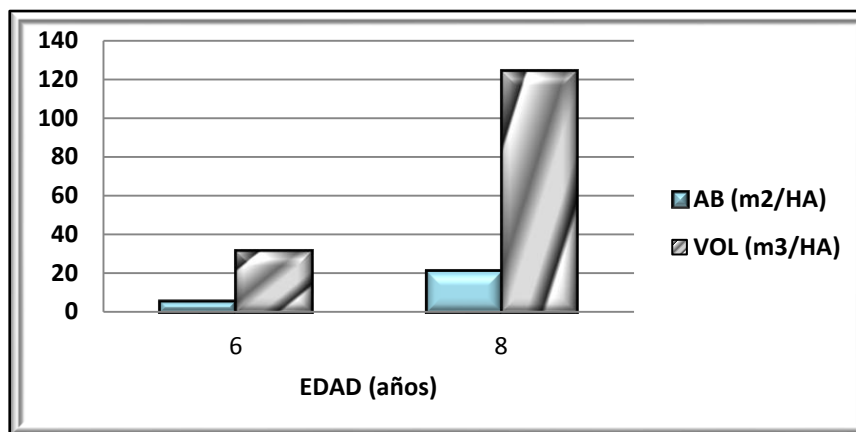


GRAFICO N° 9: AREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO POR HECTAREA

Fuente: Datos PPM

## CUADRO N° 10. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus radiata*

Edad (años)	Sub rodal	No Árboles	Área Basal (m <sup>2</sup> / HA)						Volumen (m <sup>3</sup> / HA)					
			min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
6	0235 A2	1627	3,59	5,84	7,99	4,84	2,20	37,68	31,44	43,28	52,37	125,25	10,74	24,80
8	0237 B1	980	20,55	21,15	21,58	0,32	0,57	2,67	119,58	124,24	131,07	36,53	6,04	4,86

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos se observa que la plantación de 6 años presenta un alto coeficiente de variación de 37.68% en área basal y 24.80% en volumen, con relación a la plantación de 8 años con un bajo coeficiente de variación, estos valores nos permiten determinar que la plantación de 6 años presenta un crecimiento heterogéneo y la plantación de 8 años un crecimiento homogéneo en las dos variables.

Se puede observar que la plantación de 6 años presenta un promedio en área basal y volumen muy inferior con respecto a la plantación de 8 años, debido a la variación del número de árboles que existe entre estas dos edades, siendo el número de árboles de la primera plantación mayor, lo que influye en la disminución del área basal por la competencia que se está generando con los árboles de dicha plantación, contrariamente a dicho fenómeno se encuentra la plantación de 8 años que presenta una cantidad reducida de árboles lo cual favorece al desarrollo apropiado del área basal y volumen.

Covarianza y coeficiente de correlación entre la altura, diámetro, área basal y volumen.

**CUADRO N° 11. COVARIANZA Y COEFICIENTE DE CORRELACION**

Variable	DAP / ALT	EDAD / ALT	EDAD / DAP	AB / VOL
COV	37,91	7,47	10,15	710,38
<i>r</i>	1,00	1,00	1,00	1,00

**Fuente:** Datos PPM

Según el cuadro la covarianza es positiva en todas las asociaciones, es consistente que los mayores diámetros tienden a estar asociados con la mayor altura y edad, lo mismo ocurre en las mayores alturas que tienden estar asociadas con la mayor edad, de igual forma los mayores volúmenes están asociados con las mayores áreas basales.

Con el coeficiente de correlación igual a “uno”; se puede afirmar que los datos diámetro-altura, edad-altura, edad-diámetro, área basal-volumen, presentan una asociación perfecta.

#### **b. Variables cuantitativas a los 3200 m.s.n.m.**

En este rango altitudinal se encuentran plantaciones de *Pinus pátula* de 3 y 5 años y *Pinus radiata* de 4, 5, 6, 13 y 19 años.

1) Altura y DAP promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

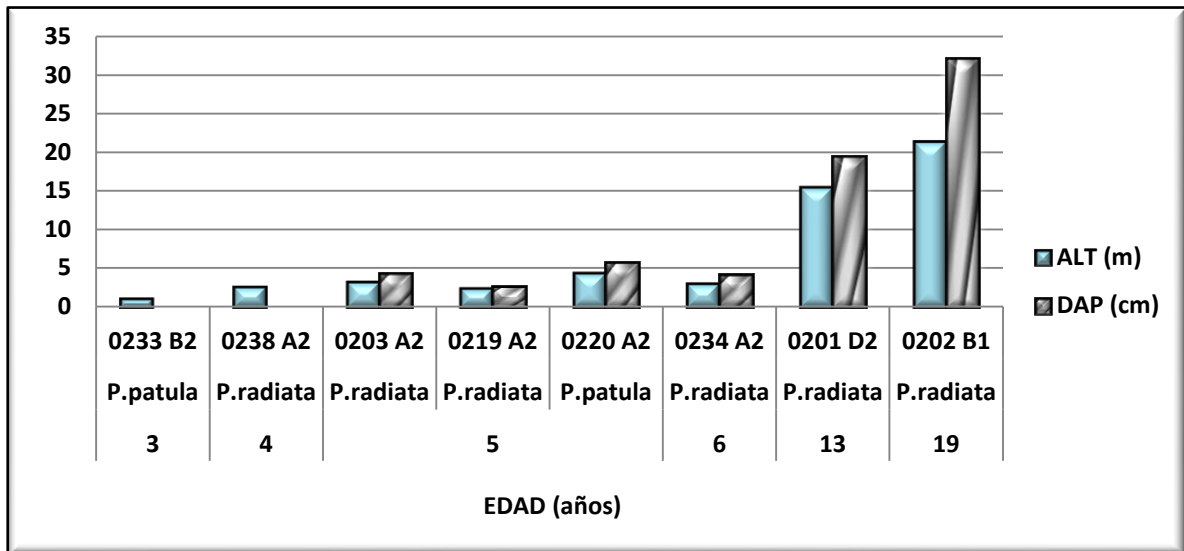


GRAFICO N° 10: ALTURA Y DIAMETRO PROMEDIO

Fuente: Datos PPM

CUADRO N° 12. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	ALT prom (m)						DAP prom (cm)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
3	P.pátula	0233 B2	1480	0,30	1,15	2,60	0,28	0,53	45,82	-	-	-	-	-	-
4	P.radiata	0238 A2	1633	0,60	2,69	5,10	0,55	0,74	27,47	-	-	-	-	-	-
5	P.radiata	0203 A2	1773	0,80	3,31	6,95	1,80	1,34	40,58	1,00	4,27	10,00	4,55	2,13	49,97
	P.radiata	0219 A2	1707	0,45	2,49	4,50	0,66	0,81	32,60	1,00	2,57	8,00	2,07	1,44	55,92
	P.pátula	0220 A2	1613	1,65	4,46	6,35	0,74	0,86	19,31	1,00	5,67	10,00	2,91	1,71	30,08
6	P.radiata	0234 A2	1767	1,00	3,12	6,15	1,56	1,25	39,98	1,00	4,05	10,00	3,38	1,84	45,41
13	P.radiata	0201 D2	513	9,25	15,51	19,75	5,51	2,35	15,14	11,00	19,40	32,00	26,77	5,17	26,67
19	P.radiata	0202 B1	427	8,00	21,41	28,50	19,30	4,39	20,52	15,00	32,07	47,00	71,34	8,45	26,34

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro las plantaciones de *Pinus radiata* de 13 y 19 años presentan un bajo coeficiente de variación en altura de 15.14% a 20.52% y diámetro de 26.67% a 26.34%, mientras que las plantaciones de 4, 5 y 6 años presentan un alto coeficiente de variación en altura de 27.47% a 40.58% y diámetro de 30% a 55%, estos porcentajes nos permiten determinar que las plantaciones de *Pinus radiata* de 13 y 19 años presentan un crecimiento homogéneo en altura y diámetro, mientras que en las plantaciones de 4, 5 y 6 años presenta heterogeneidad en el crecimiento en las dos variables.

Al haber una mayor densidad de árboles, existe mayor competitividad entre los mismos en cuanto a espacio, por lo tanto habrá mayor competencia por agua, luz, espacios radiculares y nutrientes creando un ambiente de estrés en las plantas, lo cual hace que el crecimiento en las plantaciones sean muy heterogéneas, esto se puede ejemplificar en las plantaciones de 4 a 6 años con una alta densidad mostrando un crecimiento heterogéneo, debido a que no se han realizado raleos y podas lo que influye en el crecimiento en altura y diámetro, con relación a las plantaciones de 13 y 19 años con un menor número de árboles, por existir actividades de raleos y podas, lo que permite tener un crecimiento homogéneo en las dos variables.

Las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* de 5 años están distribuidas en tres subrodas con densidades variadas, Klepac menciona que existe una tendencia a la reducción del crecimiento en altura en las plantaciones excesivamente densas. Un ejemplo claro se presenta en el subrodal 0220 A2 de *Pinus pátula* con una baja densidad de 1613 arb/ha y un promedio en altura de 4.46 m., con respecto al subrodal 0219 A2 de *Pinus radiata* con una alta densidad de 1707 arb/ha con una altura promedio de 2.49 m.

Otro factor importante que puede influir en el crecimiento de las plantaciones, es el origen genético de la semilla y la adaptación que puedan presentar semillas importadas de otros países a nuestras condiciones climáticas, en el cuadro se puede observar que la plantación de 5 años subrodal 0203 A2 y 0219 A2 de *Pinus radiata* las cuales tiene un origen genético del país de Chile, presentan un crecimiento menor en altura y diámetro, con relación al subrodal 0220 A2 de *Pinus pátula* que tiene un origen genético de Cotopaxi con un mejor promedio en altura de 4.46 m. y diámetro de 5.67 m.



2) Área basal y volumen promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*.

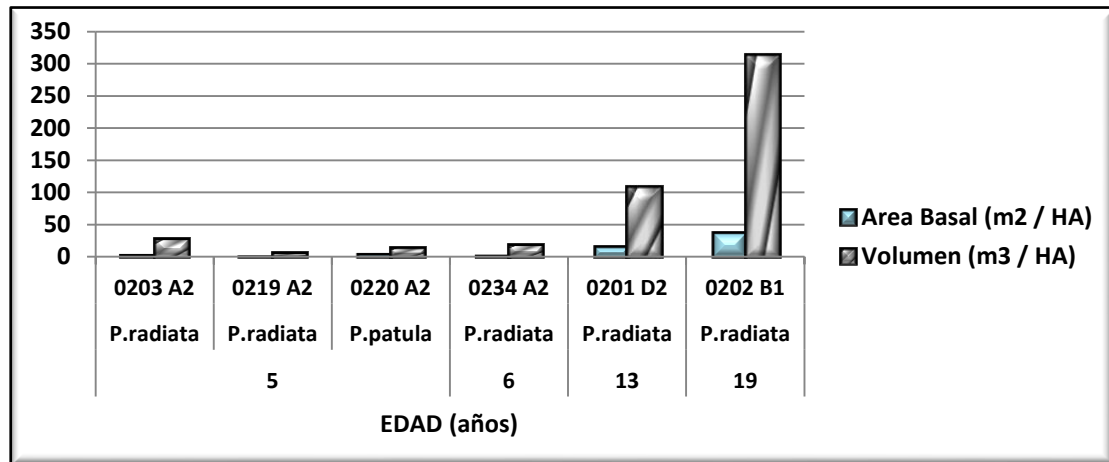


GRAFICO N° 11: AREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO POR HECTAREA

Fuente: Datos PPM

CUADRO N° 13. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	Área Basal (m <sup>2</sup> / HA)						Volumen (m <sup>3</sup> / HA)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
5	P.radiata	0203 A2	1773	1,11	3,31	5,97	6,07	2,46	74,40	6,16	28,12	53,29	563,13	23,73	84,39
	P.radiata	0219 A2	1707	0,50	1,23	1,92	0,50	0,71	51,51	0,00	6,73	15,76	66,05	8,13	120,76
	P.pátula	0220 A2	1613	2,36	4,61	6,20	4,03	2,01	43,54	5,19	14,29	21,00	66,83	8,17	57,21
6	P.radiata	0234 A2	1767	0,97	2,28	3,22	1,37	1,17	51,25	9,07	19,04	28,15	91,56	9,57	50,26
13	P.radiata	0201 D2	513	14,87	16,23	17,01	1,41	1,19	7,33	106,78	109,65	113,93	14,25	3,78	3,44
19	P.radiata	0202 B1	427	35,61	36,82	39,20	4,26	2,06	5,60	301,33	314,13	338,26	437,17	20,91	6,66

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos se puede observar que las plantaciones de 5 y 6 años con una alta densidad y que no se han realizado raleos y podas, presentan un alto coeficiente de variación que sobrepasan el 50%, lo que nos permite determinar que existe heterogeneidad en el crecimiento del área basal y volumen, debido a la competencia que presentan las plantas por luz, agua y nutrientes, lo que influye en el rendimiento del volumen

en madera, con relación a la plantación de 13 y 19 años con una baja densidad, en las que se han realizado raleos y podas, presentan un bajo coeficiente de variación que no sobrepasan el 10%, lo que nos indica homogeneidad en crecimiento del área basal y volumen.

Covarianza y el coeficiente de correlación entre la altura, diámetro, área basal y volumen.

**CUADRO N° 14. COVARIANZA Y COEFICIENTE DE CORRELACION**

Variable	DAP / ALT	EDAD / ALT	EDAD / DAP	AB / VOL
COV	105,71	52,88	77,76	1924,33
<i>r</i>	0,99	0,99	1,00	1,00

**Fuente:** Datos PPM

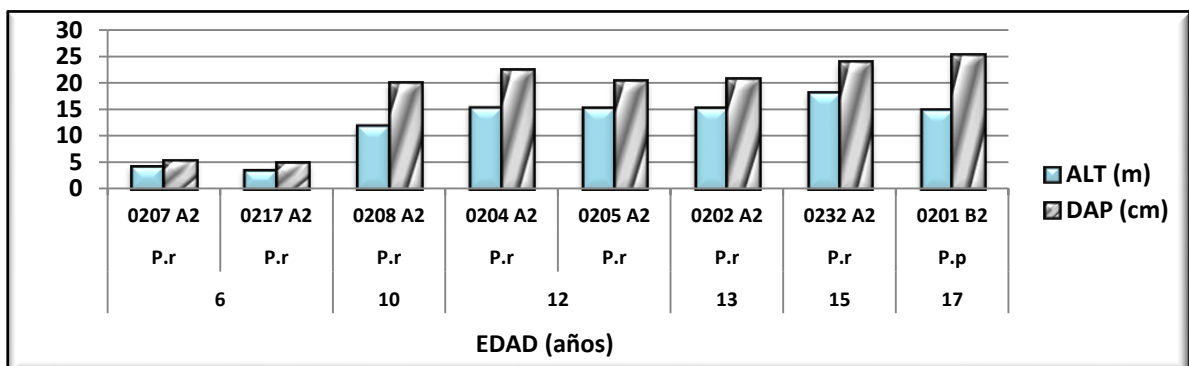
Según el cuadro la covarianza es positiva en todas las asociaciones, es consistente que los mayores diámetros tienden a estar asociados con la mayor altura y edad, las mayores alturas tienden estar asociadas con la mayor edad, de igual forma los mayores volúmenes están asociados con las mayores aéreas basales.

Con el coeficiente de correlación igual a “uno”; se puede afirmar que los datos diámetro-altura, edad-altura, edad-diámetro, área basal-volumen, presentan una asociación perfecta.

### c. Variables cuantitativas a los 3300 m.s.n.m.

En este rango altitudinal se encuentran plantaciones de *Pinus pátula* de 3 y 17 años y *Pinus radiata* de 1, 4, 6, 10, 12, 13 y 15 años de edad.

#### 1) Altura y DAP promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*



**GRAFICO N° 12: ALTURA Y DIAMETRO PROMEDIO**

CUADRO N° 15. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	ALT prom (m)						DAP prom (cm)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
1	P.radiata	0229 A2	1787	0,35	0,82	1,30	0,04	0,20	24,05	-	-	-	-	-	-
3	P.pátula	0218 A2	1525	0,30	1,47	2,80	0,23	0,47	32,28	-	-	-	-	-	-
	P.pátula	0230 A2	1373	0,25	0,92	2,00	0,13	0,37	39,52	-	-	-	-	-	-
4	P.radiata	0221 A2	1355	0,30	1,63	3,05	0,27	0,52	31,83	-	-	-	-	-	-
6	P.radiata	0207 A2	1460	1,10	4,36	8,90	2,30	1,52	34,81	2,00	5,37	14,00	6,62	2,57	47,92
	P.radiata	0217 A2	1260	1,35	3,63	6,50	0,99	1,00	27,46	1,00	4,95	10,00	4,53	2,13	42,99
10	P.radiata	0208 A2	620	6,75	11,99	14,50	2,00	1,41	11,80	10,00	20,10	32,00	17,90	4,23	21,05
12	P.radiata	0204 A2	720	7,75	15,41	18,75	3,76	1,94	15,59	8,00	22,53	35,00	27,20	5,22	23,15
	P.radiata	0205 A2	660	8,50	15,37	19,00	4,52	2,13	13,84	10,00	20,47	35,00	29,56	5,44	26,56
13	P.radiata	0202 A2	553	9,75	15,34	19,75	4,53	2,13	13,88	13,00	20,82	34,00	32,03	5,66	27,18
15	P.radiata	0232 A2	600	8,00	18,22	26,00	11,66	3,42	18,74	6,00	23,94	42,00	53,53	7,32	30,56
17	P.pátula	0201 B2	767	5,25	14,99	18,00	4,24	2,06	13,74	18,00	25,32	34,00	9,22	3,04	11,99

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro anterior las plantaciones de *Pinus radiata* de 10, 12, 13 y 15 años y *Pinus pátula* de 17 años con una baja densidad, en las que se han realizado raleos y podas, presentan un bajo coeficiente de variación en altura de un 11.80% a 18.74% y diámetro de un 11.99% a 27.88%, lo cual nos permite determinar homogeneidad en el crecimiento en altura y diámetro, con relación a las plantaciones de *Pinus radiata* de 1, 4 y 6 años y *Pinus pátula* de 3 años con una alta densidad, debido a que no se han realizado raleos y podas, presentan un alto coeficiente de variación en altura de 24.05% a 39.52% y diámetro de 42.99% a 47.92%, estos valores nos permiten observar heterogeneidad en el crecimiento en altura y diámetro. Esta variación en crecimiento tanto en altura como en diámetro se debe a la alta densidad de

árboles que presentan las plantaciones, lo que permite que exista mayor competitividad entre los mismos en cuanto a espacio, por tanto habrá mayor competencia por agua, luz, espacios radiculares y nutrientes creando un ambiente de estrés en las plantas y disminuyendo el crecimiento diametral.

En este rango también existen plantaciones con orígenes genéticos de otros países, por lo cual podría influir en el crecimiento por su capacidad de adaptación a nuestras condiciones climáticas, esto se observa en la plantación de 3 años de *Pinus pátula* subrodal 0218 A2 de origen genético de Cotopaxi, la cual presenta un mejor promedio en altura de 1.47 m., con relación al subrodal 0230 A2 de origen genético de Sudáfrica que presenta un bajo promedio en altura de 0.92 m. Otro ejemplo se puede observar en la plantación de *Pinus radiata* de 6 años subrodal 0207 A2 de origen genético de Chile, presenta un mejor promedio en altura de 4.36 m., con relación al subrodal 0217 A2 de origen genético de Cotopaxi el cual presenta un bajo promedio en altura de 3.63 m.

## 2) Área basal y volumen promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

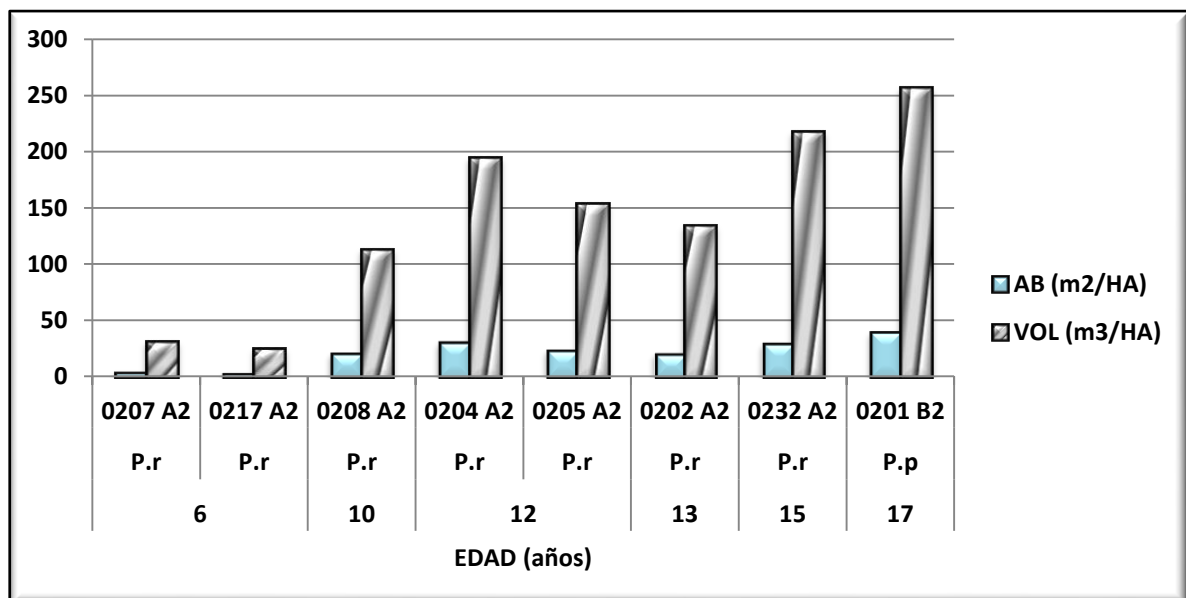


GRAFICO N° 13: ÁREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO POR HECTAREA

Fuente: Datos PPM

CUADRO N<sup>o</sup> 16. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	Área Basal (m <sup>2</sup> / HA)						Volumen (m <sup>3</sup> / HA)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
6	P.radiata	0207 A2	1460	2,06	4,15	6,95	6,34	2,52	60,69	14,95	30,93	48,39	281,16	16,77	54,21
	P.radiata	0217 A2	1260	1,88	2,91	4,14	1,30	1,14	39,23	22,54	24,29	34,50	89,52	9,46	38,95
10	P.radiata	0208 A2	620	14,00	20,54	25,82	36,12	6,01	29,26	72,12	112,92	141,05	1094,44	33,08	29,30
12	P.radiata	0204 A2	720	27,33	30,21	34,99	17,37	4,17	13,80	167,78	194,32	222,67	755,59	27,49	14,15
	P.radiata	0205 A2	660	21,36	23,24	25,81	5,30	2,30	9,91	146,02	153,42	162,34	68,30	8,26	5,39
13	P.radiata	0202 A2	553	14,79	20,20	26,66	36,04	6,00	29,72	88,85	134,07	186,42	2418,11	49,17	36,68
15	P.radiata	0232 A2	600	23,58	29,17	35,72	37,57	6,13	21,01	165,61	218,11	268,20	2635,35	51,34	23,54
17	P.pátula	0201 B2	767	37,46	39,14	40,79	2,76	1,66	4,25	245,16	256,88	266,71	118,71	10,90	4,24

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos la plantación de *Pinus radiata* de 6 años, con una alta densidad, debido a que no se ha realizado raleos y podas, presenta un alto coeficiente de variación de 39.23% a 60.69% en área basal y en volumen 38.95% a 54.21% lo que nos permite determinar heterogeneidad en el crecimiento en área basal y volumen, con relación a la plantación de *Pinus radiata* de 10, 12, 13 y 15 años y *Pinus pátula* de 17 años con una baja densidad, debido a que se ha realizado raleos y podas, presentan un bajo coeficiente de variación del área basal de 9.91% a 29.72% y en volumen de 4.24% a 29.30%, estos valores nos permiten determinar homogeneidad en el crecimiento del área basal y volumen, lo que nos indica que las actividades de raleos y podas permite tener un mejor rendimiento de volumen en madera.

Covarianza y el coeficiente de correlación entre la altura, diámetro, área basal y volumen.

CUADRO N° 17. COVARIANZA Y COEFICIENTE DE CORRELACION

Variable	DAP / ALT	EDAD / ALT	EDAD / DAP	AB / VOL
COV	34,23	16,73	25,72	1094,12
<i>r</i>	0,94	0,87	0,91	0,92

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro la covarianza es positiva en todas las asociaciones, es consistente que los mayores diámetros tienden a estar asociados con la mayor altura y edad, las mayores alturas tienden estar asociadas con la mayor edad, de igual forma los mayores volúmenes están asociados con las mayores aéreas basales.

Con el coeficiente de correlación es alto muy cercano a uno, se puede afirmar que los datos diámetro-altura, edad-altura, edad-diámetro, área basal-volumen, presentan una buena asociación.

#### d. Variables cuantitativas a los 3400 m.s.n.m.

En este rango altitudinal se encuentran plantaciones de *Pinus pátula* de 5, 6 y 16 años y *Pinus radiata* de 6, 12, 13, 16 y 20 años de edad.

##### 1) Altura y DAP promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

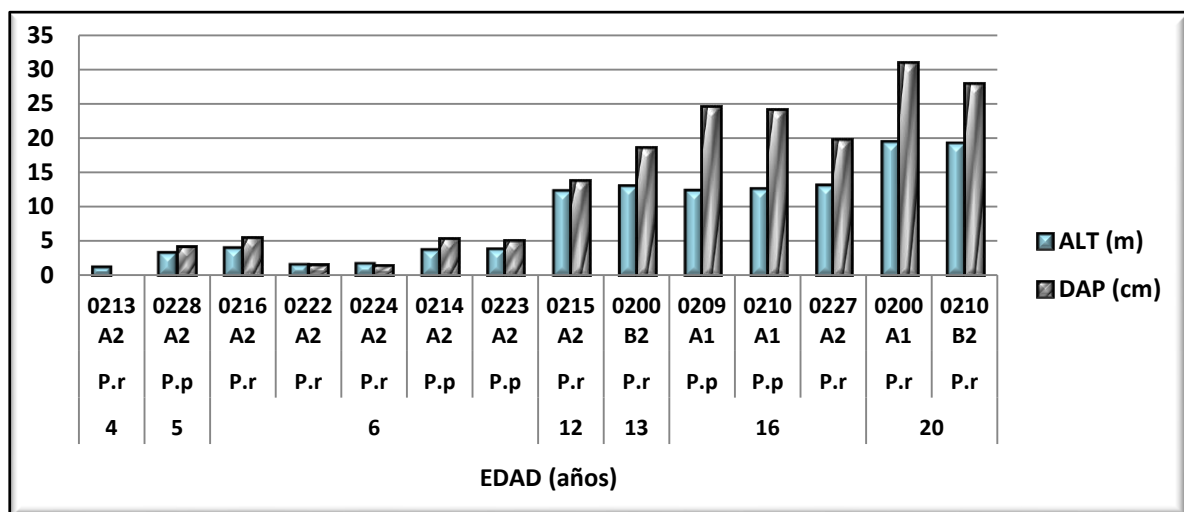


GRAFICO N° 14: ALTURA Y DIAMETRO PROMEDIO

Fuente: Datos PPM

CUADRO N<sup>o</sup> 18. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	ALT prom (m)						DAP prom (cm)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
4	P.radiata	0213 A2	1467	0,30	1,31	2,40	0,19	0,44	33,55	-	-	-	-	-	-
5	P.pátula	0228 A2	1473	1,15	3,42	5,25	0,58	0,76	22,24	1,00	4,08	8,00	1,97	1,40	34,42
6	P.radiata	0216 A2	1415	1,40	4,10	7,70	1,38	1,18	28,69	1,00	5,40	13,00	4,33	2,08	38,56
	P.radiata	0222 A2	1107	1,00	1,71	7,10	1,93	1,39	81,15	1,00	1,43	10,00	5,38	2,32	162,17
	P.radiata	0224 A2	1560	1,00	1,84	4,75	0,83	0,91	49,53	1,00	1,41	6,00	1,84	1,36	96,11
	P.pátula	0214 A2	1260	1,80	3,83	6,15	0,50	0,71	18,46	1,00	5,33	8,00	1,93	1,39	26,05
	P.pátula	0223 A2	1493	1,10	3,93	8,80	1,10	1,05	26,63	2,00	4,98	9,00	2,81	1,68	33,64
12	P.radiata	0215 A2	1120	5,00	12,45	19,00	9,32	3,05	24,53	7,00	13,80	34,00	36,03	6,00	43,49
13	P.radiata	0200 B2	727	7,00	13,15	17,25	4,98	2,23	16,97	8,00	18,64	41,00	40,99	6,40	34,35
16	P.pátula	0209 A1	740	9,00	12,54	17,00	2,12	1,45	11,60	14,00	24,58	38,00	15,08	3,88	15,80
	P.pátula	0210 A1	773	3,00	13,00	21,50	10,69	3,27	25,15	17,00	24,09	41,00	12,33	3,51	14,58
	P.radiata	0227 A2	973	5,25	12,88	19,75	7,32	2,70	21,00	6,00	19,70	46,00	49,52	7,04	35,72
20	P.radiata	0200 A1	607	5,25	19,53	28,50	18,55	4,31	22,06	13,00	30,97	50,00	77,56	8,81	28,44
	P.radiata	0210 B2	553	13,50	19,36	25,00	7,40	2,72	14,06	13,00	27,96	48,00	61,25	7,84	27,99

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro anterior se observa que las plantaciones de *Pinus radiata* de 4, 6 y 12 años presentan un alto coeficiente de variación en altura de 24.53% a 81.15% y diámetro de 38.56% a 96.11%, lo cual nos permite determinar que presenta heterogeneidad en el crecimiento en altura y diámetro, con relación a la plantación de *Pinus pátula* de 5 y 6 años que presenta un bajo coeficiente de variación en altura de 18.46% a 26.63% y diámetro de 26.05% a 34.42%, estos valores nos permite determinar que presentan homogeneidad en el crecimiento en altura y diámetro. Lo que nos indica que el *Pinus pátula* presenta más homogeneidad en crecimiento

en altura y diámetro en plantaciones con una alta densidad y sin actividad de raleos y podas, en relación al *Pinus radiata* que en estas condiciones su crecimiento en altura y diámetro es más heterogéneo.

En plantaciones de *Pinus radiata* de 13, 16 y 20 años y *Pinus pátula* de 16 años, en la que se han realizado raleos y podas, el *Pinus pátula* presenta un bajo coeficiente de variación de un 11.60% a 25.15% en altura y diámetro de 14.58% a 15.80%, lo que permite determinar homogeneidad en el crecimiento, con relación a *Pinus radiata* que presenta un alto coeficiente de variación en altura de 14.06% a 22.06% y diámetro de 27.99% a 35.72%, determinando un crecimiento heterogéneo en altura y diámetro. Estos valores nos indican que el crecimiento en altura y diámetro en plantaciones *Pinus pátula* es más homogéneo, con respecto a plantaciones de *Pinus radiata*.

2) Área basal y volumen promedio en *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

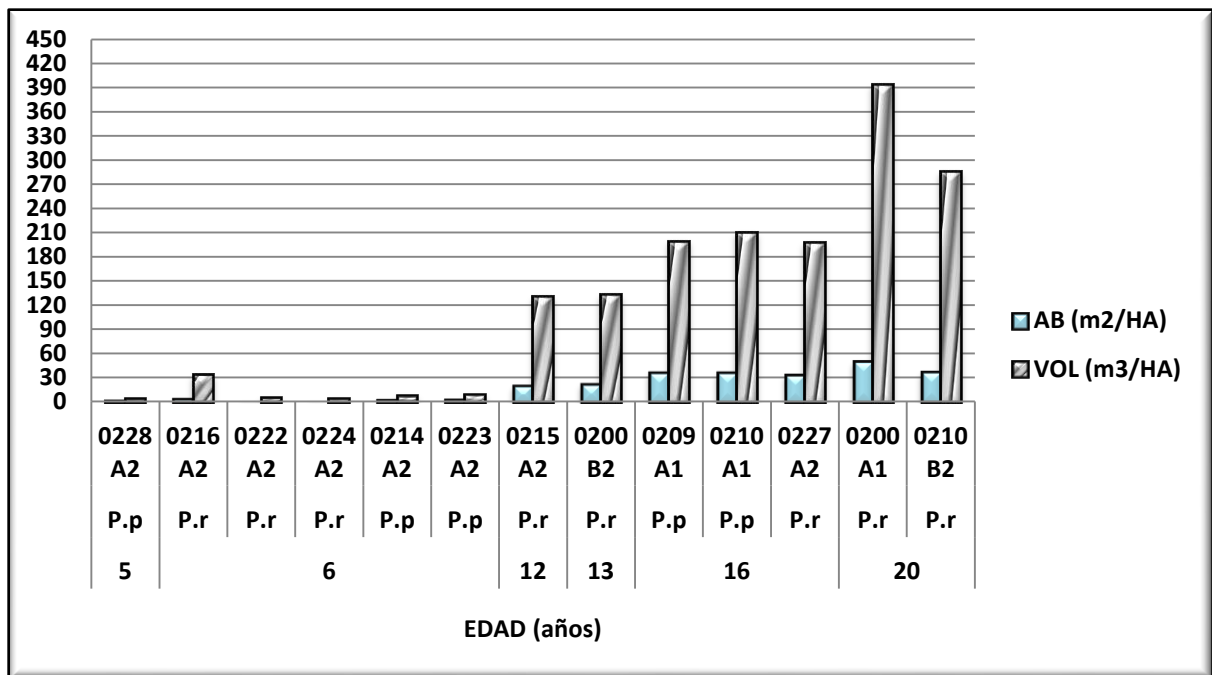


GRAFICO N° 15: AREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO POR HECTAREA  
Fuente: Datos PPM



CUADRO N<sup>o</sup> 19. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	Área Basal (m <sup>2</sup> / HA)						Volumen (m <sup>3</sup> / HA)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
5	<i>P.pátula</i>	0228 A2	1473	1,66	2,18	2.82	0,35	0,59	27,21	2,05	3,89	5,57	3,12	1,77	45,41
6	<i>P.radiata</i>	0216 A2	1415	2,93	4,01	5.31	0,97	0,99	24,62	22,40	32,82	43,23	85,11	9,23	28,11
	<i>P.radiata</i>	0222 A2	1107	0,42	0,67	1.44	0,47	0,69	102,58	0,64	4,86	10,23	23,95	4,89	100,69
	<i>P.radiata</i>	0224 A2	1560	0,45	0,63	1.04	0,13	0,36	56,93	2,44	4,30	6,14	3,42	1,85	42,99
	<i>P.pátula</i>	0214 A2	1260	2,73	3,15	3.64	0,21	0,46	14,55	5,78	7,25	8,21	1,67	1,29	17,81
	<i>P.pátula</i>	0223 A2	1493	2,02	3,28	5.72	4,47	2,11	64,43	2,71	8,75	19,54	87,84	9,37	107,11
12	<i>P.radiata</i>	0215 A2	1120	18,43	19,90	20.93	1,70	1,31	6,56	114	130,24	138	179,24	13,39	10,28
13	<i>P.radiata</i>	0200 B2	727	16,33	22,14	25.82	25,96	5,09	23,01	96,56	133,19	154	1017	31,91	23,95
16	<i>P.pátula</i>	0209 A1	740	31,58	35,96	40.04	17,93	4,23	11,78	168	199,18	238	1270	35,64	17,90
	<i>P.pátula</i>	0210 A1	773	29,23	35,99	45.53	72,21	8,50	23,61	146	209,21	330	11046	105,10	50,24
	<i>P.radiata</i>	0227 A2	973	28,30	33,33	38.55	26,33	5,13	15,39	182	196,96	208	167	12,94	6,57
20	<i>P.radiata</i>	0200 A1	607	46,61	49,35	52.71	9,58	3,09	6,27	378	393,20	413	339	18,43	4,69
	<i>P.radiata</i>	0210 B2	553	34,23	36,60	41.17	15,67	3,96	10,82	261	285,15	329	1620	40,25	14,12

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos las plantaciones de *Pinus pátula* de 5 y 6 años y *Pinus radiata* de 6 y 12 años tienen una alta densidad, debido a que no se han realizado raleos y podas, presentan un alto coeficiente de variación. Mostrando la plantación de *Pinus pátula* un coeficiente de variación del área basal de 14.55% a 64.43% y volumen de 17.81% a 107.11% y *Pinus radiata* muestra un coeficiente de variación del área basal de 6.56% a 102.58% y volumen de 10.28% a 100.69%, lo que nos permite determinar que existe un crecimiento heterogéneo del área basal y volumen, con relación a las plantaciones de *Pinus pátula* de 16 años y *Pinus radiata* de 13, 16 y 20 años, con una baja densidad, en las que se

han realizado raleos y podas, presentan un bajo coeficiente de variación, así la plantación de *Pinus pátula* presenta un coeficiente de variación del área basal de 11.78% a 23.61% y volumen de 17.90% a 50.24% y en *Pinus radiata* un coeficiente de variación del área basal de 6.27% a 23.01% y volumen de 4.69% a 23.95%, estos valores nos permite decir que hay homogeneidad en el crecimiento del área basal y volumen. Lo que nos indica la importancia de realizar actividades de raleos y podas, para obtener un mejor volumen de madera.

Covarianza y coeficiente de correlación entre la altura, diámetro, área basal y volumen.

**CUADRO N° 20. COVARIANZA Y COEFICIENTE DE CORRELACION**

Variable	ALT / DAP	EDAD / ALT	EDAD / DAP	AB / VOL
COV	58,31	34,29	56,15	1708,64
<i>r</i>	0,96	0,98	0,98	0,94

**Fuente:** Datos PPM

Según el cuadro la covarianza es positiva en todas las asociaciones, es consistente que los mayores diámetros tienden a estar asociados con la mayor altura y edad, las mayores alturas tienden estar asociadas con la mayor edad, de igual forma los mayores volúmenes están asociados con las mayores áreas basales.

Con el coeficiente de correlación es alto muy cercano a uno, se puede afirmar que los datos diámetro-altura, edad-altura, edad-diámetro, área basal-volumen, presentan una buena asociación.

**e. Variables cuantitativas a los 3500 m.s.n.m.**

En este rango altitudinal se encuentran plantaciones de *Pinus pátula* de 16 y 19 años de edad

1) **Altura y DAP promedio en *Pinus pátula***

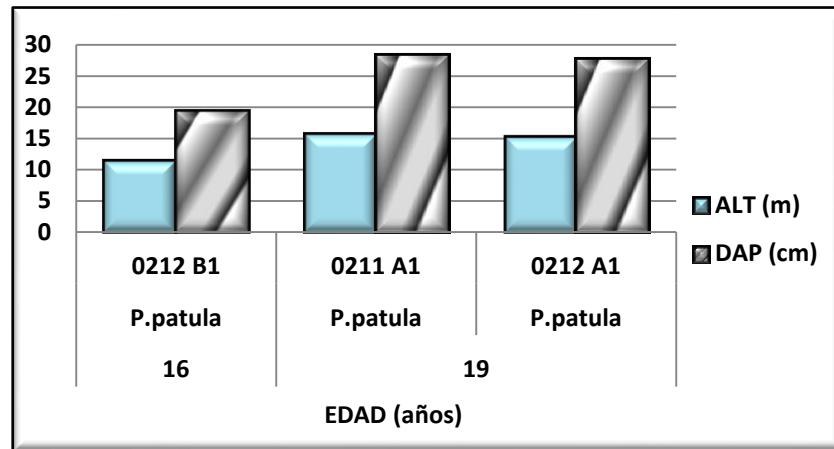


GRAFICO N° 16: ALTURA Y DIAMETRO PROMEDIO

Fuente: Datos PPM

CUADRO N° 21. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	ALT prom (m)						DAP prom (cm)					
				min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V	min	prom	max	S <sup>2</sup>	S	C.V
16	P.pátula	0212 B1	1300	3,50	11,53	14,50	2,39	1,55	13,40	3,00	19,48	29,00	15,30	3,91	20,08
19	P.pátula	0211 A1	793	5,00	15,78	18,50	2,81	1,68	10,63	18,00	28,48	40,00	18,15	4,26	14,96
	P.pátula	0212 A1	780	6,25	15,31	18,50	2,96	1,72	11,24	9,00	27,82	40,00	25,34	5,03	18,09

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de estadísticos descriptivos la plantación de 16 años presenta un coeficiente de variación de 13.40% en altura y 20.08% en diámetro y la plantación de 19 años presenta un coeficiente de variación de 10.94% en altura y 16.53% en diámetro, estos porcentajes nos permite determinar que existe un crecimiento homogéneo en altura y diámetro en estas dos edades, debido a que presentan un bajo porcentaje en el coeficiente de variación.

Se puede apreciar que la plantación de 16 años muestra una alta densidad, debido a que no se ha realizado un manejo adecuado (raleos y podas), lo que hace que exista competencia por luz, agua y nutrientes entre los árboles generando un crecimiento heterogéneo, pero según los

valores del coeficiente de variación, esta plantación ha demostrado un crecimiento homogéneo en altura y diámetro.

## 2) Área basal y volumen promedio en *Pinus pátula*

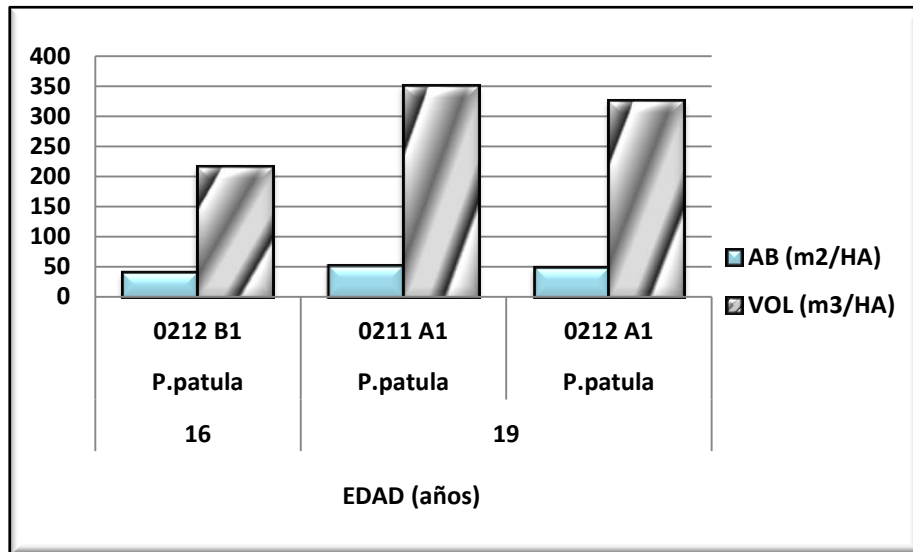


GRAFICO N° 17: AREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO POR HECTAREA

Fuente: Datos PPM

## CUADRO N° 22. ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS *Pinus pátula*

Edad (años)	Especie	Sub rodal	No Árboles	Área Basal (m² / HA)						Volumen (m³ / HA)					
				min	prom	max	S²	S	C.V	min	prom	max	S²	S	C.V
16	P.pátula	0212 B1	1300	34,74	40,29	46,79	36,93	6,08	15,08	192,50	215,99	241,68	608,38	24,67	11,42
19	P.pátula	0211 A1	793	45,56	51,63	58,06	39,13	6,26	12,12	294,12	350,98	402,99	2980,84	54,60	15,56
	P.pátula	0212 A1	780	45,15	48,93	52,42	13,28	3,64	7,45	299,22	325,12	354,14	761,13	27,59	8,49

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro anterior en la plantación de 16 años presenta un coeficiente de variación de 15.08% en área basal y 11.42% en volumen, mientras que la plantación de 19 años presenta un coeficiente de variación de 7.45% a 12.12% en área basal y 8.49% a 15.56% en volumen, estos porcentajes nos permite determinar que el crecimiento del área basal y volumen en la

plantación de 8 y 16 años presenta homogeneidad, por tener un bajo porcentaje en el coeficiente de variación.

El coeficiente de variación nos permite observar el grado de dispersión que existe con respecto a la media muestral, a mayor valor del C.V mayor dispersión o heterogeneidad de los valores de la variable y a menor C.V mayor homogeneidad en el valor de la variable con relación a la media.

Estos porcentajes nos indican que el *Pinus pátula* se adapta mejor a estas condiciones climáticas a mayor altura, por presentar según los resultados un crecimiento homogéneo en estas plantaciones.

Covarianza y coeficiente de correlación entre la altura, diámetro, área basal y volumen.

**CUADRO N° 23. COVARIANZA Y COEFICIENTE DE CORRELACION**

Variable	ALT / DAP	EDAD / ALT	EDAD / DAP	AB / VOL
<b>COV</b>	17,38	6,01	13,01	609,69
<i>r</i>	1,00	1,00	1,00	1,00

**Fuente:** Datos PPM

Según el cuadro la covarianza es positiva en todas las asociaciones, es consistente que los mayores diámetros tienden a estar asociados con la mayor altura y edad, las mayores alturas tienden estar asociadas con la mayor edad, de igual forma los mayores volúmenes están asociados con las mayores áreas basales.

Con el coeficiente de correlación igual a “uno”, se puede afirmar que los datos diámetro-altura, edad-altura, edad-diámetro, área basal-volumen, presentan una asociación perfecta.

### **1. Variabes cualitativas**

Según Zannotti y Galloway, en las plantaciones forestales, muchos árboles presentan defectos graves como: ejes dobles (bifurcados), ejes múltiples, eje principal con elongaciones escarpadas (cola de zorro), ejes torcidos, plagas, enfermedades y árboles suprimidos.

a. Variables cualitativas a los 3150 m.s.n.m.

CUADRO N° 24. DEFECTOS DE *Pinus radiata*

DEFECTOS		EDAD (años)	
Código	Descripción	6	8
		0235 A2	0237 B1
		P.R (%)	P.R (%)
1	Bifurcado	4	4
2	Torcido	17	-
7	Cola de zorro	7	4
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>8</b>

Fuente: Datos PPM

Según del cuadro de anterior la plantación de 6 años presenta un alto porcentaje de árboles con defectos con un total de 28%, esto debido a que no se ha realizado raleos y podas, lo que ocasiona que exista mayor número de árboles con mal formaciones, con relación a la plantación de 8 años en la que se ha realizado los manejos necesarios para disminuir los porcentajes de árboles con defectos y mejorar su desarrollo.

b. Variables cualitativas a los 3200 m.s.n.m.

CUADRO N° 25. DEFECTOS DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

DEFECTOS		EDAD (años)							
Código	Descripción	3	4	5			6	13	19
		0233 B2	0238 A2	0203 A2	0219 A2	0220 A2	0234 A2	0201 D2	0202 B1
		P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)
1	Bifurcado	11	2	1	1	5	7	8	14
2	Torcido	15	-	14	9	2	9	4	5
7	Cola de zorro	-	-	8	2	-	1	-	-
	<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>19</b>

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro anterior las plantaciones de 3 a 6 años, en que no se han realizado actividades de raleos y podas, no presentan mayores porcentajes de árboles con defectos, siendo las más predominantes las plantaciones de *Pinus radiata* de 4 años con un 2% y *Pinus pátula* de 5

años subrodal 0220 A2 con un 7%, las que muestran un mínimo porcentaje de árboles con mal formaciones, en la cuales a futuro con un manejo adecuado permitiría eliminar todos los árboles con defectos.

Las torceduras y bifurcaciones afectan la calidad de la madera al momento del aprovechamiento de la misma para aserrío. Para Zobel, las características de la forma y calidad en los árboles forestales tienden a ser ampliamente heredables y menos afectadas por el ambiente que las características de crecimiento.

### c. Variables cualitativas a los 3300 m.s.n.m.

**CUADRO N° 26. DEFECTOS DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata***

DEFECTOS		EDAD (años)												
Código	Descripción	1	3			4	6		10	12		13	15	17
		0229 A2	0218 A2	0230 A2	0221 A2	0207 A2	0217 A2	0208 A2	0204 A2	0205 A2	0202 A2	0232 A2	0201 B2	
		P.R (%)	P.P (%)	P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.P (%)	
1	Bifurcado	15	1	4	9	1	3	6	14	6	7	7	8	
2	Torcido	2	1	17	19	5	11	3	8	6	4	13	3	
7	Cola de zorro					11	2							
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro anterior en las plantaciones de 1 a 6 años en las que aun no se ha realizado ningún tipo de manejo (raleos y podas), se observa que la plantación de *Pinus pátula* de 3 años subrodal 0218 A2 presenta un bajo porcentaje de árboles con bifurcaciones y torceduras con un 2% con relación a la plantación de *Pinus radiata* de 4 años que presenta un alto porcentaje 21% de árboles con defectos. En las plantaciones mayores a 10 años en las cuales ya se han efectuado actividades de raleos y podas aun presentan porcentajes de árboles con defectos similares a las plantaciones menores de 10 años, presentando un alto porcentaje de árboles con mal formaciones la plantación de 12 años subrodal 0204 A2 y un bajo porcentaje la plantación de *Pinus radiata* de 10 años de edad.

d. Variables cualitativas a los 3400 m.s.n.m.

CUADRO N° 27. DAÑOS Y DEFECTOS DE *Pinus pátula* y *Pinus radiata*

DEFECTOS		EDAD (años)													
Código	Descripción	4	5	6					12	13	16			20	
		0213 A2	0228 A2	0216 A2	0222 A2	0224 A2	0214 A2	0223 A2	0215 A2	0200 B2	0209 A1	0210 A1	0227 A2	0200 A1	0210 B2
		P.R (%)	P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.P (%)	P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.P (%)	P.P (%)	P.R (%)	P.R (%)	P.R (%)
1	Bifurcado	11	7	4	11	13	2	12	9	17	16	23	31	16	14
2	Torcido	10	3	7	18	19	6	5	18	6	5	10	4	26	11
7	Cola de zorro			4	2	3									
	TOTAL	21	10	11	29	32	8	17	27	23	21	33	35	42	25

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de defectos las plantaciones mayores a 12 años, en las que se han realizado raleos y podas, presentan altos porcentajes de árboles con bifurcaciones y torceduras, con relación a las plantaciones menores a 6 años en las que no se han realizado ningún tipo de actividad de raleos y podas, presentan porcentajes similares de árboles con defectos a las plantaciones mayores de 12 años. Además se observa que la plantación de *Pinus pátula* de 6 años subrodal 0214 A2 presenta un bajo porcentaje de árboles con mal formaciones, lo que nos indica que en esta plantación en el primer manejo que se le realice, se obtendrá a futuro árboles sin defectos y de buena calidad.

e. Variables cualitativas a los 3500 m.s.n.m.

CUADRO N° 28. DAÑOS Y DEFECTOS DE *Pinus pátula*

DEFECTOS		EDAD (años)		
Código	Descripción	16	19	
		0212 B1	0211 A1	0212 A1
		P.P (%)	P.P (%)	P.P (%)
1	Bifurcado	20	28	41
2	Torcido	8	8	13
	TOTAL	28	36	54

Fuente: Datos PPM

Según el cuadro de defectos se observa que árboles con bifurcación y árboles torcidos están presentes en las dos edades, presentando mayores porcentajes de árboles bifurcados y torcidos



la plantación de *Pinus pátula* de 19 años subrodal 0212 A1. Todos los árboles con mal formaciones que se aproveche en el raleo de las plantaciones, servirá como materia prima para la elaboración de aglomerados.

Después del análisis por rango altitudinal es evidente que tanto plantaciones manejadas y las no manejadas, presentan un similar porcentaje de árboles con defectos, lo que nos indica que las plantaciones aun no manejadas estarán en buenas condiciones después de un primer releo, debido a que no presentan un alto porcentaje de árboles con mal formaciones, lo cual a futuro se podrá aprovechar madera de calidad, tanto para aserrío como para la elaboración de MDF que requiere madera en buenas condiciones.

### 3. Variables de crecimiento

Como se puede observar en el cuadro 25 existe variabilidad en el incremento entre subrodiales de la misma edad y edades distintas.

CUADRO N° 29. INCREMENTO MEDIO ANUAL *Pinus radiata*

EDAD (años)	ALTITUD (m.s.n.m)	SUB RODAL	DENSIDAD	IMA-ALT (m)	IMA-DAP (cm)	IMA-VOL (m <sup>3</sup> /ha/año)
4	3200	0238 A2	1633	0,67	-	-
	3300	0221 A2	1355	0,41	-	-
	3400	0213 A2	1467	0,33	-	-
5	3200	0203 A2	1773	0,66	0,85	5,60
		0219 A2	1707	0,50	0,51	1,35
6	3150	0235 A2	1627	0,79	1,03	5,24
	3200	0234 A2	1767	0,52	0,68	3,17
	3300	0207 A2	1460	0,73	0,90	5,16
		0217 A2	1260	0,61	0,83	4,05
	3400	0216 A2	1415	0,68	0,90	5,47
		0222 A2	1107	0,29	0,24	0,81
		0224 A2	1560	0,31	0,24	0,72
8	3150	0237 B1	980	1,53	2,04	15,53
10	3300	0208 A2	620	1,20	2,01	11,29
12	3300	0204 A2	720	1,28	1,88	16,19
		0205 A2	660	1,28	1,71	12,79
	3400	0215 A2	1120	1,04	1,15	10,85
13	3200	0201 D2	513	1,19	1,49	8,43
	3300	0202 A2	553	1,18	1,60	10,31
		0200 B2	727	1,01	1,43	10,25
15	3300	0232 A2	600	1,21	1,60	14,54
16	3400	0227 A2	973	0,83	1,23	12,31
19	3200	0202 B1	427	1,13	1,69	16,50
20	3400	0200 A1	607	0,98	1,55	19,66
		0210 B2	553	0,97	1,40	14,26

Fuente: Datos PPM

En el cuadro se observa que la mayor parte de los subrodiales de las plantaciones mayores de 4 años hasta 8 años en las que no se han realizado raleos y podas a acepción de la plantación de 8 años que si se ha realizado podas, presentan bajos IMAs en altura, diámetro y volumen comparados con los IMAs de las plantaciones mayores de 10 años de edad.

Unos de los factores que posiblemente influyen en el incremento en altura y diámetro son las altas densidades que presentan las plantaciones, la altura es una de las variables que está influenciada por la densidad. Esto se ejemplifica en el cuadro 25 el efecto que tiene la densidad con respecto al incremento en altura, se observa que la plantación de 6 años subrodal 0235 A2 con una baja densidad (1627 arb/ha) presenta un mejor incremento en altura (0.79 m/año) con relación al subrodal 0234 A2 con una alta densidad (1767 arb/ha) que presenta un bajo incremento en altura (0.52 m/año), lo que concuerda con lo que menciona KLEPAC, 1983 que dice “que existe una tendencia a la reducción del incremento en altura en las plantaciones excesivamente densas”.

El comportamiento que presenta el incremento en diámetro se debe a los mismos factores que afecta a la altura según KLEPAC, 1983, nos indica que a mayor densidad menor es el incremento en diámetro, como se puede ejemplificar con la plantación de 13 años subrodal 0202 A2 con un número reducido de árboles (553 arb/ha) el cual posee un IMA en diámetro 1.60 cm/año comparado con el subrodal 0200 B2 que presenta un número superior de árboles (727 arb/ha) y un IMA en diámetro inferior al anterior subrodal de 1.43 cm/año, esto debido probablemente que el número de árboles vivos del primer subrodal es mucho menor, lo que explica de mejor manera que existe mayor disponibilidad de nutrientes, espacio radicular, agua y luz para el crecimiento adecuado de la especie.

El incremento en volumen también está influenciado por la densidad de los árboles, es decir a mayor densidad menor es el volumen de los árboles, mientras que a menor densidad mayor es el volumen de los árboles, lo que se observa con el comportamiento que manifiesta la plantación de 16 años de edad donde existe una mayor densidad de 973 árboles vivos por hectárea y un IMA en volumen de 12.31 m<sup>3</sup>/ha, con respecto a la plantación de 15 años donde la densidad es menor, 600 árboles vivos por hectárea pero concentra un mayor volumen 14.54 m<sup>3</sup>/ha, este fenómeno es confirmado por KLEPAC, 1983 que menciona que dicha característica especialmente de la posición y el espacio ocupado por el árbol en la masa. Es decir que árboles que crecen bajo condiciones de alta densidad no puede desarrollar de una manera satisfactoria, tanto su sistema radicular como su copa por lo que su incremento disminuye.

Otro factor importante que podría influir en el incremento en altura, diámetro y volumen es el rango altitudinal en el que se encuentran las plantaciones, esto se puede observar en la plantación de 8 años que se encuentra a 3150 m.s.n.m. que presenta un IMA en altura de 1.53 m/año, IMA en diámetro de 2.04 cm/año y un IMA en volumen de 15,53 m<sup>3</sup>/ha, con relación a la plantación de 16 años que se encuentra a 3400 m.s.n.m. donde existe un menor IMA en altura de 0.83 m/año, IMA en diámetro de 1.23 cm/año y un IMA en volumen de 12.31 m<sup>3</sup>/año, ambas edades con igual densidad, este comportamiento con cuerda lo que menciona la pagina web: [www.fao.org/docrep/e77730s/e7730sOS.htm](http://www.fao.org/docrep/e77730s/e7730sOS.htm) (Consultado Marzo 2012), que manifiesta que la característica local más importante que afecta a la rapidez del crecimiento de *Pinus radiata* En el Ecuador es la altura, también menciona que el crecimiento en altura disminuirá bruscamente y que *Pinus radiata* no sobrevivirá a más de 4000 m.s.n.m. lo que nos indica que esta especie no se debe plantar sobrepasado este límite.

**CUADRO N° 30. INCREMENTO MEDIO ANUAL *Pinus pátula***

EDAD (años)	ALTITUD (m.s.n.m)	SUB RODAL	DENSIDAD	IMA-ALT (m)	IMA-DAP (cm)	IMA-VOL (m <sup>3</sup> /ha/año)
3	3200	0233 B2	1480	0,38	-	-
	3300	0218 A2	1525	0,49	-	-
		0230 A2	1373	0,31	-	-
5	3200	0220 A2	1613	0,89	1,11	2,86
	3400	0228 A2	1473	0,68	0,82	0,78
6	3400	0214 A2	1260	0,64	0,89	1,21
		0223 A2	1493	0,66	0,83	1,46
16	3400	0209 A1	740	0,78	1,54	12,45
		0210 A1	773	0,79	1,51	13,08
	3500	0212 B1	1300	0,72	1,22	13,44
17	3300	0201 B2	767	0,88	1,49	14,11
19	3500	0211 A1	793	0,83	1,50	18,47
		0212 A1	780	0,81	1,46	17,11

**Fuente:** Datos PPM

En *Pinus pátula* también se observa que en plantaciones de 3 a 6 años que no se han realizado actividades de raleos y podas presentan un bajo IMAs en altura, diámetro y volumen, con relación a las plantaciones de 16, 17 y 19 años en las que se han realizado un manejo

adecuado, presentan mejores IMAs en altura, diámetro y volumen. Todas las características que pueden influenciar en el incremento en altura, diámetro y volumen, son las mismas mencionadas anteriormente en *Pinus radiata*.

Además se puede observar que la especie se adapta de la mejor manera a las condiciones climáticas que se presenta a mayor altura, sin influir en el crecimiento y desarrollo de la plantación.

#### 4. Cuadro de datos dasométricos

CUADRO N<sup>o</sup> 31. CUADRO DE DATOS DASOMETRICOS

Hacienda	Subrodal	Especie	Altitud (msnm)	Fecha de establecimiento	Fecha de medición	Edad (años)	Árboles / HA	ALT (m)	DAP (cm)	AB (m <sup>2</sup> /HA)	VOL (m <sup>3</sup> /HA)	IMA-ALT (m)	IMA-DAP (cm)	IMA-VOL (m <sup>3</sup> /año)	Defectos (%)	OBS
San Joaquín	0200 A1	P.radiata	3400	29/04/1991	13/10/2011	20	607	19,53	30,97	49,35	393,20	0,98	1,55	19,66	42	raleado
San Joaquín	0200 B2	P.radiata	3400	29/04/1998	01/06/2011	13	727	13,15	18,64	22,14	133,19	1,01	1,43	10,25	23	raleado
San Joaquín	0201 B2	P.pátula	3300	29/04/1994	02/06/2011	17	767	14,99	25,32	39,14	256,88	0,88	1,49	14,11	11	raleado
San Joaquín	0201 D2	P.radiata	3200	29/04/1998	03/06/2011	13	513	15,51	19,40	16,23	109,65	1,19	1,49	8,43	12	raleado
San Joaquín	0202 A2	P.radiata	3300	29/04/1998	30/05/2011	13	553	15,34	20,82	20,20	134,07	1,18	1,60	10,31	11	raleado
San Joaquín	0202 B1	P.radiata	3200	29/04/1992	02/06/2011	19	427	21,41	32,07	36,82	314,13	1,13	1,69	16,50	19	raleado
San Joaquín	0203 A2	P.radiata	3200	25/04/2006	06/06/2011	5	1773	3,31	4,27	3,31	28,12	0,66	0,85	5,60	23	-
San Joaquín	0204 A2	P.radiata	3300	15/01/1999	06/06/2011	12	720	15,41	22,53	30,21	194,32	1,28	1,88	16,19	22	raleado
San Joaquín	0205 A2	P.radiata	3300	15/01/1999	06/06/2011	12	660	15,37	20,47	23,24	153,42	1,28	1,71	12,79	12	raleado
San Joaquín	0207 A2	P.radiata	3300	25/04/2005	30/05/2011	6	1460	4,36	5,37	4,15	30,93	0,73	0,90	5,16	17	-
San Joaquín	0208 A2	P.radiata	3300	15/03/2001	01/06/2011	10	620	11,99	20,10	20,54	112,92	1,20	2,01	11,29	9	raleado
San Joaquín	0209 A1	P.pátula	3400	29/04/1995	31/05/2011	16	740	12,49	24,58	35,96	199,18	0,78	1,54	12,45	21	raleado
San Joaquín	0210 A1	P.pátula	3400	29/04/1995	31/05/2011	16	773	12,71	24,09	35,99	209,21	0,79	1,51	13,08	33	raleado

San Joaquín	0210 B2	P.radiata	3400	29/04/1991	18/10/2011	20	553	19,36	27,96	36,60	285,15	0,97	1,40	14,26	25	raleado
San Joaquín	0211 A1	P.pátula	3500	29/04/1992	01/06/2011	19	793	15,78	28,48	51,63	350,98	0,83	1,50	18,47	36	raleado
San Joaquín	0212 A1	P.pátula	3500	29/04/1992	01/06/2011	19	780	15,31	27,82	48,93	325,12	0,81	1,46	17,11	54	raleado
San Joaquín	0212 B1	P.pátula	3500	29/04/1995	02/06/2011	16	1300	11,53	19,48	40,29	215,99	0,72	1,22	13,44	28	-
San Joaquín	0213 A2	P.radiata	3400	25/11/2007	01/06/2011	4	1467	1,31	-	-	-	0,33	-	-	21	-
San Joaquín	0214 A2	P.pátula	3400	25/10/2005	02/06/2011	6	1260	3,83	5,33	3,15	7,25	0,64	0,89	1,21	8	-
San Joaquín	0215 A2	P.radiata	3400	15/02/1999	03/06/2011	12	1120	12,45	13,80	19,90	130,24	1,04	1,15	10,85	27	-
San Joaquín	0216 A2	P.radiata	3400	25/04/2005	08/06/2011	6	1415	4,10	5,40	4,01	32,82	0,68	0,90	5,47	11	-
San Joaquín	0217 A2	P.radiata	3300	25/11/2005	03/06/2011	6	1260	3,63	4,95	2,91	24,29	0,61	0,83	4,05	16	-
San Joaquín	0218 A2	P.pátula	3300	25/04/2008	25/05/2011	3	1525	1,47	-	-	-	0,49	-	-	2	-
San Joaquín	0219 A2	P.radiata	3200	21/11/2006	25/05/2011	5	1707	2,49	2,57	1,23	6,73	0,50	0,51	1,35	12	-
San Joaquín	0220 A2	P.pátula	3200	25/04/2006	09/06/2011	5	1673	4,46	5,67	4,61	14,29	0,89	1,11	2,86	7	-
San Joaquín	0221 A2	P.radiata	3300	25/11/2007	08/06/2011	4	1355	1,63	-	-	-	0,41	-	-	28	-
San Joaquín	0222 A2	P.radiata	3400	25/10/2005	07/06/2011	6	1107	1,71	1,43	0,67	4,86	0,29	0,24	0,81	29	-
San Joaquín	0223 A2	P.pátula	3400	25/11/2005	07/06/2011	6	1493	3,93	4,98	3,28	8,75	0,66	0,83	1,46	17	-

San Joaquín	0224 A2	P.radiata	3400	25/11/2005	07/06/2011	6	1560	1,84	1,41	0,63	4,30	0,31	0,24	0,72	32	-
San Joaquín	0227 A2	P.radiata	3400	29/04/1995	14/06/2011	16	973	13,23	19,70	33,33	196,96	0,83	1,23	12,31	35	-
San Joaquín	0228 A2	P.pátula	3400	25/02/2006	15/06/2011	5	1473	3,42	4,08	2,18	3,89	0,68	0,82	0,78	21	-
San Joaquín	0229 A2	P.radiata	3300	20/02/2010	15/06/2011	1	1787	0,82	-	-	-	-	-	-	17	-
San Joaquín	0230 A2	P.pátula	3300	24/11/2008	15/06/2011	3	1373	0,92	-	-	-	0,31	-	-	21	-
San Joaquín	0232 A2	P.radiata	3300	29/04/1996	13/10/2011	15	593	18,22	23,94	29,17	218,11	1,21	1,60	15,54	20	raleado
San Joaquín	0233 B2	P.pátula	3200	25/07/2008	14/06/2011	3	1480	1,15	-	-	-	0,38	-	-	26	-
San Joaquín	0234 A2	P.radiata	3200	25/11/2005	14/06/2011	6	1767	3,12	4,05	2,28	19,04	0,52	0,68	3,17	17	-
San Joaquín	0235 A2	P.radiata	3150	25/05/2005	26/05/2011	6	1627	4,73	6,15	5,84	43,28	0,79	1,03	5,24	28	-
San Joaquín	0237 B1	P.radiata	3150	15/12/2002	30/05/2001	8	980	12,20	16,30	21,15	124,24	1,53	2,04	15,53	8	-
San Joaquín	0238 A2	P.radiata	3200	25/11/2007	23/05/2011	3	1633	2,69	-	-	-	0,67	-	-	2	-

**Fuente:** Datos PPM



## VI. CONCLUSIONES

1. Las plantaciones tanto de *Pinus pátula* como *Pinus radiata* se encuentran dentro de los parámetros ideales de temperatura (16-18<sup>0</sup>C), no así con la precipitación que es menor (594.7-747.1 mm) en relación a lo ideal que oscila entre 800-1300 mm para *Pinus radiata* y 750-2000 mm para *Pinus pátula*.
2. En la hacienda San Joaquín los suelos en que se encuentran las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* son bajos en macronutrientes, lo cual no han permitido tener un mejor crecimiento y desarrollo de los árboles y una mayor resistencia a plagas y enfermedades.
3. El manejo (podas y raleos) en plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* han permitido un crecimiento homogéneo en altura y diámetro, en relación a plantaciones sin manejo en que su crecimiento es heterogéneo.
4. La implementación de las parcelas permanentes han permitido tener información básica que dará inicio a trabajos de investigación sobre diversas variables económicos y ecológicos de la zona de estudio.
5. De las dos especies *Pinus radiata* y *Pinus pátula* establecidas en la hacienda San Joaquín de Aglomerados Cotopaxi, esta última presenta mejores características de adaptación a mayor altura (3400-3500 m.s.n.m).

## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar análisis foliares en estas dos especies *Pinus pátula* y *Pinus radiata* que nos permita establecer que elementos se encuentran, sobre o bajo los límites de los rangos óptimos de nutrientes para un buen crecimiento y desarrollo de los árboles.
2. Monitorear y remarcar las parcelas permanentes (PPM), con la finalidad de dar seguimiento en los próximos años.
3. Dar a conocer la existencia y ubicación de las parcelas permanentes a los jefes de programas de manejo y aprovechamiento forestal con la finalidad de poderlas mantener a largo tiempo, esto evitará que las parcelas sufran algún daño.
4. Plantar *Pinus pátula* sobre la cota de los 3400 m.s.n.m., por presentar mejores características de adaptación a esa altura.
5. Realizar en la zona una investigación sobre crecimiento y desarrollo en plantaciones de diferentes procedencias.

## VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: elaborar una línea base para determinar el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de *Pinus pátula* y *Pinus radiata* en la hacienda San Joaquín de Aglomerados Cotopaxi S.A, ubicada en la parroquia Mulaló, Cantón Latacunga, Provincia de Chimborazo, se utilizó herramientas básicas para mediciones dasométricos (hipsómetro y forcípula), y el software operativo ArcGis 9.3, se determinó las condiciones climáticas y edáficas, se implementó y georeferenció 120 parcelas permanentes de muestreo de forma circular de 500 m<sup>2</sup> en 1600 ha. y se evaluó las variables cuantitativas (DAP y altura) y cualitativas (defectos) de los árboles. Como resultado, la plantación de *Pinus pátula* de 3 a 6 años con alta densidad, presentan un alto C.V en altura de 18.46 % a 45.82% y diámetro de 26.05% a 34.42%, determinando heterogeneidad en el crecimiento en las dos variables con relación a las plantaciones de 16 a 19 años con baja densidad, presentan un bajo C.V en altura de 10.63% a 25.15% y diámetro de 11.99% a 20.08%. La plantación de *Pinus radiata* de 4, 5 y 6 años con alta densidad, presentan un alto C.V en altura de 27.46% a 49.53% y diámetro de 38.56% a 55.92% determinando heterogeneidad en el crecimiento en las dos variables con relación a las plantaciones de 8 a 20 años con baja densidad, presentan un bajo C.V en altura de 10.48% a 24.53% y diámetro de 20.32% a 43.49% %. De las dos especies, la plantación de *Pinus pátula* presenta un crecimiento homogéneo en altura y diámetro y mejores características de adaptación en altura.

## **IX. SUMMARY**

This research aims to: develop a baseline for growth and development of plantations of *Pinus pátula* and *Pinus radiata* in the Hacienda San Joaquin in Cotopaxi Agglomerates S.A, located in the parish Mulaló, Latacunga Canton and province of Chimborazo, we used tools dasometric basic measurements (hypsometer and caliper), and operating software ArcGis 9.3, we determined the climatic and soil conditions, Geographical coordinates was implemented and 120 permanent sample plots of circular shape of 500 square meters in 1600 and has assessed the quantitative variables (DBH and height) and qualitative (defects) of trees. As a result the planting of *Pinus pátula* from 3 to 6 years with high density, have a high CV in height from 18.46% to 45.82% and 26.05% to diameter of 34.42%, determining heterogeneity in growth in the two variables in relation the planting of 16 to 19 years with low density, have a low CV height of 10.63% to 21.15% and 11.99% diameter to 20.08%. The *Pinus radiata* from 4, 5 and 6 years with high density, have a high CV in height of 27.46% to 49.53% and 38.56% to diameter of 55.92% determining heterogeneity in the growth in the two variables in relation the planting of 8 to 20 years with low density, have a low CV height of 10.48% to 24.53% and 20.32% to diameter of 43.49%. Of the two species, *Pinus pátula* presents a homogeneous growth in height and diameter and top height adjustment features.

## **X. BIBLIOGRAFIA**

1. AGUIRRE V. RAUL, 2005. Curso Teórico-Práctico, Capacitación en el Monitoreo del Desarrollo de Plantaciones y su Raleo Chimore-Cochabamba.
2. AGUIRRE C. CARLOS Y VIZCAINO M. 2010. “Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales” 1<sup>ra</sup> Edición Editorial Universitaria IBARRA - ENERO 2010
3. BOLFOR – ETFOR, 1999. Cartografía y uso de la tecnología GPS .Ed. Duchén Ramiro edit. Santa Cruz-Bolivia
4. CARMONA Y MONSALVE, 2008. “Monografías De Sistemas de Información Geográfica “
5. CANCINO, J. Y K. v. GADOW. 2002. “Dendometría Básica”
6. CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical) 2002. Plantaciones Forestales en Santa Cruz, Avances y Recomendaciones Técnicas a partir de Parcelas de Medición Permanente Santa Cruz - Bolivia.
7. CHRISTOPH KLEIN, DAVID MORALES, 2004. Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales
8. DOMINGUEZ, A. 1998. Tratamientos Silviculturales, Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León Linares-México.
9. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999. Modelo de suministro mundial de fibras. Roma.
10. GARCÍA, O. 1995. Apuntes de Mensura Forestal I. Estática. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 65 p.

11. LEICA, 1999. Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) ed.leica Ggeosystems.In,Heerbru-Suisac
12. MANZANERO. M. 2003. Guía Metodológica Para El Levantamiento De Parcelas Permanentes En La Concesión Forestal De AFISAP
13. MICHAÏL PRODAN, ROLAND PETERS, FERNANDO COX Y PEDRO REAL, 1997. Mensura Forestal, San José Costa Rica. 431-432 p.
14. OÑATE, A. 1999. Fundamentos de geología y edafología Riobamba–Ecuador 50-51 p.
- 15 OÑATE, M. 2005. Génesis y Morfología de suelos. Editorial Politécnica. Riobamba Ecuador.72-75 p.
16. PINO MARITZA. 1993. Metodología Para el Establecimiento de Parcelas Permanentes de Crecimiento Cajamarca-Perú.
17. RICHTER, D.D. y CALVO, J.C. 1995. ¿Es una plantación forestal un bosque? Revista Forestal Centroamericana. Turrialba, Costa Rica.
- 18 TORREZ, H. 2005. Implementación de Parcelas Permanentes de Muestreo en Plantaciones Forestales para el Trópico de Cochabamba: Tesis Licenciatura en ingeniería forestal. Tarija - Bolivia.
19. TORRES, R. J. M. Y O. S. T. MAGAÑA. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial. Limusa. México. 472 p.
20. OROZCO, F. 2008. Evaluación De Plantaciones De Teca (Tectona Grandis L. F), Mediante Parcelas Permanentes De Medición, En El Trópico De Cochabamba” Cochabamba –Bolivia

21. UGALDE A. L. 2000. Guía para el Establecimiento y Medición de Parcelas para el Monitoreo y Evaluación del Crecimiento de Árboles en Investigación y en Programas de Reforestación con la Metodología del Sistema MIRA, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
22. ZANNOTI, R; GALLOWAY, G. 1996. Manejo de plantaciones de coníferas: guía técnica para el extensionista forestal. Turrialba, CR, CATIE. 61 p. (Serie Técnica, Manual Técnico no. 21).
23. ZOBEL, B; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.

**Páginas Web:**

1. El suelo  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>  
16 de Junio 2011
2. El perfil del suelo  
<http://www.monografias.com/trabajos6/elsu/elsu.shtml>  
16 de Junio 2011
3. Estadísticos descriptivos  
<http://www.tuveras.com/estadistica/estadistica02.htm#disper>  
07 Enero 2012
4. Factores que controlan las condiciones climáticas  
[www.visitaecuador.com/clima.php](http://www.visitaecuador.com/clima.php)  
16 de junio 2011
5. Nutrientes del suelo  
<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf>  
06 de Julio 2011

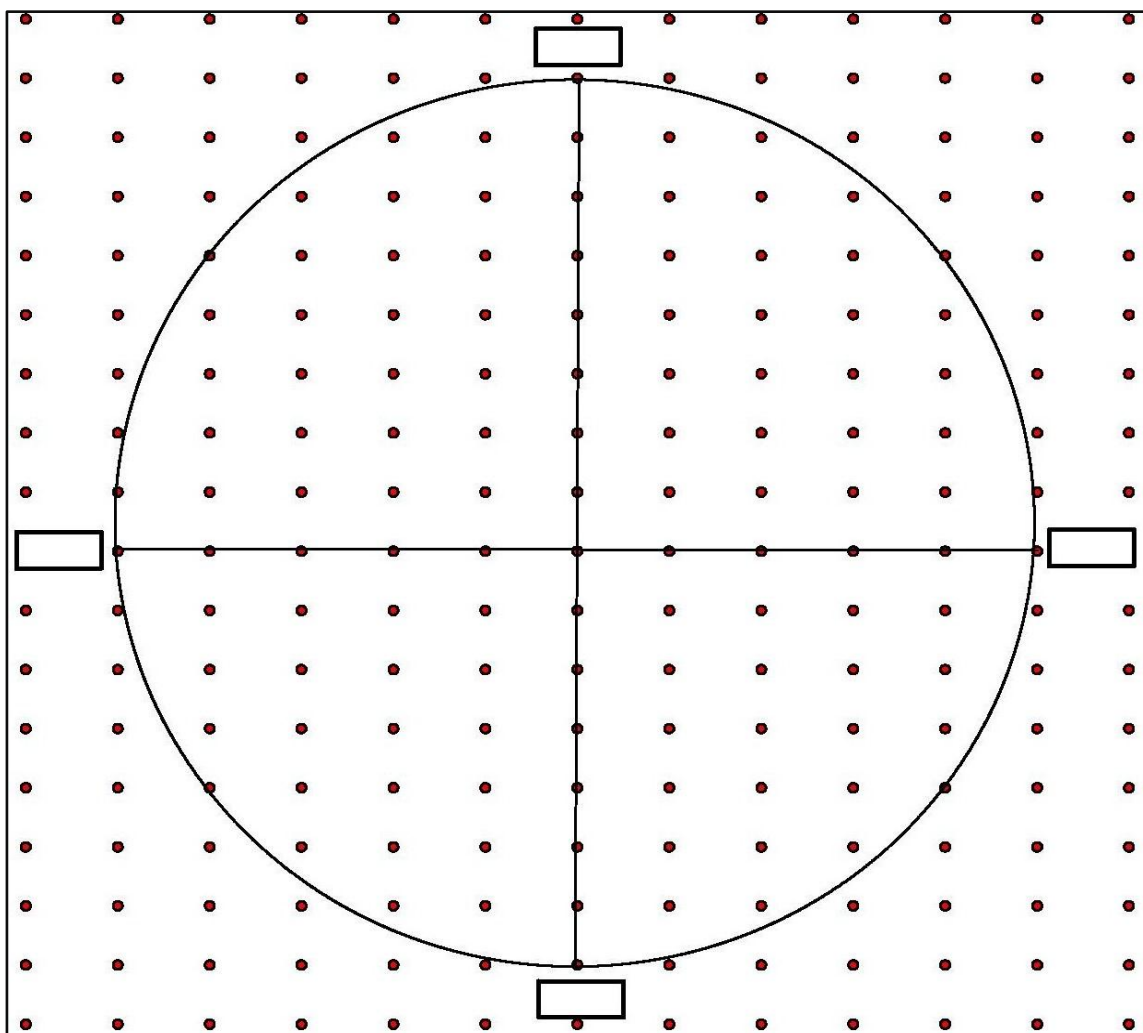
6. Parcelas permanentes  
[www.inab.gob.gt/PPM/ppermanentes.htm](http://www.inab.gob.gt/PPM/ppermanentes.htm)  
16 Junio 2011
7. Pino radiata  
[www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf)  
13 de Junio 2011
8. Pino pátula  
[www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20patula.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20patula.pdf)  
13 de Junio 2011
9. Sistema de información geográfica  
[www.esri-chile.com/biblioteca/Que\\_es\\_un\\_SIG.pdf](http://www.esri-chile.com/biblioteca/Que_es_un_SIG.pdf)  
14 Junio 2011

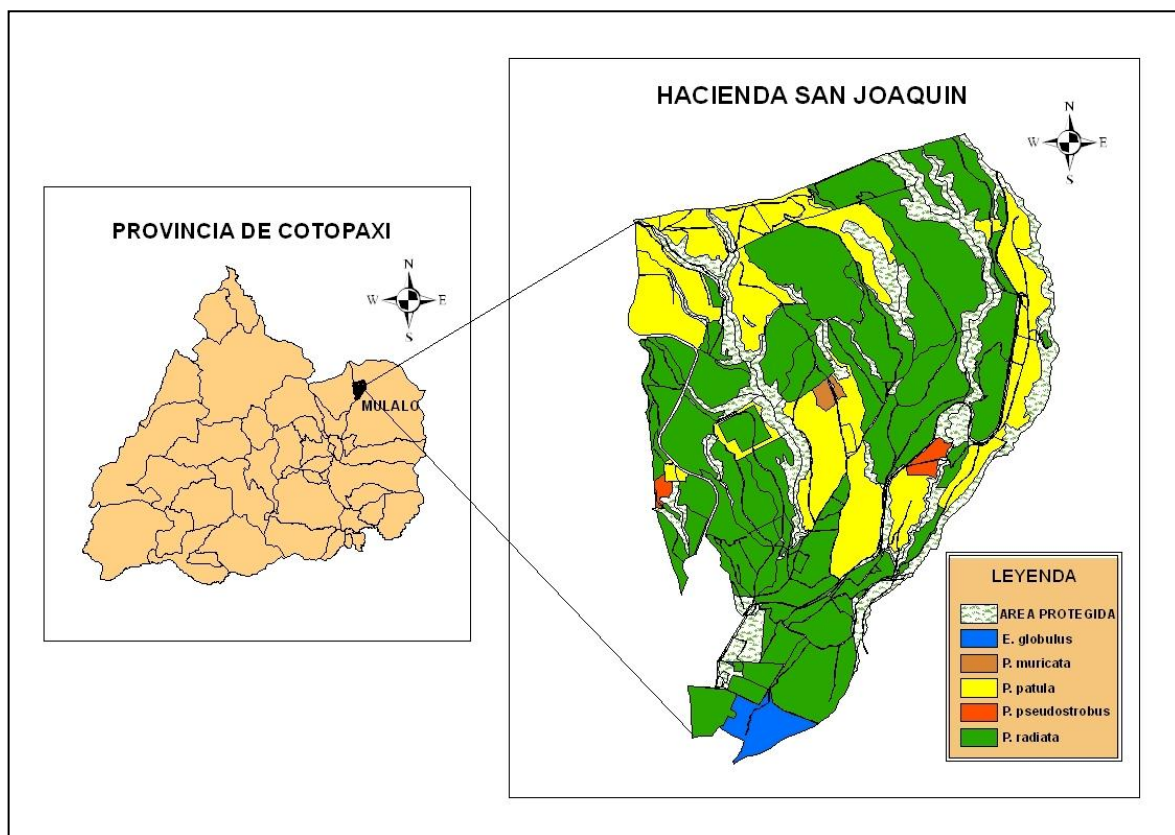




Codificación de observaciones		Codificación de variables		
		<i>Leucolopsis</i>	Otros daños (DAÑ)	
		0 = Ausente	1 = Bifurcado	8 = Corteza dañada
		1 = Rara presencia	2 = Torcido	9 = Con ramoneo
		2 = Frecuente	3 = Fuste quebrado	10 = Defoliado o seco
		3 = Establecida	4 = Ápice quebrado	11 = Corteza quemada
		4 = Difundida	5 = Muerte regresiva	12 = Fuste espiralado
			6 = Ramas quebradas	13 = Exudación de resina
			7 = Cola de zorro	

### Croquis ubicación arboles, superficie parcela:



**Anexo 2. Ubicación de la zona de estudio**

**Fuente: Cartografía base (ACOSA)**


## Anexo 3. Análisis de suelos


**ASISTEC**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS**

Factura:	3300	Provincia:	Cotopaxi
Fecha de ingreso:	11.11.25	Cantón:	Lasso
Fecha de reporte:	11.12.07	Sitio:	
Remitente:	Ing. María Gallardo	Telf.:	
Propietario:	Aglomerados Cotopaxi. ACOSA S.A.	Dirección:	
Hda.:	San Joaquín	Ate.:	Ing. María Gallardo
Cultivo:	Pino		

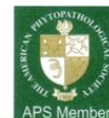
Elementos	Muestras		
	1	2	3
Profundidad, cm	20.00	20.00	20.00
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	1.64	1.22	1.21
Relación C/N	11.60	11.38	12.47
Conductividad eléctrica, uS/cm	11.94	23.70	25.80
pH, 1:1	6.97	5.92	5.67
Materia orgánica, %	0.09	1.57	1.29
N total, %	0.005	0.08	0.06
N disponible, ppm	0.63	10.99	9.03
NO <sub>3</sub> -N, ppm	1.60	2.20	2.40
P, total, ppm	42.50	32.50	35.00
P, asimilable, ppm	16.03	12.26	13.20
K, ppm	29.17	45.84	29.17
Bases:			
K, meq/100 g	0.07	0.12	0.07
Ca + Mg, meq/100 g	1.00	2.90	3.20
Ca, meq/100 g	0.90	2.10	1.90
Mg, meq/100 g	0.10	0.80	1.30
Na, meq/100 g	0.01	0.02	0.01
Acidez total (Al + H), meq/100 g	0.32	0.40	0.44
CICE	1.40	3.44	3.73
% Saturación de acidez	22.80	11.63	11.80
S, ppm	3.33	0.07	0.67
TDS, total sólidos disueltos, mg/L	5.20	10.80	11.80
Relaciones:			
Ca + Mg / K (8-20)	13.37	24.67	42.79
Ca / Mg (3-4)	9.00	2.63	1.46
Ca / K (6-17)	12.03	17.87	25.40
Mg / K (2-8)	1.34	6.81	17.38
<b>Rodal</b>	<b>235A2</b>	<b>217A2</b>	<b>224A2</b>
<b>Parcela</b>	<b>107</b>	<b>60</b>	<b>83</b>


  
Ing. Ramiro Eguiguren Carrión

Métodos: pH 1:1. Mat.Org. Walkley & Black. NO<sub>3</sub>-N: CaSO<sub>4</sub>. P Total Bray 1.  
P soluble Olsen. Bases de cambio y CICE: Acetato de Amonio. (Al+H): KCl. S: CaHPO<sub>4</sub>.



# ASISTEC



## ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Factura:	3344	Provincia:	Cotopaxi
Fecha de ingreso:	12.02.25	Cantón:	Lasso
Fecha de reporte:	12.03.06	Sitio:	
Remitente:	Ing. María Gallardo	Telf.:	
Propietario:	Aglomerados Cotopaxi. ACOSA S.A.	Dirección:	
Hda.:	San Joaquín	Ate.:	Ing. María Gallardo
Cultivo:	Pino		

Elementos	Muestras (lotes)	
	1	2
Profundidad, cm	20.00	20.00
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	1.53	1.16
Relación C/N	11.60	11.38
Conductividad eléctrica, uS/cm	16.84	17.10
pH, 1:1	6.64	6.10
Materia orgánica, %	0.29	1.39
N total, %	0.015	0.07
N disponible, ppm	2.03	9.73
NO <sub>3</sub> -N, ppm	2.00	2.20
P, total, ppm	85.00	50.00
P, asimilable, ppm	6.68	5.01
K, ppm	41.67	37.50
Bases:		
K, meq/100 g	0.11	0.10
Ca + Mg, meq/100 g	2.30	1.80
Ca, meq/100 g	1.30	1.50
Mg, meq/100 g	1.00	0.30
Na, meq/100 g	0.04	0.04
Acidez total (Al + H), meq/100 g	0.40	0.68
CICE	2.85	2.62
% Saturación de acidez	14.05	25.96
S, ppm	8.67	9.33
TDS, total sólidos disueltos, mg/L	8.40	7.50
Relaciones:		
Ca + Mg / K (8-20)	21.53	18.72
Ca / Mg (3-4)	1.30	5.00
Ca / K (6-17)	12.17	15.60
Mg / K (2-8)	9.36	3.12
<b>Muestras</b>	<b>Parcela</b>	<b>Rodal</b>
1 San Joaquín,	109	235 A2
2 San Joaquín,	72	220 A2

*Ramiro Eguiguren Carrión*  
Ing. Ramiro Eguiguren Carrión

Métodos: pH 1:1. Mat.Org. Walkley & Black. NO<sub>3</sub>-N: CaSO<sub>4</sub>. P Total Bray 1.  
P soluble Olsen. Bases de cambio y CICE: Acetato de Amonio. (Al+H): KCl. S: CaHPO<sub>4</sub>.

#### Anexo 4. Instrumentos de medición



Vara telescópica

#### Anexo 5. Establecimiento y georeferenciación de las parcelas permanentes



#### Anexo 6. Medición de los árboles



Medición del DAP



Medición de altura

**Anexo 7. Marcación de los árboles**



**Anexo 8. Defectos de los árboles**



Cola de zorro



Torcido



Bifurcado

### Anexo 9. Instalación de los Hobos



### Anexo 10. Toma de muestra de suelos

