

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Ingeniería Técnica Forestal



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Evaluación De Crecimiento Inicial En Tres Especies Del Género Inga En Sistema Agroforestal”

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:

Ana Antón De Los Ángeles

Director/es:

Dr. Gilberto Domínguez Torrejón

GANDIA, 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL EN
TRES ESPECIES DEL GÉNERO INGA EN SISTEMA
AGROFORESTAL**

**ANA ANTÓN DE LOS ÁNGELES
LIMA-PERU 2012**

1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- OBJETIVOS	7
2.1- Generales.....	7
2.2- Específicos.....	7
3.- MARCO CONCEPTUAL.....	8
3.1- La Degradación de los Bosques.....	8
3.2- La Agroforestería	11
3.2.2- Objetivos y Características.....	12
3.3- El Rol de los Árboles.....	15
3.4- Árboles Fijadores de Nitrógeno	20
3.5- El Género <i>Inga</i> como Árbol de Sombra.....	21
3.6.- Descripción de Especies	24
• <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	24
• Género <i>Inga</i>	26
• <i>Coffea arabica</i>	29
3.7- Factores que Influyen en el Crecimiento de los Árboles.....	30
3.8- Parcelas de Medición Permanente	33
3.9- Modelos de crecimiento y rendimiento	34
4. METODOLOGÍA	35
4.1- Localización Fundo Génova	35
4.2- Pertenencia de Tierras.....	36
4.3- Ecología del Valle de Chanchamayo	36
4.3.1- Fisiografía.....	36
4.3.4- Geología	40
4.3.5- Suelos.....	40
4.3.6- Flora	41
4.3.7- Zona de Vida	42
4.4- Materiales y Métodos.....	43
4.4.2- Obtención de Semillas y Manejo en Vivero	43
4.4.3- Preparación del Terreno y Plantación.....	44
4.4.3- Tamaño y Número de Plantas Evaluadas.....	46
4.4.4- Diseño de Sistema agroforestal y Planos	46
4.4.5- Especies	50
4.4.7- Crecimiento inicial	51

4.4.8- Estado Fitosanitario	53
4.4.9- Muestreo de Suelo.....	53
4.4.10- Procesamiento de Datos.....	54
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1- Crecimiento Inicial	55
5.2-Análisis de Varianza	63
5.3- Estado Fitosanitario	67
5.4- Análisis de Suelos.....	69
6.- CONCLUSIONES.....	70
7.- RECOMENDACIONES.....	71

1.- INTRODUCCIÓN

Las especies de *Inga* son un componente omnipresente en los bosques pluviales de la llanura y montanos a lo largo de las zonas húmedas de Latinoamérica tropical [...] la mayor diversidad de especies del género está presente en los países Andinos de Colombia, Ecuador y Perú (Pennington, 1997).

Este género, perteneciente a la familia de las Leguminosas, y que abarca unas 300 especies, ha sido conocido y apreciado debido a sus frutos comestibles desde hace más de 20 siglos. Hoy día, sigue siendo un producto comúnmente comercializado en ciertas regiones.

Además de su importancia en el mercado alimenticio, el género *Inga* ha sido valorado por su amplio uso como árbol de sombra. Originariamente utilizado por pobladores precolombinos para darle sombra a plantas de coca (Rostworowski, 1981) y en la actualidad también para cultivos de café, cacao y té.

Este tipo de asociaciones entre especies forestales y cultivos agrícolas reciben el nombre de sistemas agroforestales. Dichos sistemas, se basan para su exitoso funcionamiento, en estos árboles multipropósito, ya que desempeñan un papel básico debido a los beneficios que aportan.

Aún más teniendo en cuenta la problemática de la pérdida de suelos surgida por el mal uso de las tierras que causa erosión, degradación de suelos, pérdida de nutrientes, y lleva a la desaparición de los bosques tropicales, el uso de sistemas agroforestales representa una interesante alternativa a prácticas inadecuadas.

El género *Inga* concretamente, es convenientemente adecuado para su uso en sistemas agroforestales debido a sus diversos aprovechamientos; pues es tolerante a suelos empobrecidos, su crecimiento es rápido, tiene gran adaptabilidad ecológica y es capaz de fijar el nitrógeno del suelo, y aportar biomasa después de la poda utilizada como abono verde o para el control de malezas. Según los trabajos escritos de Pennington (1997), recientemente se habría reconocido al género *Inga* como la única leguminosa en la América tropical capaz de sobrevivir y florecer en suelos pobres ácidos, tan típicos de la zona.

Una de las características importantes de un árbol de sombra es que su crecimiento sea pronunciado y veloz. Se entiende por crecimiento al cambio de dimensión en el tiempo y la magnitud del cambio dependerá de ese incremento.

Bruce y Schumacher (1965), Flinta (1960) y Hush (1971), reportan que la intensidad de crecimiento está influenciada además de por los factores ambientales, también por las características genéticas de las especies. Así pues, teniendo presente que la variación entre especies puede afectar a la productividad y tasa de crecimiento, el crecimiento dentro del género *Inga* posiblemente será distinto entre especies.

Siendo que el estudio de crecimiento e incremento de árboles es de interés de los silvicultores con el propósito de determinar su respuesta y su proyección a un determinado tiempo para un mejor manejo de los bosques (Calvillo et al. 2001), y que se pueden ajustar modelos de crecimiento a partir de las observaciones de incremento o bien de los promedios de estos (Valero, 1998), la presente investigación pretende contribuir al conocimiento de la información del crecimiento. De este modo se podrá

saber de biomasa, tasa de producción y la respuesta de los árboles, pudiéndose así tomar decisiones racionales en cuanto al manejo.

2.- OBJETIVOS

2.1- Generales

- Contribuir al conocimiento de la adaptación y características del crecimiento inicial de 3 especies del genero *Inga*, para su posterior evaluación de la producción de biomasa y reciclaje de nutrientes en un sistema agroforestal de café bajo sombra.

2.2- Específicos

- Evaluar el crecimiento inicial de diámetros y las alturas en diferentes partes de plantas de tres especies de *Inga*.
- Determinar estado sanitario y mortandad de tres especies de *Inga*.

3.- MARCO CONCEPTUAL

3.1- La Degradación de los Bosques

Los bosques peruanos cubren hoy el 57% del territorio nacional, casi las dos terceras partes del país. Y hasta el 2009 eran 7,9 millones las hectáreas de bosques primarios de Selva Alta y Selva Baja que se han perdido. Los dos principales peligros: la deforestación y la degradación. La primera supone la eliminación de la superficie boscosa en un área; la segunda fue descrita por la FAO (2002) como: la reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicio.

La deforestación se produce, básicamente, por la actividad humana. El arrasamiento de bosques para hacer cultivos agrícolas ha sido una constante en la historia del Perú y supone grandes pérdidas ecológicas y económicas, ya que el cambio de uso del suelo es, normalmente, hacia una agricultura migratoria precaria que no es sostenible y que consiste en la tala y quema del bosque por campesinos de escasos recursos que logran efímeras cosechas, pues el suelo se empobrece a los pocos años, lo cual les lleva a repetir el proceso en nuevas áreas (Sanchez, 1973 y 1977; Watters, 1971).

Según la FAO, más del 80 % de la población mundial vive en países donde la agricultura es el principal medio de vida. Concretamente en Selva central constituye la principal fuente de sustento de la mayoría de habitantes. Sin embargo, la degradación de la tierra afecta gravemente a los recursos edafológicos e hídricos en áreas tropicales, subtropicales y en zonas áridas. Según la OEA, son precisamente los aspectos relacionados con el uso de la tierra para fines agrícolas los que constituyen la base misma de los problemas de desgaste de los suelos. Con la creciente presión

demográfica y con la demanda de mayores ingresos se está estrechando la relación de años de cultivo a años de descanso; esto está acelerando en forma alarmante el deterioro de los suelos y la invasión de las malezas y plagas y reduciendo críticamente los rendimientos, precisamente cuando las necesidades son mayores. Las tendencias históricas de crecimiento de la población humana y de las cargas resultantes que han sido impuestas en los recursos naturales para poder satisfacer las demandas de estas poblaciones, son una realidad a tener muy en cuenta a la hora de elegir la práctica de técnicas sostenibles del uso del suelo e intentar confrontar así esta problemática ambiental, social y económica presente en los países en desarrollo en particular.

El aumento de la población implica la también creciente búsqueda de terrenos para la agricultura y/u otras actividades que conllevan a la frecuente utilización del territorio. Concretamente Selva alta está caracterizada por el predominio de relieve montañoso, por lo que gran parte de la actividad agrícola se lleva a cabo en laderas. Estos terrenos son más susceptibles a la escorrentía superficial y a la erosión (Felipe Morales 1994), y el manejo es normalmente inadecuado para el tipo de topografía que se presenta. Estas prácticas incorrectas causan la pérdida de suelo y nutrientes, produciéndose así la erosión y degradación de los suelos, y contribuyendo a la deforestación de los bosques. Las tierras del valle de Chanchamayo son un ejemplo de estas pérdidas, dónde la cubierta original de bosques nativos ha sido deforestada en más del 80%, mayormente con fines de establecimiento de agricultura.

Los datos que se tienen sobre la erosión de los suelos en el Perú datan de 1982 (ONERN, 1985), y han sido posteriormente actualizadas por el INRENA en 1996. Estos

reflejan que el 41,4% de los suelos del país están afectados por erosión de grado muy ligero; 27,4% por erosión ligera; 24,4% por erosión moderada y el 6,4% por erosión severa. Finalmente una gran parte de la población rural vive en áreas de bajo potencial, pero a la vez depende de los recursos naturales ya que son la base de su sustento, y debido a las limitaciones en cuanto a calidad y/o cantidad de estos recursos y sin alternativas, destruyen la propia base que les mantiene. Cualquier posible solución ha de ir enfocada hacia la dirección del desarrollo sostenible, que es aquel que preserva los activos naturales, como requisito básico para mantener constantes los servicios ecológicos que requiere una población en expansión. (Yurjevic, 1999c).

De este modo, la ordenación forestal sostenible consiste en una ordenación del ecosistema que tiene por objetivo que siga existiendo y funcionando esencialmente de la misma manera pese a haber sufrido alguna alteración. De hecho, una de las funciones esenciales de la gestión forestal es ayudar a la recuperación del bosque tras la extracción de cualquiera de sus productos. En cuanto a la agricultura, se dice que es sostenible cuando es ecológicamente segura, económicamente viable, socialmente justa y culturalmente apropiada, donde el medio ambiente y los recursos naturales son la base de la actividad económica. La agricultura sostenible preserva la biodiversidad, conserva el suelo, el agua y la energía, valora el conocimiento local, minimiza los insumos externos que el productor necesita para cultivar haciéndolo más autosuficiente (FAO 1992 citado por Labrador y Altieri 2001).

La Agroforestería es una experiencia que combina elementos propios de la agricultura con recursos forestales. Los sistemas agroforestales tienen como uno de sus objetivos la conservación de suelos, protegiéndola contra la erosión, además de

resultar ser muy productivos y sostenibles, considerando que con la aplicación de técnicas adecuadas, permiten consolidar o aumentar la productividad de cultivos agrícolas y plantaciones forestales, o por lo menos evitar que el suelo se degrade o que decline la productividad con el paso del tiempo, proporcionando una producción confiable y estable.

3.2- La Agroforestería

3.2.1- Introducción a la Agroforestería y Conceptos

Si nos detenemos a mencionar la función clave los bosques observamos que forman parte del ciclo de los nutrientes, del de agua y del de carbono del planeta. Que regulan la temperatura ambiental, realizan la purificación del aire a través de la fotosíntesis, son el hábitat para muchas especies, y nos proporcionan productos que sirven para la subsistencia de las actuales y próximas generaciones. Algunas consecuencias por la destrucción del bosque serían los cambios climáticos, la desaparición de especies forestales de fauna y flora y el encarecimiento de productos debido a la escasez de los mismos.

La Agroforestería se considera como un manejo sostenible de la tierra que incrementa su rendimiento integral, combina la producción de cultivos (incluidos cultivos arbóreos) y plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de tierra. El sistema agroforestal mantiene o aumenta su productividad en el tiempo: producir conservando y conservar produciendo (Jiménez y Muschler, 2001). Su objetivo pues, es el de mediante el aprovechamiento de los

efectos benéficos de las interacciones de los componentes boscosos con el componente animal o cultivo, diversificar y optimar la producción.

La Agroforestería también puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados, suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas; manteniendo la conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen); haciendo las condiciones de vida del paisaje menos duras para los habitantes del bosque; reduciendo la frecuencia e intensidad de los incendios; potencialmente disminuyendo los efectos colindantes sobre los fragmentos restantes; y aportando zonas de amortiguación a las zonas protegidas (Schroth et al., en prensa cit. por Vargas y Sotomayor, 2004).

Se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basadas en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestos, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, obteniendo en forma asociativa madera, leña, frutos, plantas medicinales, forrajes y otros productos agrícolas (Ramírez, 2005).

3.2.2- Objetivos y Características

Sus objetivos principales son: Diversificar la producción; Mejorar la agricultura migratoria; Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo; Fijar el nitrógeno atmosférico; Reciclar los nutrientes; Modificar el microclima; y optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

Las características fundamentales de los sistemas agroforestales son las descritas a continuación: En primer lugar, resalta una estructura concreta definida por el principio de multidisciplinariedad. Ello es debido a que la estructura de un sistema agroforestal se basa precisamente en la combinación de prácticas, mezclando silvicultura, agronomía y ganadería, muy a diferencia de la agricultura y la actividad forestal modernas.

Además debe presentar la particularidad de ser un manejo sostenible. La sostenibilidad de un sistema de producción corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades siempre en aumento de la humanidad, sin afectar el recurso base del que depende el sistema. La agroforestería consigue esto a través de la utilización de los ecosistemas naturales como modelos y la aplicación de sus características ecológicas al sistema agrícola, logrando que la productividad a largo plazo pueda mantenerse sin degradar la tierra. Esto resulta particularmente importante si se considera el uso actual de la agroforestería en zonas donde la calidad de la tierra es pobre y hay una baja disponibilidad de los recursos.

En tercer lugar, debe de haber un incremento en la productividad. Al mejorar las relaciones complementarias entre los componentes del sistema, con condiciones mejoradas de crecimiento y un uso eficaz de los recursos naturales (espacio, suelo, agua, luz), se espera que la producción sea mayor en los cultivos agroforestales que en cultivos convencionales.

Por último, la adaptabilidad cultural y socioeconómica que presenta. A pesar de que la agroforestería es apropiada para una amplia gama de plantaciones de diversos

tamaños y de condiciones socioeconómicas, su potencial ha sido particularmente reconocido para los pequeños agricultores en áreas marginales y pobres de las zonas tropicales y subtropicales. Si se considera que los campesinos generalmente no son capaces de adoptar tecnologías muy costosas y modernas, la agroforestería se adapta particularmente a las realidades de los pequeños agricultores.

3.3- El Rol de los Árboles

Uno de los pilares fundamentales en los que se apoya la agroforestería, es el papel potencial que juegan los árboles. Los árboles pueden mejorar la productividad de un agroecosistema, al influir en las características del suelo, del microclima, de la hidrología y de otros componentes biológicos asociados. Budowsky (1987) cit. por Musálem (2001) se refiere a un árbol que cumple con varias funciones, como árbol de uso múltiple. Y lo define como aquel que en adición de los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo o adición de materia orgánica, proporciona productos y servicios adicionales tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos comestibles para humanos, gomas, fibras y productos medicinales.

Profundizando en la contribución de los árboles en la productividad del suelo, cabe mencionar que el mantenimiento de niveles altos de materia orgánica es uno de los factores principales, tanto en su rol de mantener la estructura del suelo, como por su importancia como fuente y sustrato de nutrientes (Muschler, 1999). Los árboles protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas sub-superficiales conduciendo a más altas tasas de infiltración (Folorunso et al., 1992) y agregados más estables en agua (McVay, 1989). La formación de agregados más estables, conjuntamente con más aireación, conduce a una disminución en la densidad del suelo bajo cultivos de cobertura, lo cual es generalmente beneficioso al crecimiento de la planta (Liyanage et al., 1988) puesto que la compactación del subsuelo es un problema común en suelos agrícolas que han estado sujetos a excesivo y/o inoportunos laboreos mecánicos durante varios años.

Barber y Navarro (1994) hacen referencia al “laboreo biológico”, mencionando algunas especies con raíces capaces de penetrar el subsuelo, como por ejemplo el frijol de palo (*Cajanus cajan*). Y afirman que puede afectar significativamente a la infiltración del agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona.

Asimismo, los árboles pueden incrementar el nivel de nutrientes del suelo al explotar las reservas minerales más profundas de la roca madre y recuperar los lixiviados y depositarlos sobre la superficie como humus. Al aumentar el contenido de humus del suelo, aumenta la capacidad de intercambio de cationes y disminuye la pérdida de nutrientes. La materia orgánica adicionada modera los cambios de pH extremos y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales y elementos tóxicos.

Puesto que el nitrógeno, fósforo y azufre se tienen fundamentalmente en forma orgánica, la abundancia de materia orgánica es especialmente importante para aprovecharlos. La asociación de árboles con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas también incrementa los niveles de nutrientes disponibles. La actividad de microorganismos tiende a aumentar debajo de los árboles, debido a que hay un mayor aporte de materia orgánica y a que se crea un mejor ambiente en cuanto a la temperatura y humedad del suelo. Este es el efecto conocido como microclima. Los árboles amortiguan las variaciones de temperatura, obteniendo bajo los árboles temperaturas máximas más bajas y mínimas más altas, diferentes a las de áreas abiertas. El dosel de los árboles es el que proporciona esta disminución de temperatura y de corrientes de aire, logrando así una reducción en el promedio de evaporación y una mayor humedad relativa.

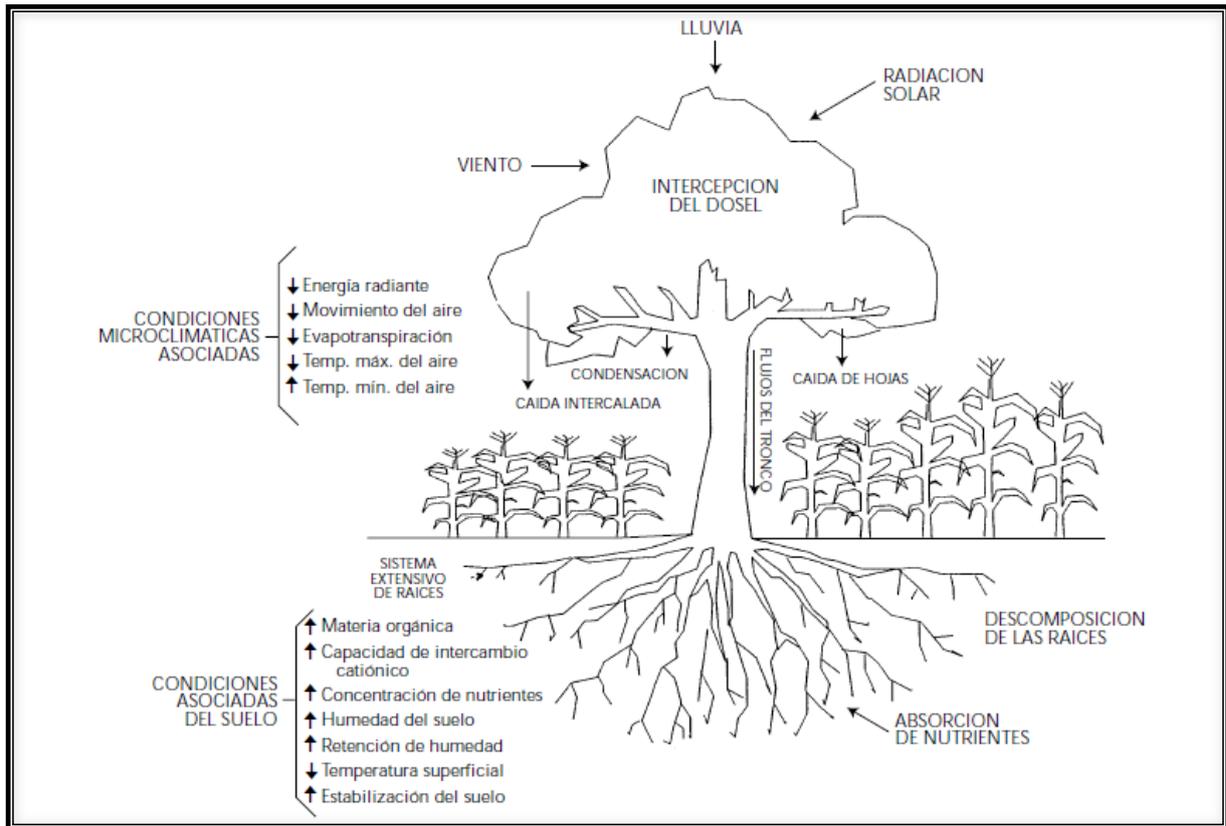


Figura nº 1: Influencia de los Árboles en Cultivo Agrícola.

Fuente: Farrel 1984.

Un estudio conducido en Yucatán, México, reveló los diferentes criterios usados por los campesinos para detectar los cambios que ocurren con la integración de cultivos de cobertura (*Mucuna sp.*) y maíz. Los participantes identificaron como importantes las propiedades del suelo, como son color, textura, humedad y su potencial para sostener cultivos exigentes como chile o tomate. El cambio del color del suelo estuvo relacionado a los tipos de suelo existentes, los cuales fueron kankab, de color rojo y Box luum, de color negro. Los participantes observaron un cambio de color rojo hacia un color más oscuro. El cambio en la textura fue experimentado por medio de la facilidad de siembra y desmalezado y por medio de la búsqueda de materia orgánica a encontrarse en los suelos donde usaron abono verde. Se relacionó el

incremento de la humedad del suelo a la aparición de plantas durante la escasez de agua y también se detectó por medio de la temperatura del suelo. Suelos fríos o frescos estuvieron relacionados con una mayor humedad, mientras que suelos calientes fueron considerados secos. (Gundel, 1998).

Otro estudio realizado para evaluar el papel de los árboles en los sistemas de agricultura tradicional de México Central (Farrel 1984), ilustra la influencia potencial de los árboles sobre la fertilidad del suelo. Las propiedades de la superficie del suelo se midieron a distancias crecientes de dos especies de árboles, ciruelo (*Prunus capuli*) y sabini (*Juniperus deppeana*) que se encontraron dentro de campos de maíz. Se encontraron valores superiores de todas las propiedades medidas bajo las copas de *P.capuli*, y se observó una gradiente que disminuía al incrementar la distancia desde los árboles. El fósforo disponible aumentó de cuatro a siete veces bajo los árboles (Figura nº 2) y los totales de carbón y potasio aumentaron dos a tres veces; el nitrógeno, el calcio y magnesio aumentaron de uno y medio veces a tres y la capacidad de intercambio catiónico aumentó de uno y medio a dos veces. También se encontró que el pH del suelo era mayor bajo las copas. Este patrón espacial se atribuyó fundamentalmente a la redistribución de nutrientes con la caída de las hojas y la acumulación de materia orgánica cerca de los árboles de ciruelo.

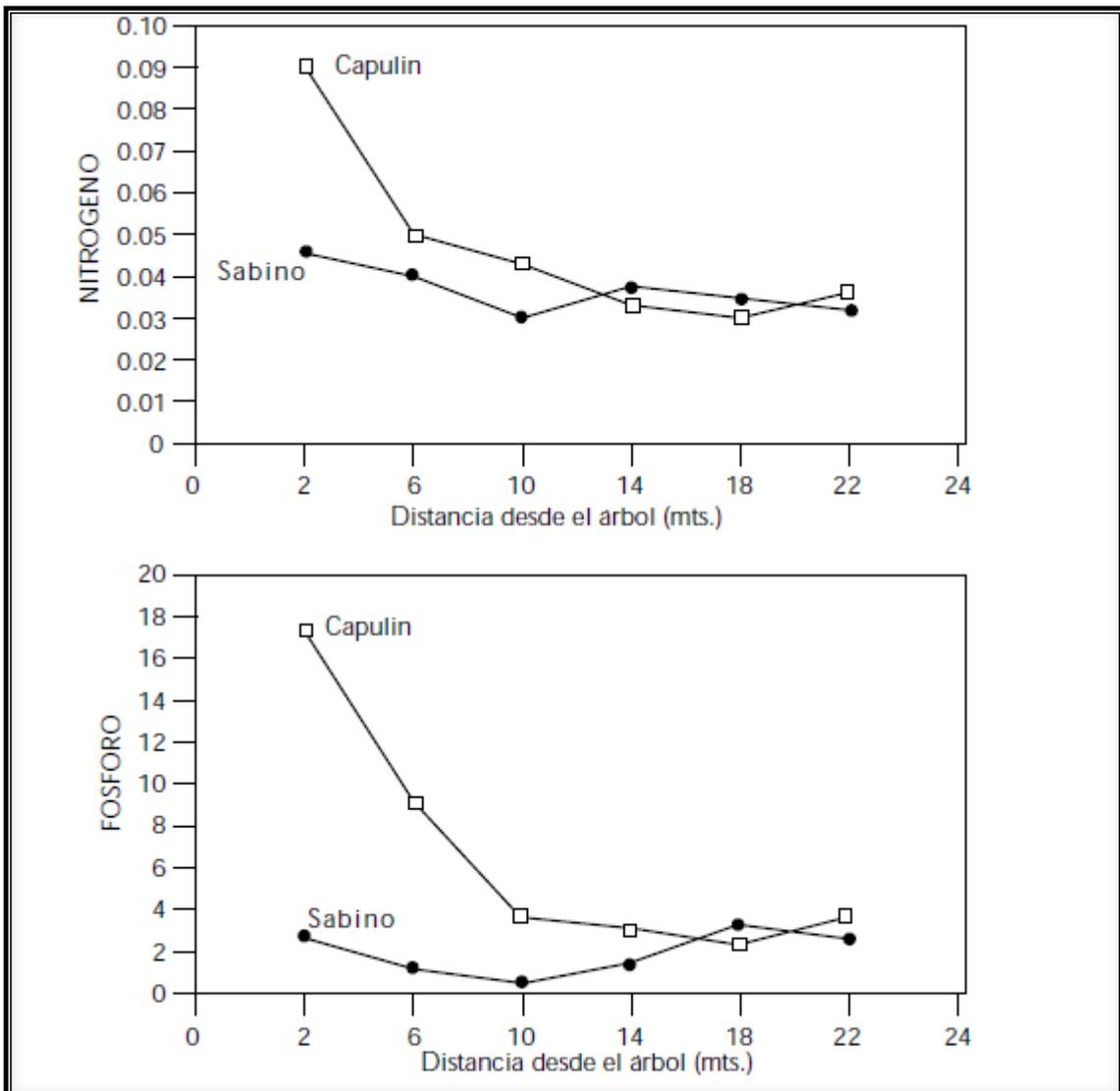


Figura nº 2: Concentración de Nitrógeno y Fósforo a Medida que Muestras de Suelo se Toman a Distancias Crecientes de Dos Especies de Árboles.
Fuente: Farrel, 1984.

3.4- Árboles Fijadores de Nitrógeno

Las leguminosas son un grupo de plantas capaces de establecer relaciones simbióticas con ciertas bacterias del suelo (rizobios), formando en sus raíces unos órganos especializados denominados nódulos. En los nódulos, los rizobios son capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico y reducirlo a amonio, en un proceso denominado fijación de nitrógeno. Este amonio es utilizado por la planta como fuente de nitrógeno, mientras que ésta aporta a la bacteria el carbono procedente de la fotosíntesis.

Estos árboles fijan el nitrógeno (N) atmosférico en sus nódulos radicales y, después de metabolizarlo lo almacenan en su componente forrajero (hojas, peciolo, tallos tiernos y frutos). Su forraje contiene fibra larga, nitrógeno no proteico (NNP), proteína y grasa (Leng, 1988). Por lo que la aportación de elementos de la planta, tales como hoja y fruto proporcionarán al suelo una mejora en su estructura.

Muchos estudios se han realizado sobre la contribución de los cultivos de cobertura al nitrógeno del suelo, los valores como sustitutos del fertilizante-N de los residuos de cultivos, y la influencia del manejo de los residuos sobre los cultivos subsiguientes (Onim et al., 1990; Lathwell, 1990; John et al., 1992; McVay, 1989; Smyth et al., 1991). Los incrementos del rendimiento asociados con el uso de cultivos de cobertura han sido relacionados directamente al contenido de nitrógeno de la cobertura y la materia seca total producida (Amado y Teixeira, 1991; Kitamura y Miranda, 1989).

Experimentos conducidos en Cuyuta, Guatemala, han mostrado que el valor de sustitución de fertilizante-N de *Mucuna spp.* y *Canavalia ensiformis* manejados bajo cero laboreo (residuos no incorporados) están alrededor de 60 kg/ha, mientras que el valor sube hasta 158 kg N/ha para *Canavalia* y 127 para *Mucuna*, cuando los residuos son totalmente incorporados.

3.5- El Género *Inga* como Árbol de Sombra

Cultivos permanentes son asociados con árboles cuyo fin principal es de proveer sombra. La arquitectura de *Inga* es de tal manera que da lugar a unas coronas planas o en forma de paraguas, cuya densidad varía según la especie. Diferentes especies se han escogido en distintas áreas según si se requiere una sombra ligera, media o densa. El café producido bajo la sombra de *Inga* es menos abundante que aquel que crece directamente al sol, pero la vida productiva de la planta de café es más larga. Es muy común ver varias especies de *Inga* combinadas para dar sombra en una misma plantación, con lo que se logra reducir la probabilidad de que la cobertura vegetal sea dañada por el ataque de los insectos u hongos (Pennington, 1997)

Las especies de *Inga* son de crecimiento rápido, y se plantan normalmente a 8-10 m de separación, junto con plántones de café; e incluso en climas desfavorables puede dar una buena cobertura en unos 3-4 años. Con un buen manejo de la poda, los árboles de *Inga* proporcionarán una buena sombra durante muchos años (Pennington, 1997).

Este género reúne ciertas características que la hacen indicada para su uso en agroforestería (Pennington, 1997):

- Todas las especies se propagan fácilmente por semilla, con una tasa germinación casi inmediata del 95-100%.
- Las especies de *Inga* tienen un rápido crecimiento y toleran una gran variedad de suelos. Dependiendo de la especie, se adaptan mejor a según qué deficiencia de los suelos. Además muchas de sus especies tienen hojas grandes que se proyectan hacia fuera compitiendo con la maleza. Si se plantan a 3-4m de distancia, al año se habrá formado un dosel cerrado, que eliminará rápidamente toda clase de competencia no deseada.
- Cuando se plantan a corta distancia en líneas, rápidamente producen grandes cantidades de biomasa foliar, que puede ser podada 2 o 3 veces al año para dar lugar a una espesa capa de mulch que actúa como control de maleza y aporta nutrientes al suelo.
- Las grandes hojas de *Inga* se descomponen lentamente, por lo que, con la correcta elección de la especie, se puede mantener una capa de mulch permanente que reduce la erosión del suelo y disminuye su temperatura ya permitiendo así que el cultivo se establezca.
- Todas las especies de *Inga* que se han estudiado, tienen nódulos fijadores de nitrógeno en sus raíces y forman micorrizas. Esto hace posible que las plantas de *Inga* puedan reciclar el fósforo, a diferencia de la mayoría de plantas. La presencia de hojarasca bajo árboles de *Inga* ha demostrado ocasionar proliferación de raíces en los estratos superficiales del suelo, por encima de los horizontes donde se acumula el aluminio, elemento tóxico y limitante en muchos suelos amazónicos.

- Todas las especies de *Inga* han demostrado una gran tolerancia a la poda desde edades muy tempranas.
- Casi todas las especies de *Inga* están caracterizadas por la presencia de glándulas nectáreas en el raquis de la hoja. El nectario atrae a varias especies de hormiga que protegen la planta del ataque de herbívoros. Atraen también a gran variedad de insectos como avispas parasitoides que aportan protección contra los herbívoros que se alimentan del cultivo.
- Con alrededor de 300 especies y una distribución de gran diversidad ecológica que en la que se encuentran especies adaptadas a las condiciones climáticas y requerimientos locales.

La selección de especies y de semilla para propagar *Inga* con objetivos específicos debe seguir algunos criterios más o menos obvios. Dada la gran cantidad de especies disponibles dentro del género, es importante seleccionar las más apropiadas para las condiciones particulares de cada lugar.

Según Pennington (1997) las especies *I. Oerstediana* y *Adenopyhlla* son adecuadas y dan buenos resultados si se utilizan para sombra y son especies adaptadas a climas fuertemente estacionales.

3.6.- Descripción de Especies

- ***Cajanus cajan (L.) Millsp.***

Nombre común: Frijol de palo.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Cajanus
Especie	C. cajan

Cuadro nº 1: Clasificación Taxonómica del Frijol de Palo.
Fuente, Francis, 2003.

Es un arbusto anual o perenne que puede llegar a alcanzar de 3 a 5 m de altura. Hojas trifoliadas, con folíolos elípticos y agudos en ambos extremos; con el haz de color verde oscuro y el envés de color verde claro cubierto por una pubescencia blancuzca y fina. Las flores se presentan en racimos, con flores de color amarillo con manchas rojizas o de combinaciones amarillo y púrpura (Ramírez, 1985). El mismo autor, indica que el sistema radicular está compuesto de una raíz pivotante y de raíces laterales que pueden llegar a medir hasta 3 metros de profundidad. Cada racimo puede contener de 5 a 12 flores según la variedad, las cuales pueden alcanzar una longitud promedio de entre 2 a 3 cm (Van der Maesen, 1990). Este autor también indica que las vainas son indehiscentes, y describe que cuando están inmaduras

pueden tener un color verde con manchas marrón-púrpura y al madurar se tornan un verde amarillento, y que tienden a ser oblongas de 8 cm de largo y 1,4 cm de ancho.

Usualmente las vainas albergan de 2 a 9 granos que tienden a ser redondos con un diámetro de 4 a 8 mm. Cuando el grano está inmaduro es verde y cuando éste madura tiende a ser amarillo, blanco o gris aunque hay variedades donde los granos son de colores púrpura, negro y rosa (Morton et al., 1982)

Al pertenecer a la familia de las Leguminosas, tiene un rápido crecimiento, además de ser fijadora de nitrógeno. Soporta todo tipo de suelos aunque se desarrolla bien en suelos con pH entre 5 y 7. La acidez excesiva del suelo puede causar clorosis o marchitez por deficiencias de fósforo y manganeso. Especie que tolera bien un clima caluroso, encontrándose normalmente entre 18°C y 30 ° C. Las altas temperaturas y humedad ambiental producen el crecimiento exuberante de la planta, mientras que la nubosidad o sombra originan crecimiento espigado o ahilamiento. En ambos casos, disminuye el rendimiento significativamente.

Es un cultivo comercial y bastante aceptado. La planta tiene una vida útil de 2 a 3 años, y un periodo vegetativo de 120 a 150 días. Tiene un rendimiento medio de 2 toneladas por hectárea, pudiéndose incrementar con un adecuado manejo.

- **Género *Inga***

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Inga

Cuadro nº 2: Clasificación Taxonómica del Género *Inga*.
Fuente: SIAC.

- ***Inga Adenophylla* Pittier**

Nombre común: Pacae mono (Junín).

Árbol pequeño, de hasta 15 metros de alto y 40 cm de diámetro, sin aletas, a menudo ramificado desde la base y con una copa expandida; corteza externa color grisácea, lisa; hojas compuestas, el raquis anchamente alado, las alas a menudo angulares, con 5-6 pares de folíolos; hojas e inflorescencias con pubescencia de pelos cortos; Flores de color verde pálido con estambres blancos y de una longitud de 3.5-4.5 cm; legumbre de color verdusco o amarillo marrón, cilíndrica y recta con prominencias longitudinales, cubierta de pelos, y de un tamaño de 9-17x1-2 cm (Pennington, 1997).

Inga adenophylla es la única especie en el Perú que muestra una combinación de nectarios foliares sobre los nervios centrales de las hojas, y legumbres cilíndricas, con prominencias longitudinales. El raquis con alas algo angulosas y la pubescencia de pelos cortos y crespos es también característica (Pennington, 1997).

Se extiende desde el Centro de Perú a Bolivia, habitando sobretodo bosques montanos estacionalmente secos y riberas. Concretamente en Perú, se halla en las regiones de Ayacucho, Cuzco, Junín y Pasco. Su rango altitudinal va de 700 a 2200 m. La temperatura asociada a su área de distribución tiene un promedio anual de 15-24 C, con una promedio anual de la precipitación total de 760-2000mm.(Pennington, 1997)

Es un importante árbol de sombra en el sur y centro de Perú, y su madera también se usa como leña. Según Pennington, responde bien a los suelos marginales y de fuerte pendiente en el valle de Chanchamayo, además de ser una buena alternativa para la reforestación para la obtención de madera de pequeñas dimensiones.

- ***Inga oerstediana Benth,***

Nombre común: paca sombra.

Árbol grande de hasta 30 m de alto y 55 cm de diámetro. Su fuste es cilíndrico o en casos acanalados en la base; la corteza externa es lisa, color grisáceo pálido y con lenticelas. Las hojas son compuestas con el raquis alado, con 3-4 pares de folíolos anchamente elípticos, los folíolos más grandes de 11-20 x 5-10 cm. Hojas e inflorescencias con pubescencia de pelos cortos, nectarios foliares con la abertura transversalmente comprimida; inflorescencias axilares de 4-10 cm de longitud con las flores dispersas en una espiga congesta; flores de 2,5-3,5 cm de longitud color marrón o verde amarillento. Legumbre de 20-30 x 1-1.5 cm, péndula, color marrón verdusco o amarillento, con forma entre cilíndrica y cuadrangular, recta o a veces ligeramente

curvada, con prominencias longitudinales y pubescencia de pelos cortos. Floración mayormente de julio a octubre y con fructificación en enero. (Pennington, 1997)

En cuanto a la distribución, se encuentra desde el sur de Méjico, a través de Centroamérica y al oeste de Sudamérica hasta Bolivia. Crece en un amplio rango de hábitats, incluyendo bosques pluviales de llanura y bosques montanos. En la vertiente este de los Andes se le encuentre normalmente por encima de 1200m, pero en el sur de Perú desciende hasta los 350 m altitud. El rango de temperatura de las zonas en las que se encuentra es de 17-26 °C, y la precipitación media total anual es de 1370-2600mm.

Esta especie es frecuentemente utilizada cómo árbol de sombra para café, aunque también sirve para leña. Su crecimiento es rápido y agresivo, aportando una sombra densa debido al gran tamaño de sus hojas, y contribuyendo importantemente a formar una vez caídas al terreno una gruesa capa de mulch de lenta descomposición que es muy efectiva inhibiendo el crecimiento de maleza (Pennington, 1997).

- ***Inga lineata Benth***

Nombre común: shimbillo.

Árbol de mediano tamaño, hasta 20 m de altura y 30 cm de diámetro, con corteza externa lisa, color grisáceo blanquecino; Hojas compuestas, raquis no alado, con 3-4 pares de foliolos elípticos, lo más grandes de 13-18 x 5-7.5 cm, las hojas esparcidamente pubescente con pelos cortos e la superficie foliar. Nectarios poco

profundos, cupuliformes. Flores arregladas en una corta y densa espiga de aproximadamente 1 cm de longitud, color crema; legumbre de 15-30 x 2-2.5 cm, color verde lustroso, plana a convexa y ligeramente abultada sobre las semillas y sin pubescencia. Esta especie se distingue fácilmente por su raquis no alado, las cortas espigas florales y la pubescencia corta por encima de las hojas. Su floración es entre junio y agosto y la fructificación se da en febrero (Pennington, 1997).

Especie poco conocida y pobremente recolectada, registrada solamente en los departamentos de Huánuco y San Martín. No se le conoce fuera de Perú. Se distribuye en bosques de baja altitud y bosques montanos entre 350-1100 m de altitud. La temperatura promedio anual de las zonas dónde ha sido registrada es 18-26 °C, y el rango de precipitación total anual es 100-1500 mm. No se conocen usos para la especie ya que es pobremente colectada (Pennington, 1997).

- ***Coffea arabica***

Nombre común: café.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Género	Coffea
Especie	Arabica

Cuadro nº3: Clasificación Taxonómica de *Coffea arabica*.

Arbusto o árbol pequeño, perennifolio, de fuste recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en los cultivos se los mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de 3 metros. Hojas elípticas, oscuras y coriáceas. Florece a partir del tercer o cuarto año de crecimiento, produciendo inflorescencias axilares, fragantes, de color blanco o rosáceo. Fruto en drupa, que se desarrolla en unas 15 semanas a partir de la floración; el endospermo comienza a desarrollarse a partir de la duodécima semana, y acumulará materia sólida en el curso de varios meses, atrayendo casi la totalidad de la energía producida por la fotosíntesis. El mesocarpio forma una pulpa dulce y aromática, de color rojizo, que madura en unas 35 semanas desde la floración. La temperatura óptima para su desarrollo está entre 20 °C - 26° C, y suele encontrarse a una altura entre 600 msnm y 1600 msnm.

3.7- Factores que Influyen en el Crecimiento de los Árboles

De acuerdo con los escritos de Bruce (1965), Flinta (1960) y Husch (1963), en el crecimiento de una masa forestal, o más concretamente, en el del árbol, intervienen factores tales como las características genéticas de las especies y los factores ambientales. Estos últimos se manifiestan a través del clima, la variación de temperatura, la precipitación, el viento y la insolación; los factores del suelo como las características físicas y químicas, humedad y microorganismos presentes; características topográficas como la pendiente, elevación y aspecto; la competencia de otros árboles, plantas pequeñas y animales.

Por su parte, Vidal, Bruce, Goitia, coinciden en que el crecimiento de los árboles en altura y en diámetro, por lo que también en volumen, depende de diversos factores, que deben ser tenidos muy en cuenta:

1. Climáticos

- Temperaturas máximas y mínimas y su distribución anual.
- Precipitación total y régimen de lluvias.
- Humedad absoluta y relativa.
- Vientos, dirección, frecuencia y velocidad.

2. Edáficos

- Suelo, subsuelo, condiciones físicas y mecánicas.
- Profundidad y horizontes.
- Contenido en humedad, ph, flora microbiana.
- Exposición, pendiente y altitud.

3. Otros

- Espesura.
- Edad.
- Composición.
- Silvicultura.

Sin embargo, numerosos autores consideran que el factor edáfico es el principal influyente en el crecimiento arbóreo. De esta manera, Vidaurre (1991) afirma que los tipos de suelo y las condiciones topográficas son de primera importancia para el crecimiento. Regos (1989), señala que la comunidad y su productividad pueden ser influenciadas por las características físicas y químicas del suelo, creándose de esta

manera comunidades edáficas, determinadas por el suelo. Vincent (1970) indica que la capacidad de suministrar agua, aireación y profundidad del suelo parecen ser los factores ecológicos determinantes en la variación en la vegetación dentro de áreas de clima relativamente homogéneos.

La luz es también un factor principal en el crecimiento vegetal. Por ello, Finegan (1982), hace una clasificación de las especies según su adaptación a la luz, dividiéndolas básicamente en tolerantes o esciófitas, y en intolerantes o heliófitas. Factor que se debe tener en cuenta para la elección del distanciamiento entre árboles, el cual puede afectar negativamente si no es el adecuado.

Szendrodi et al. (1994) concluyeron durante su estudio con clones de *Populus x euroamericana*, que uno de esos factores era la disposición de un mayor espacio de crecimiento que sus vecinos. Sin embargo, se observa una significativa variabilidad en los tamaños de los árboles de una misma parcela, pese a que han sido instalados equidistantemente. Diversos son por lo tanto, los factores que influyen en que un individuo destaque frente al resto dentro de su mismo rodal.

La explicación a dicha variabilidad, también podría tener relación con la existencia de los denominados microsítios. Este concepto, descrito por Gilmore et al. (1968) y comprobado en clones de *Populus* por Acciaresi & Marlats (1987), se refiere a los frecuentes y azarosos cambios que se producen en cortas distancias de la calidad del suelo. Los factores edáficos como la permeabilidad del suelo, la vida microbiológica, la composición mineralógica y química etc., determinan la productividad del suelo y por lo tanto al crecimiento del suelo. Tal y como expresa

Trenard (1982), entre las características del ambiente, el suelo es la más importante, ya que regula el suplemente de agua y nutrientes.

Otro factor que podría influir es el tamaño de la semilla. Según Hartmann y DANIDA, el crecimiento inicial de las plántulas depende de los materiales de reserva de la semilla, por lo que semillas más pesadas deben de tener mejor germinación y producir plántulas más vigorosas. Toumey y Korstian, citados por Sturión, son de la opinión que el mayor vigor inicial no se restringe apenas por un periodo, sino que se prolonga en la vida del árbol.

El árbol modifica su crecimiento en respuesta a diversos factores: clima, ambiente, factores biológicos internos (como la procedencia) y la intervención humana sobre el árbol o el rodal (Trenard, 1982). Lo que significa que también habría una relación entre el crecimiento y el manejo que recibe el entorno y los propios árboles. Según La Ley de Mínimo de Liebeg, sostiene que el “espacio para crecer” existe hasta que uno de los factores necesarios para el desarrollo de las plantas se encuentre limitado.

3.8- Parcelas de Medición Permanente

Parcelas que son permanentemente marcadas al momento de establecerse y al iniciar la medición para que pueda ser ubicada a intervalos periódicos, para nuevas mediciones. Generalmente todos los árboles en estas parcelas son identificados y marcados individualmente. (John y Tschinkel, 1971). Muchos forestales consideran que los datos obtenidos de parcelas permanentes de muestreo son la contribución más importante para los modelos de crecimiento y rendimiento (Alder, 1980).

3.9- Modelos de crecimiento y rendimiento

Un modelo para la predicción de crecimiento y rendimiento de árboles y masas forestales, es una expresión matemática desarrollada con base en datos de parcelas de crecimiento y conocimientos biológicos del crecimiento de las especies que estima el valor de un parámetro de la masa arbórea, como la altura, diámetro, biomasa o un conjunto de parámetros (Hughell, 1991).

El crecimiento es el incremento físico de un individuo a través de un espacio de tiempo, el tamaño del individuo a través de un espacio de tiempo, el tamaño del individuo será el resultado de la interacción de la capacidad genética inherente de crecimiento y el ambiente en que está situado (Malleux, 1971). Este mismo autor dice que el crecimiento lineal se manifiesta como una prolongación del tallo principal, raíces y ramas (altura y diámetro).

4. METODOLOGÍA

4.1- Localización Fundo Génova

El estudio se realiza en un área del Fundo Génova, estación de investigación y producción de la Universidad Nacional Agraria-La Molina (UNALM) localizada en el ámbito San Ramón-La Merced, frente a la ciudad de San Ramón y al lado opuesto del río Chanchamayo. El ámbito pertenece, políticamente hablando, al distrito de Chanchamayo de la provincia del mismo nombre en el departamento de Junín (figura nº 6a y 6b). El fundo se halla ubicado entre las coordenadas UTM 8'771,500 – 8'774,500 N y 459,500-463,500 W aproximadamente.



Figura nº3a: Departamento de Junín.

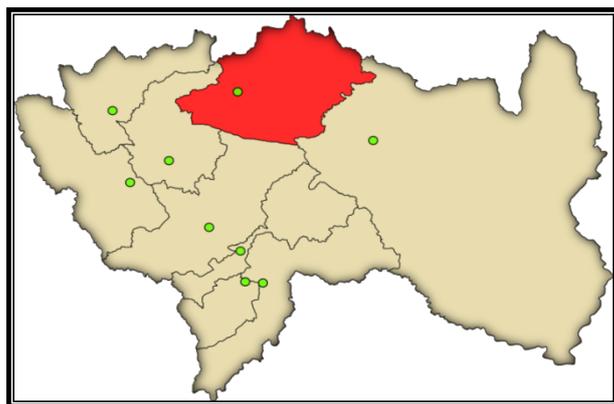


Figura nº3b: Provincia de Chanchamayo.

4.2- Pertenencia de Tierras

El Fundo Génova fue propiedad de un hacendado particular hasta los momentos de la reforma agraria durante el gobierno del general Juan Velasco, hacia el año 1968, momento en el cual fue expropiado y posteriormente transferido a la UNALM como sede de investigación aplicada. Estuvo dedicado en el pasado a la producción de café y cítricos, y actualmente posee una extensión importante concentrada en la producción de cítricos ubicada en las zonas planas y de poca pendiente de la propiedad.

4.3- Ecología del Valle de Chanchamayo

4.3.1- Fisiografía

La provincia de Chanchamayo tiene un paisaje montañoso, con altitudes que oscilan entre los 800 y 2,200 msnm, topografía compleja, originada por contrafuertes de la cordillera oriental andina, y presencia de pendientes fuertemente marcadas que representan alrededor del 80% de la superficie total en las zonas de San Ramón y La Merced. Estas fuertes pendientes van de 60 a 100 %. Las extensiones planas, de origen aluvial, se ubican en las márgenes de los ríos, y son proporcionalmente escasas, representando el 2% del área. Mientras que los paisajes de colinas de menor altura representan el 18% (Bullón, 1980).

Son áreas originalmente cubiertas de bosque, que por sus condiciones extremas de inaccesibilidad debieron ser es su mayoría bosques intangibles; sin embargo han sido objeto de serias alteraciones y actualmente buena parte del ámbito,

sobre todo a la margen derecha del río Chanchamayo, muestra un panorama desolador (Dancé & Kometter, 1982).

4.3.2- Hidrografía

Inicialmente los ríos Tarma y Tulumayo, que son de regular caudal y muy torrentosos, confluyen en San Ramón para formar el río Chanchamayo que luego de un corto recorrido se une con el río Paucartambo formando el río Perené.

El río Chanchamayo presenta un curso permanente y discurre mayormente sobre fondo rocoso y pedregoso. Su caudal varía marcadamente con las lluvias, cargando un considerable volumen de agua en años de alta pluviosidad; ello ocasiona frecuentemente destrozos en las carreteras y terrenos de las riberas (Dancé & Kometter, 1982).

4.3.3- Clima

De acuerdo a datos de 33 años del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el promedio de precipitación anual es de 2010.4 mm. La precipitación define claramente dos estaciones pluviosas; una de diciembre a mayo, caracterizada por lluvias más o menos abundantes, y otra, de mayo a noviembre en la que el volumen de lluvia disminuye, tal como se observa en la Figura nº 5.

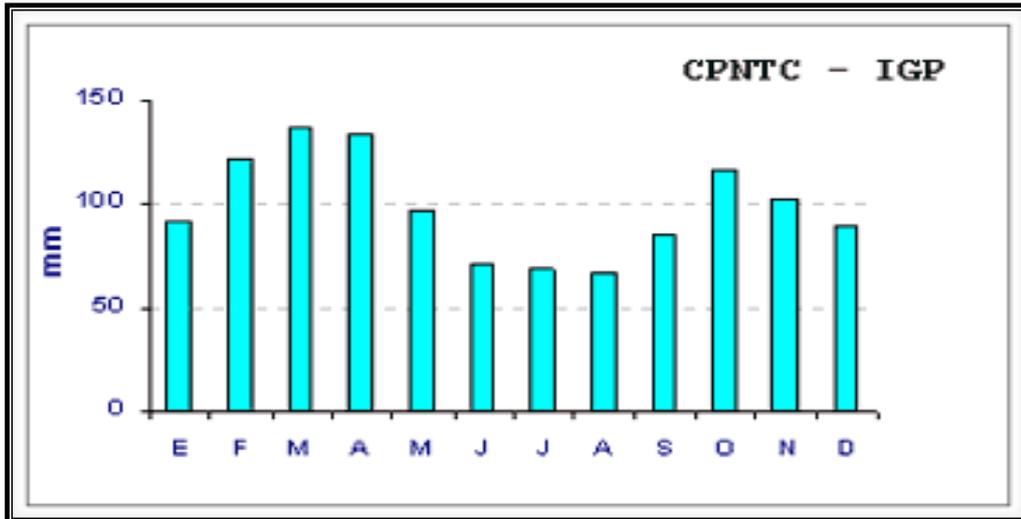


Figura nº5: Precipitación anual de Valle de Chanchamayo.

Fuente: SENAMHI, 1992.

La temperatura es permanentemente alta, exceptuando algunos meses de temperatura templada. De acuerdo a datos climatológicos de la estación meteorológica de la Fuerza Aérea del Perú (ubicada en la ciudad de San Ramón) obtenidos por un promedio de 5 años, se aprecia en la zona una temperatura media mensual comprendida entre 22.8°C-24.7°C, una media anual de 23.1°C, con una temperatura máxima promedio de 30.1°C y un mínimo promedio de 16.7°C, tal como se muestra en la Figura nº 6.

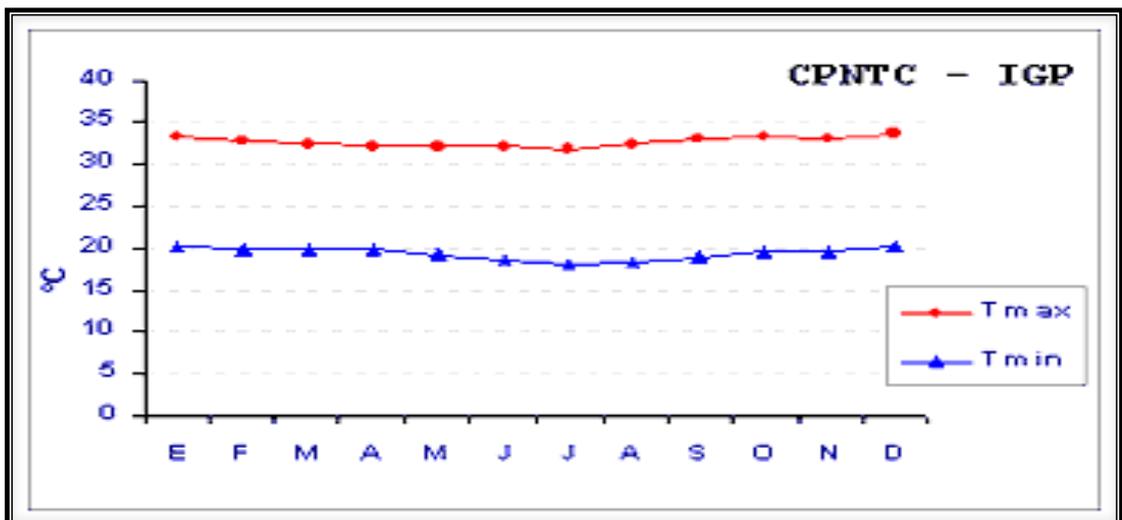


Figura nº6: Temperaturas anuales del Valle de Chanchamayo.

Fuente: INRENA, 1996.

4.3.4- Geología

La estructura geológica del Valle es compleja. La litología de la región comprende rocas sedimentarias e ígneas. Las rocas sedimentarias cubren la mayor parte del área, siendo más frecuentes sus afloramientos al Este de la confluencia de los ríos Paucartambo y Chanchamayo (Dancé & Kometter, 1982).

4.3.5- Suelos

Los suelos de la zona se clasifican de acuerdo a su origen y posición fisiográfica en tres grandes grupos mencionados a continuación:

Un primer grupo está conformado por suelos aluviales recientes en terrazas altas. Formados a partir de sedimentos aluviales de una antigüedad media. Son color pardo, con textura franca y de fertilidad moderada. Gran parte estas tierras se hallan bajo cultivo o cubiertos por bosques secundarios en la actualidad.

Un segundo grupo son los suelos coluvio - aluvio locales. Formados generalmente a partir de materiales gruesos o medios, acumulados por acción gravitacional en la base de las pendientes empinadas o acarreados desde lugares cercanos por acción del agua de escorrentía. Se encuentran distribuidos principalmente a lo largo de las quebradas estrechas. Caracterizados por ser de color pardo rojizo oscuro, de textura gruesa a media y de reacción de extremadamente ácida a neutra. Gran parte de estos suelos se hallan bajo cultivos de subsistencia actualmente.

Un tercer grupo lo constituyen los suelos residuales en ladera y cima de cerros. Son suelos de formación in situ, textura pesada, ácidos, de baja fertilidad y capacidad productiva. La mayor parte de la superficie de estas tierras se halla cubierta por la vegetación natural y en las áreas rozadas o raleadas se cultiva café, frutales y cultivos de subsistencia (Dancé & Kometter, 1982).

4.3.6- Flora

La flora y vegetación de las Yungas Peruanas han sido descritas para la región del valle de Chanchamayo (Junín) por científicos del Herbario Forestal de la UNALM (Antón & Reynel 2004), reconociéndose en la actualidad más de 3000 especies de 160 familias botánicas (Young & León 2001), aproximadamente el 18% de la flora vascular del país; es decir, una de cada cinco plantas del Perú habita en la Selva Alta. Las familias de flora vascular más diversas son Asteraceae, Melastomataceae, Orchidaceae, Poaceae, Solanaceae y Rubiaceae (Young & León 2001; Macbride 1936-1971).

En la perspectiva de enseñanza de la botánica forestal, esta área es posiblemente una de las más accesibles desde Lima en las cuales se puede observar vegetación típicamente amazónica, con predominio de familias tales como las Myristicaceae, Lauraceae, Moraceae y presencia de otras familias endémicas de la llanura amazónica, como por ejemplo Lecythydaceae y Burseraceae.

La familia Morácea se halla ampliamente distribuida y es muy frecuente en el bosque húmedo peruano, principalmente por debajo de los 1800 msnm. Es una de las familias arbóreas más importantes del Neotrópico no solamente por su afluencia, sino

también por incluir muchas especies de uso maderable, por ejemplo el «Palo Sangre» *Brosimum rubescens*, posiblemente la madera más dura del Nuevo Mundo, y los árboles de «Ojé», «Matapalos» o «Higuerones», pertenecientes al género *Ficus*, dentro de ellos *Ficus insipida*, cuyo látex tiene propiedades antiparasitarias y es extensamente empleado en la Amazonia como purgante y antihelmíntico. La familia comprende unos 18 géneros y alrededor de 120 especies en el país (Brako & Zarucchi, 1993).

Las especies comerciales principales son de las familias Meliaceae (*Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*), Podocarpaceae (*Prumnopitys* spp., *Podocarpus* spp. y *Retrophyllum rospigliosii*) y Lauraceae (*Ocotea* spp., *Nectandra* spp.); debido a las extremas condiciones de la topografía, gran parte del volumen se extrae para uso local (muebles, puertas, vigas, otros), salvo que exista acceso directo por carreteras o caminos carrozables, de manera que la extracción es mucho más intensa para llevar madera al comercio (Young & León 1999, Galiano 2000).

4.3.7- Zona de Vida

Estas características climatológicas determinan de acuerdo al sistema Holdridge (1978), el cual estratifica las áreas naturales sobre la base de parámetros de temperatura, precipitación, altitud y latitud, que la zona de vida del área de estudio en el fundo La Génova se considera como Bosque húmedo - Premontano Tropical (bh-PT). Las distintas zonas reconocidas en dicho sistema se plasman en el Mapa Ecológico elaborado por la ONERN (1976) y luego actualizado por INRENA (1995).

Por otra parte, empleando los criterios de clasificación por ecorregiones desarrollados por Brack (1986), el ámbito de estudio se sitúa en el piso inferior de Selva alta o Ceja de Selva, que se extiende entre 800-1300 msnm.

4.4- Materiales y Métodos

4.4.1- Materiales

Para la realización de este estudio se utilizaron diversas herramientas; En la evaluación de crecimiento se usó una cinta métrica de 30 m. para medir las alturas y pie de rey para los diámetros; pintura y brocha para marcar la altura dónde se tomó el diámetro base; machete para acceder con mayor facilidad a la zona y limpiar los alrededores de las plantas evaluadas; pala y pico de para cavar los hoyos dónde se tomaron las muestras de suelo y bolsas de plástico herméticas para conservarlas; GPS para georeferenciar los puntos donde se tomaron las muestras de suelos y para situar las parcelas; y por último, libreta de campo y computadora para procesar datos.

4.4.2- Obtención de Semillas y Manejo en Vivero

Las semillas *Inga sp.* son colectadas directamente de plantas madre encontradas alrededor de la zona de San Ramón. Estas semillas son posteriormente procesadas y seleccionadas. Se mantienen a remojo durante una noche y luego se siembra a voleo en almáciga. Dependiendo de la madurez y del tamaño de la semilla, tardan entre 8 a 15 días en germinar, y se trasplantan a bolsas un mes después de iniciada la germinación. La plántula permanece bajo los cuidados de vivero durante un año, dónde aproximadamente alcanza entre 1-1,5 m de altura.

4.4.3- Preparación del Terreno y Plantación

Las parcelas se han establecido en un área dedicada a un proyecto en curso que tiene como objetivo sensibilizar a los agricultores sobre una agricultura sostenible de una manera práctica. Para ello se han instalado sistemas agroforestales en distintos fundos de la zona en colaboración con los agricultores. Con esta intención de promover los sistemas agroforestales, y en cooperación con el IRD de Selva se ha implantado el sistema agroforestal que será a la misma vez productivo para el fundo.

El estudio se realizó en un terreno a campo abierto en una ladera de solana, cercano al límite sur del fundo, el cual es visible. En el mapa nº 1 se observa la localización de las áreas experimentales, teniendo como guía las ciudades de La Merced y San Ramón.

Se realizan dos limpiezas y se aplica herbicida previamente a la plantación. Esta se hace trasladando los plántones en bolsas con su sustrato. La dimensión del hoyo es de 40x40x40cm con espaciamiento de plantación efectuado de 4X4 m para *Inga sp.*, e 1x1,5 para café. Las especies de *Inga* y el café se plantan todas en el mismo periodo de tiempo. Se aplica fungicida foliar al café. La siembra del frijol se realiza al mismo tiempo que se lleva a cabo la plantación de las plantas de *Inga* en parcelas nº 1 y 2. Mientras que en la parcela nº 3 se siembra 3 meses más tarde. Posteriormente se hace otra limpieza en calles dónde se coronar el café.

TRATAMIENTOS	MESES											
	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.
Limpieza del terreno												
Aplicación de herbicida												
Plantación <i>Inga sp.</i>												
Siembra de Frijol de Palo												
Plantación de Café												
Aplicación Fungicida												

Cuadro nº4: Cronograma de Instalación del Sistema Agroforestal.

4.4.3- Tamaño y Número de Plantas Evaluadas

Para realizar el inventario de campo, se diseñaron parcelas con un tamaño que permitiera obtener la mayor variabilidad de datos de una especie teniendo en cuenta el tiempo disponible para realizar la totalidad de esta tesis, y, la variedad dispar en tamaños de plantación de cada especie.

Por lo tanto, los criterios seguidos para seleccionar el tamaño de las parcelas fueron los siguientes:

- Tamaño máximo de parcela concordante en tres especies distintas.
- Número de plantas que se estimó ser suficiente para ver reflejado en los resultados una trayectoria de crecimiento.

El tamaño de las parcelas es de 16X16m.

Finalmente el diseño experimental quedó conformado por los datos provenientes de:

- 25 individuos de *Inga* de tres especies distintas. Un total de 75 plantas.

Se delimitaron las parcelas mediante la colocación en las esquinas de aristas con rafia de un color rosa fosforescente para permitir la fácil visualización de estas desde lejos y por encima de la maleza.

4.4.4- Diseño de Sistema agroforestal y Planos

Este sistema agroforestal es una asociación entre el cultivo de café (*Coffea arabica*), que teóricamente tiene un marco de plantación de 1x1,5 m, (lo que no

siempre se cumple como se muestra en los planos detallados de las parcelas) con *Inga sp.*, plantadas a 4x4 m de distancia, y con frijol de palo (*Cajanus cajan*), el cual tiene un disposición completamente al azar.

Respecto a la posición que ocupa cada planta dentro de la parcela, se midió cual es la distancia real entre ellas, y sobre todo se observó dónde hay planta de frijol de palo, ya que ni el número de ni la posición de estas sigue un orden concreto o común a las tres parcelas. Se crearon los siguientes planos que muestran exactamente la ubicación de cada planta dentro de cada parcela, y el distanciamiento entre ellas.

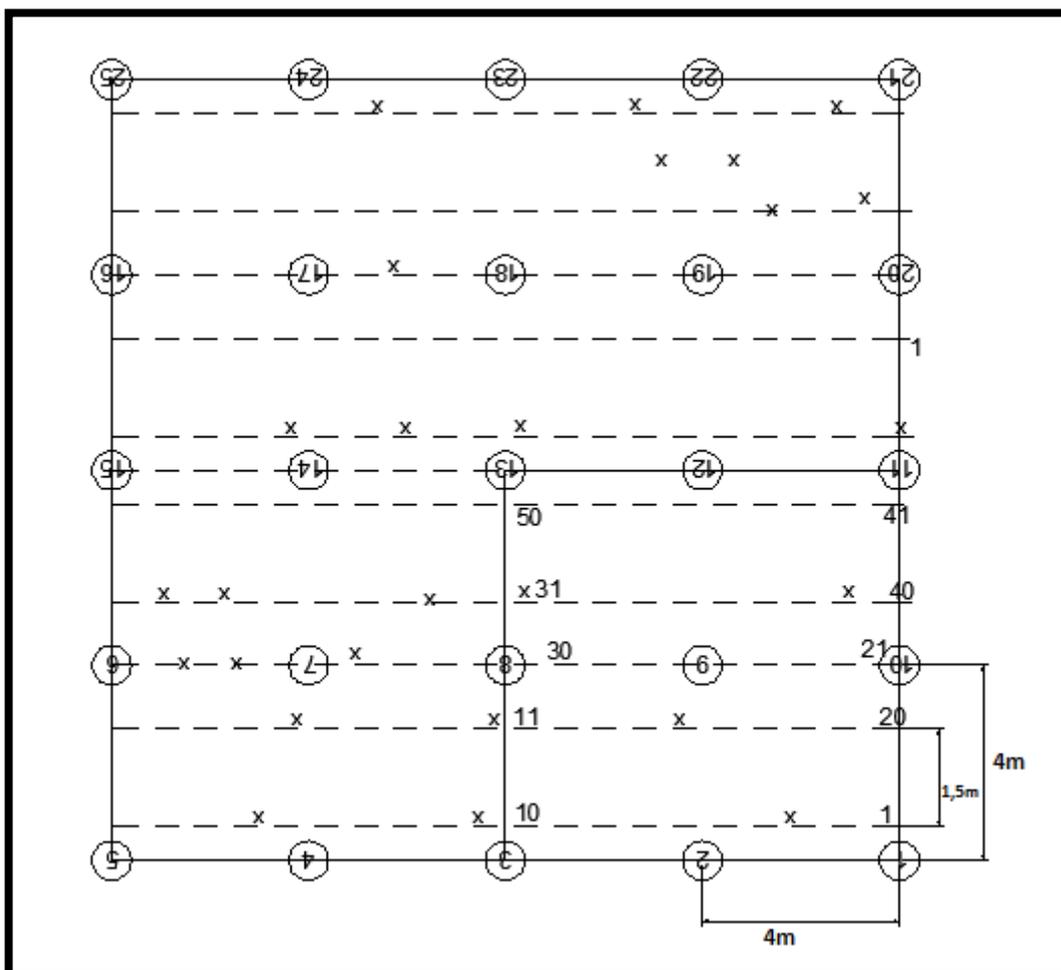


Figura nº7: Plano de Parcela nº1.

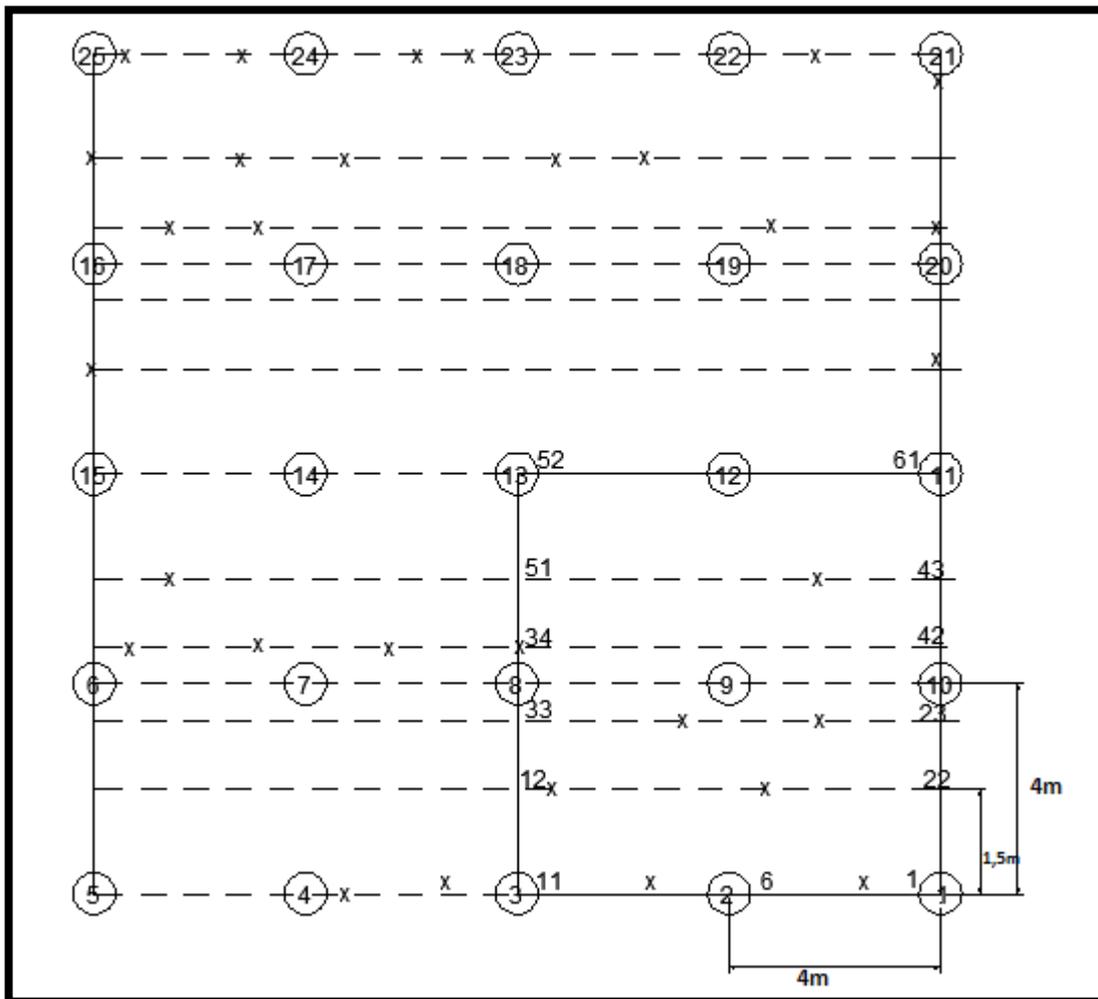


Figura nº8: Plano de Parcela nº 2.

LEYENDA	
INGA	○
CAFE	—
FRIJOL DE PALO	x

4.4.5- Especies

Las especies del género Inga que se han evaluado son: *I. lineata*, *I. oerstediana*, *I. adenophylla*. Estas especies fueron evaluadas como promisorias en el Fundo La Genova en un experimento de adaptación de especies del género Inga. La variedad de café es caturra rojo.

Se revisaron las Ingas para confirmar que las plantas presentes en cada parcela eran respectivamente de la misma especie. La determinación de Inga especie, variedad del café, y del frijol de palo, fue proporcionada por Ingeniero encargado de la siembra del cultivo, y posteriormente revisada por un experto botánico Dr. Terry Penningto..

4.4.6- Parámetros de Evaluación

Para la llevar a cabo la evaluación del crecimiento inicial, se propuso realizar dos series de mediciones, separadas en el tiempo por dos meses. La primera en abril y una segunda en junio. Cada planta se ha evaluado por segunda vez exactamente dos meses después de su primera medición.

Primeramente, se marcó cada planta mediante una etiqueta identificadora en la que especifica:

- Número de parcela:
 - P1: Parcela 1
 - P2: Parcela 2
 - P3: Parcela 3

Las tres parcelas se numeraron de manera descendente según la altura terreno sobre el nivel del mar. La 1ª se encuentra alrededor de los 940 msnm, la 2ª a unos 930 msnm, y la 3ª está a unos 890 msnm. La número 1 es en la que se encuentra *I. lineata*; la número 2 es la que tiene plantada *I. oerstediana*; y en la 3ª aparece *I. adenophylla*.

- Especie de Inga:
 - IL: *Inga lineata*
 - IO: *Inga oerstediana*
 - IA: *Inga adenophylla*

- Número de planta: La numeración de las plantas se ha realizado de la manera reflejada en los planos de las parcelas. La planta nº 1 siempre es la de la esquina inferior derecha, y la última la de la esquina superior derecha. Este criterio de numeración se decidió básicamente por la comodidad a la hora de avanzar por el terreno para tomar las mediciones.

4.4.7- Crecimiento inicial

Los datos de campo tomados son:

- Diámetro de la base: se midió a 5 cm del cuello de la raíz se marcó con pintura el lugar exacto dónde se tomó la medida.
- Diámetro bajo la 1ª ramificación
- Diámetro bajo 2ª ramificación
- Diámetro de 1ª rama

- Diámetro de 2ª rama

El resto de diámetros se tomaron lo más cercano posible al nudo pero siempre por debajo de este para que la medición sea ecuánime. Todos los diámetros se han tomado en una misma orientación, tal y cómo se muestra en la siguiente figura. La determinación de la 1ª y 2ª rama depende de la arquitectura de la planta. La rama 1 siempre será la primera que salga del ápice principal en sentido ascendente, o como en el caso de la figura, si la bifurcación se da al mismo nivel, será la más gruesa. La rama 2 será, por lo tanto, la restante o la siguiente.

- Altura total del tallo principal: altura desde la base hasta el ápice, entendiéndose como ápice el extremo más alejado del origen. Entre las más robustas, se eligió como tallo principal la más larga.
- Altura hasta 1ª ramificación
- Altura hasta 2ª ramificación: o en el caso de que no presentase 2ª ramificación vendría a ser la altura hasta el ápice.
- Número de ramas primarias, secundarias y terciarias: Ramas primarias son aquellas que nacen de nudos en el tallo principal. Ramas secundarias son aquellas que surgen de las ramas primarias, de la misma manera que las terciarias son aquellas que se desarrollan a partir de las secundarias.

La altura hasta 1ª y 2ª ramificación vendrán a ser las más significativas, ya que permanecerán después de la poda, y por lo tanto será una variable constantemente presente en el tiempo pudiéndose ver claramente su patrón.

4.4.8- Estado Fitosanitario

Se hizo una apreciación de la salud de los árboles de *Inga* .Se utilizó la siguiente clasificación:

CÓDIGO DE ESTADO SANITARIO
A= 95-100% de las hojas sanas, sin ataque de hongos, ni de insectos, ni con deficiencias nutricionales.
B= 40-50% de las hojas afectadas por hongos, ataque de insectos y/o con deficiencias nutricionales.
C= 100% de las hojas afectadas por hongos, ataque de insectos y/o deficiencias nutricionales.
D= Planta viva sin hojas.
E= Muerto en pie.
F= Muerto caído.

4.4.9- Muestreo de Suelo

Se recolectaron muestras de suelo de cada parcela. Para que la muestra total sea una muestra homogénea y por lo tanto representativa del suelo de toda la parcela, se recogieron tres muestras de cada una de puntos ligeramente variables en cuanto a su topografía total de la parcela. Cada punto elegido se georeferenció, y se eliminó la cobertura vegetal, limpiando la superficie del suelo descartando todo rastrojo. Con la pala se efectuaron cortes marcando un área de 20x20 cm, y se cavó hasta unos 20 cm de profundidad. Se recogió una primera muestra, y se volvió a cavar hasta llegar a los

40 cm de profundidad, dónde se sacó una segunda muestra. Por lo tanto, en total se obtuvieron tres submuestras de 20 cm de hondo y tres de 40 cm por parcela. Se juntó el material de las submuestras en el laboratorio, se desmenuzaron los terrones y se mezclaron bien repetidas veces. Finalmente se obtuvo un peso final de aproximadamente 1kg por muestra de cada profundidad. Se embolsaron e identificaron.

4.4.10- Procesamiento de Datos

4.4.10.1- Análisis de varianza

Para el análisis de datos se ha utilizado el programa estadístico SPSS versión 11.5 (Statistical Package for Social Science).

Se realizó análisis de varianza de los incrementos medios en altura total y en diámetro de la base para comprobar si existe o no diferencia estadística significativa en el crecimiento inicial entre especies.

4.4.10.2- Comparaciones Múltiples

Para establecer el grado de diferencia que existe entre especies se harán diagramas de barras de los promedios de todos los datos de campo tomados.

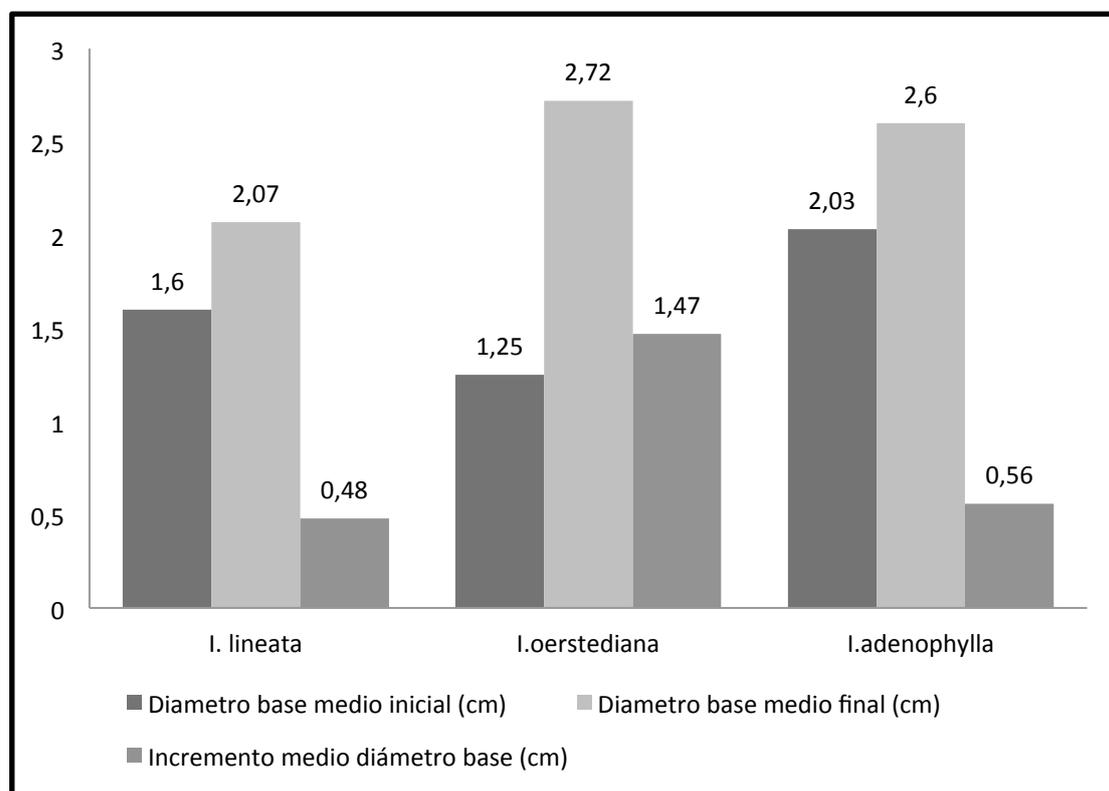
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1- Crecimiento Inicial

En el cuadro 5 y Figura n° 10 se muestra los promedios del diámetro base de las medición inicial y la final, y el respectivo incremento promedio.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Diámetro base medio inicial (cm)	1,6	1,25	2,03
Diámetro base medio final (cm)	2,07	2,72	2,6
Incremento medio diámetro base (cm)	0,48	1,47	0,56

Cuadro nº5 y Figura 10: Promedios del Diámetro Base e Incremento Medio de Tres Especies de Inga.

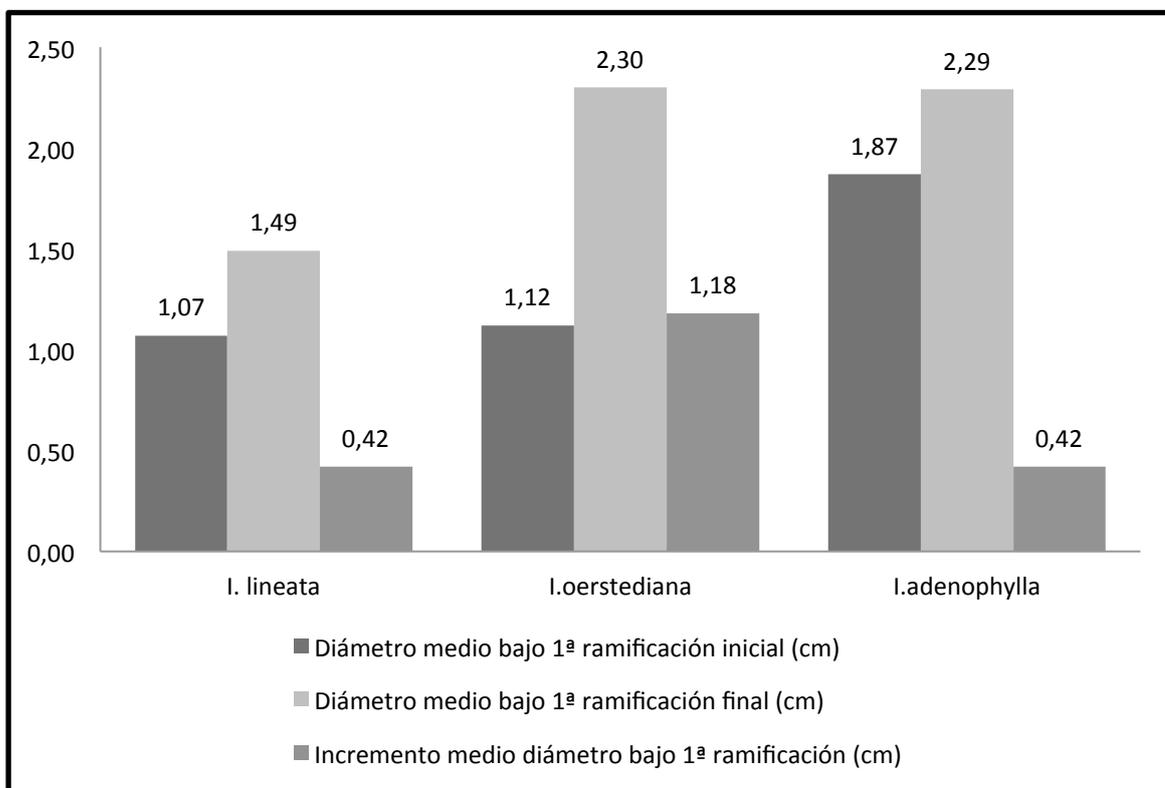


De los resultados se observa que *I. adenophylla* presenta el mayor diámetro base inicial de las tres especies, e *I. oerstediana* el menor. Sin embargo, el incremento medio es considerablemente mayor en *I. oerstediana*, por lo que también resulta presentar el mayor diámetro base final.

En el cuadro 6 y figura nº 11 se muestra los promedios del diámetro bajo 1ª ramificación de la medición inicial y la final, y el incremento medio resultante de ambas mediciones.

Especie	<i>I.lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Diámetro medio bajo 1ª ramificación inicial (cm)	1,07	1,12	1,87
Diámetro medio bajo 1ª ramificación final (cm)	1,49	2,30	2,29
Incremento medio diámetro bajo 1ª ramificación (cm)	0,42	1,18	0,42

Cuadro nº6 y Figura 11: Diámetros medios bajo primera ramificación e incrementos.

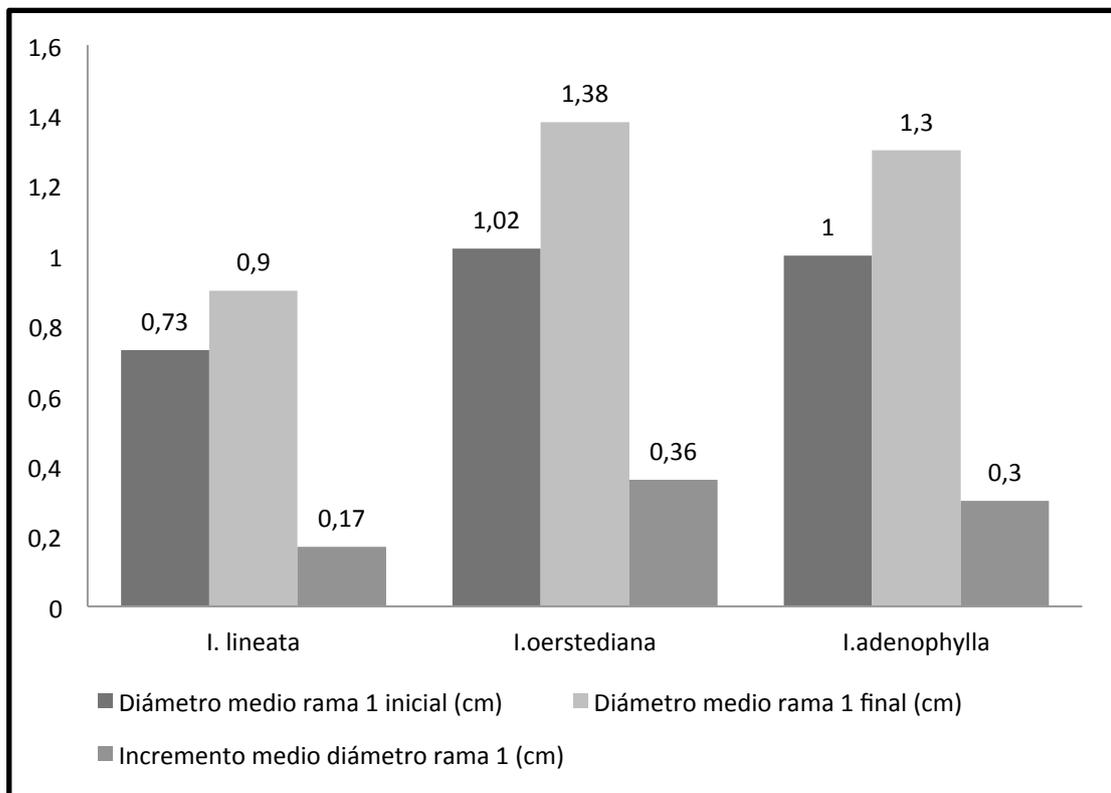


De los resultados se obtiene que *I. adenophylla* manifiesta un diámetro más grueso inicialmente, pero de nuevo, *I. oerstediana* revela un incremento más significativo de esta variable, presentando así, un mayor diámetro final bajo la primera ramificación que *I. adenophylla* e *I. lineata*.

En el cuadro 7 y figura nº 12 se expone el diámetro medio tomado en ambas mediciones y el incremento correspondiente.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Diámetro medio rama 1 inicial (cm)	0,73	1,02	1,00
Diámetro medio rama 1 final (cm)	0,90	1,38	1,30
Incremento medio diámetro rama 1 (cm)	0,17	0,36	0,30

Cuadro nº7 y Figura 12: Diámetros de rama 1 e incrementos.

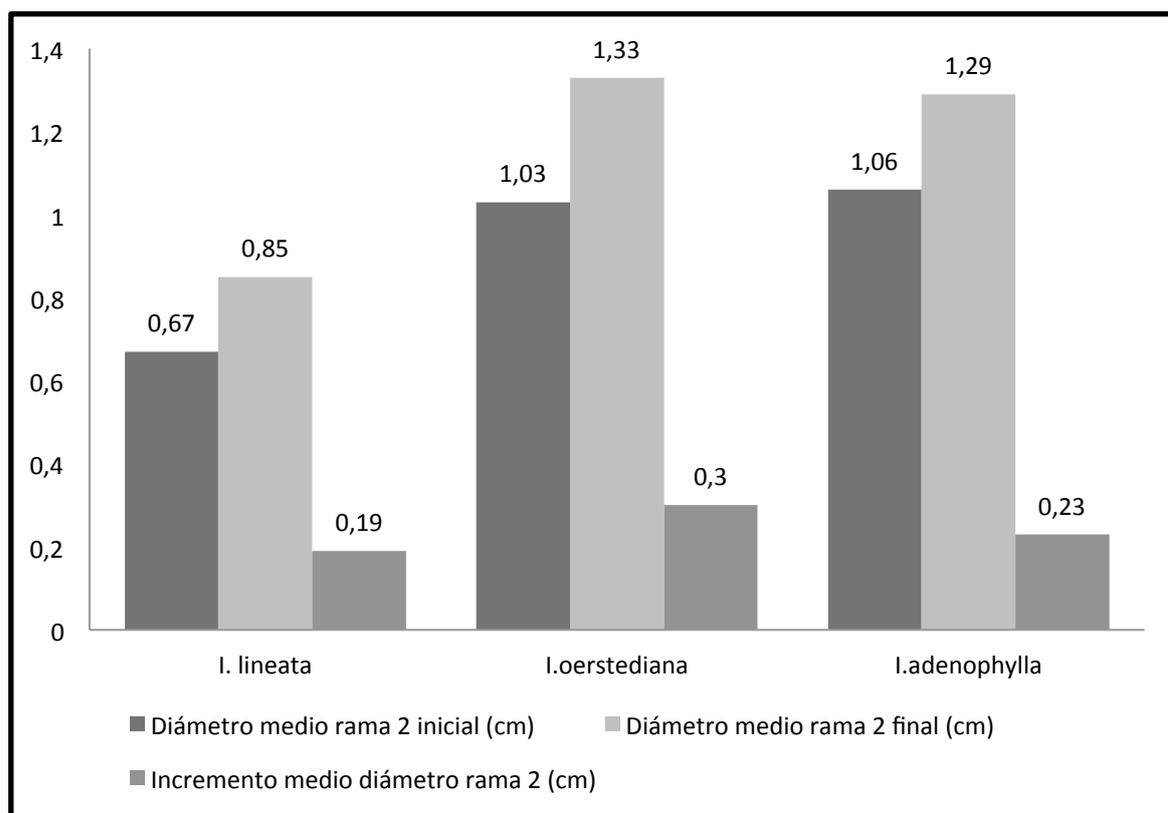


De la figura nº 12 se distingue que el grosor medio de la primera rama es ligeramente mayor en *I. adenophylla* que en *I. oerstediana*, aunque cercanamente similar en ambas especies. Con respecto a *I. lineata*, si hay una diferencia notable, teniendo esta una promedio de diámetro de primera más delgado. Comparando el incremento que experimentan las tres especies en cuanto al crecimiento en grosor de la primera rama, una vez más es *I. oerstediana* la que destaca.

En el cuadro 8 y en la figura nº 13 se presenta los diámetros promedios de la segunda rama y el incremento acaecido.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Diámetro medio rama 2 inicial (cm)	0,67	1,03	1,06
Diámetro medio rama 2 final (cm)	0,85	1,33	1,29
Incremento medio diámetro rama 2 (cm)	0,19	0,30	0,23

Cuadro nº 8 y Figura n 13: Diámetros medios de rama 2 e incrementos.



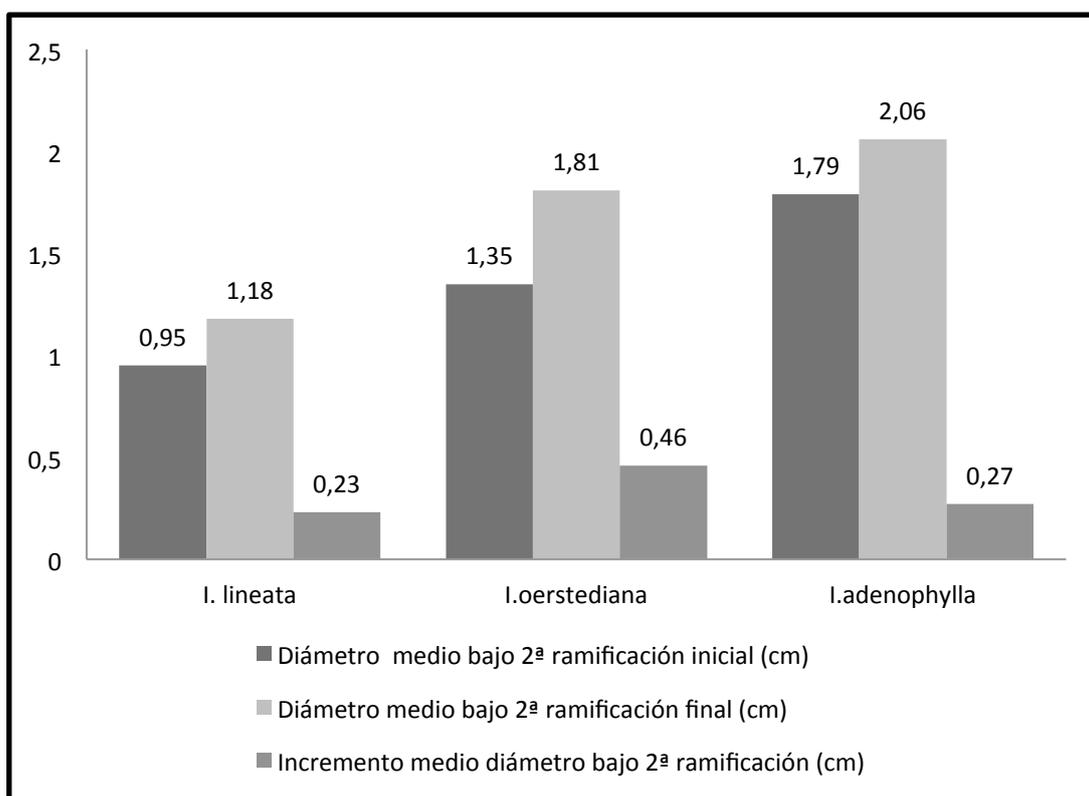
En la figura nº 13 revela que, al igual que el de la primera rama, el diámetro promedio es bastante parecido en las especies *I. oerstediana* y *I. adenophylla*, aunque en este caso un poco superior en la segunda. No obstante, *I. lineata* sigue demostrando un crecimiento menor en cuanto a diámetros comparado con las otras dos especies. Se advierte también, que normalmente, tanto en *I. oerstediana* como en

I. adenophylla, el grosor de la primera rama es un poco menor que en la segunda rama; mientras que para *I. lineata*, es al contrario.

El cuadro 9 y la figura nº 14 exhiben el promedio de los diámetros bajo la 2ª ramificación tomados inicialmente y finalmente, y el incremento ocurrido.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Diámetro medio bajo 2ª ramificación inicial (cm)	0,95	1,35	1,79
Diámetro medio bajo 2ª ramificación final (cm)	1,18	1,81	2,06
Incremento medio diámetro bajo 2ª ramificación (cm)	0,23	0,46	0,27

Cuadro nº 9 y Figura nº 14: Diámetros medios bajo segunda ramificación e incrementos.



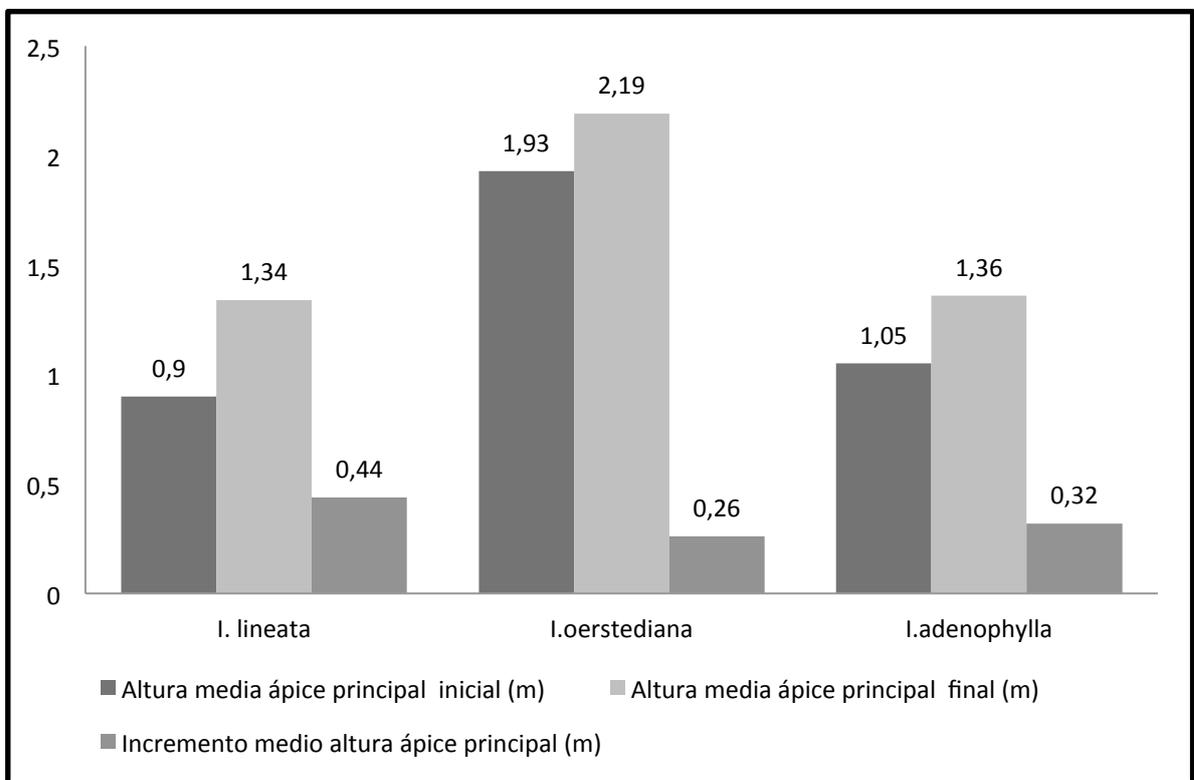
En los resultados se aprecia que *I. adenophylla* presenta un promedio de diámetro bajo 2ª ramificación, tanto para la primera medición como para la segunda, mayor que las otras dos especies. Sin embargo, el incremento medio es más alto para *I. oerstediana*. Comparando estos valores con los obtenidos del diámetro medio bajo la

1ª ramificación, generalmente son más pequeños. Por lo que el grosor bajo la 1ª ramificación es mayor que bajo la 2ª.

En el cuadro 10 y figura 15 se detallan las alturas medias del ápice principal de cada especie, y el incremento resultante de la medición inicial y final tomada.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Altura media ápice principal inicial (m)	0,90	1,93	1,05
Altura media ápice principal final (m)	1,34	2,19	1,36
Incremento medio altura ápice principal (m)	0,44	0,26	0,32

Cuadro nº 10 y Figura nº 15: Alturas Medias Totales de Ápice Principal e Incrementos.



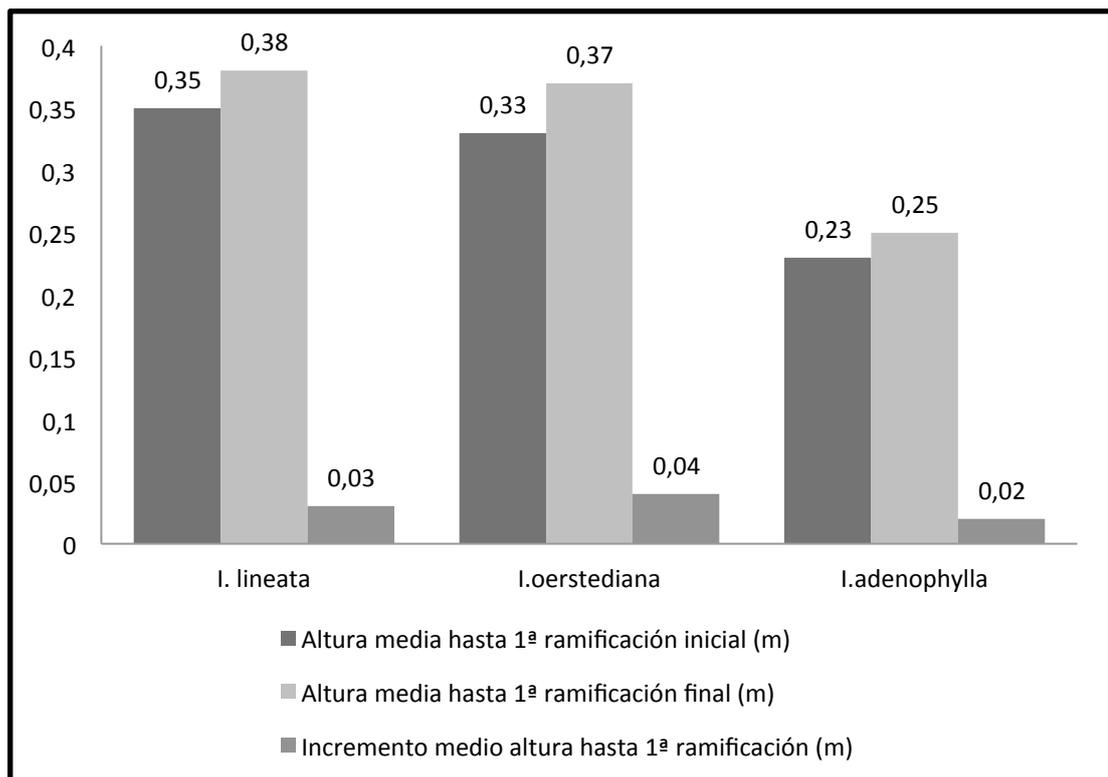
Se distingue que, *I. oerstediana* presenta mayor altura del ápice principal con diferencia, seguida de *I. adenophylla*, e *I. lineata* para la medición inicial. Para la medición final, *I.oerstediana* de nuevo demuestra tener una altura de ápice principal superior a las otras dos especies. Sin embargo, el incremento medio es más alto en *I. lineata*, por lo que destaca en altura sobre *I. adenophylla*. Se observa que la

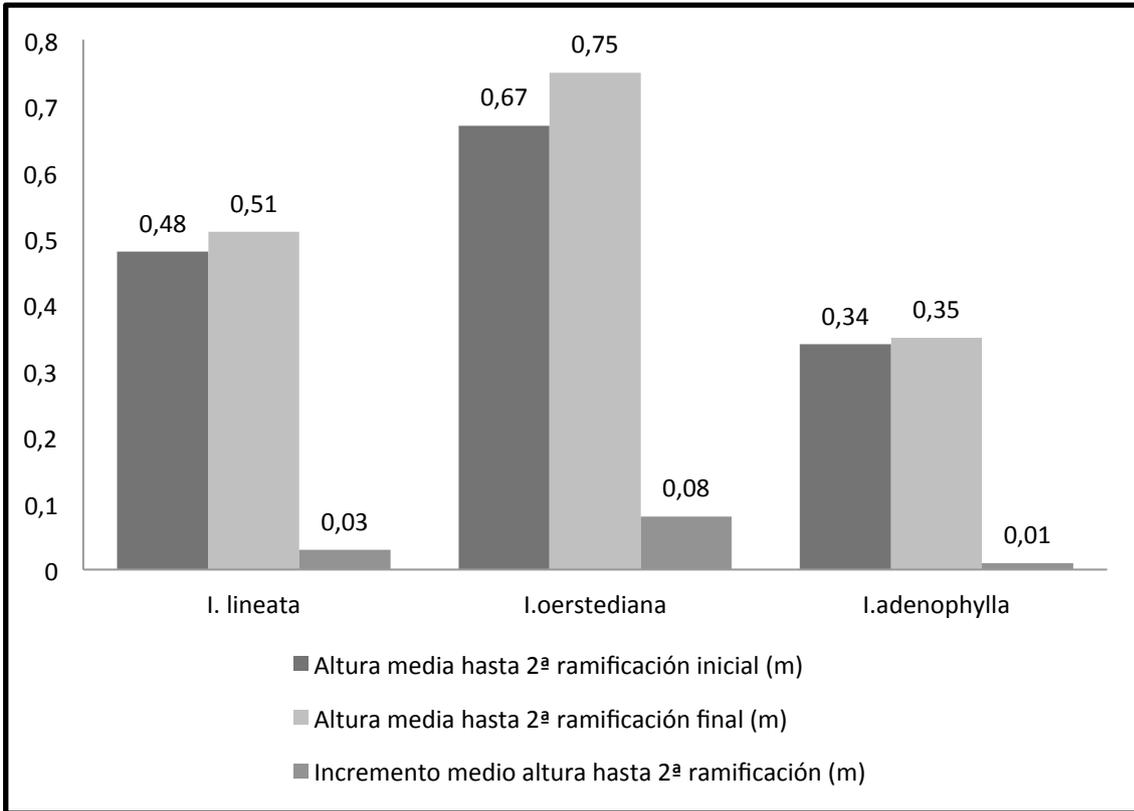
morfología de la especie ha tenido una gran influencia sobre la altura total del ápice principal, ya que en *I. adenophylla* sus ramificaciones primarias compiten entre ellas en altura y en expansión de sombra, enlongándose en dirección lateral; mientras que en las otras dos especies se puede distinguir más claramente un solo ápice principal que crece de manera vertical y erecta sin encontrar competencia entre ramas.

El cuadro 11 y la figura 16 contemplan las alturas medias hasta 1ª y 2ª ramificación, y los correspondientes incrementos.

Especie	<i>I. lineata</i>	<i>I.oerstediana</i>	<i>I.adenophylla</i>
Altura media hasta 1ª ramificación inicial (m)	0,35	0,33	0,23
Altura media hasta 1ª ramificación final (m)	0,38	0,37	0,25
Incremento medio altura hasta 1ª ramificación (m)	0,03	0,04	0,02
Altura media hasta 2ª ramificación inicial (m)	0,48	0,67	0,34
Altura media hasta 2ª ramificación final (m)	0,51	0,75	0,35
Incremento medio altura hasta 2ª ramificación (m)	0,03	0,08	0,01

Cuadro nº 11 y Figura nº 16: Altura Medias hasta 1ª y 2ª Ramificación e Incrementos.





La altura a la que la planta ramifica es una referencia del tipo de arquitectura que presenta la especie y una indicación de qué especie tiene mejor conformación para la proyección de sombra. *I. adenophylla* es la especie que ramifica antes en altura. Con una diferencia en el promedio de 10 cm o más en comparación con *I. oerstediana* e *I. lineata*. Este dato indicaría que se espera que en su madurez la especie presente una mayor expansión lateral y por lo tanto aporte una mayor área de sombra.

5.2-Análisis de Varianza

Para el análisis estadístico del experimento se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: No hay diferencia significativa entre el valor promedio del incremento de la variable estudiada (altura total y diámetro base) de las tres especies del género *Inga*.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis alternativa: Al menos un valor promedio del incremento de la variable estudiada de un tratamiento es diferente al de otro.

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ ó } \mu_1 \neq \mu_3 \text{ ó } \mu_2 \neq \mu_3$$

5.2.1- Crecimiento Inicial en Altura Total

Cuadro nº12: Incrementos medios en altura total para las tres especies.

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	0,443± 0,216
2	0,262±0,193
3	0,316±0,322

NOTA: Tratamiento 1 = *Inga lineata*; Tratamiento 2= *Inga oerstediana*; Tratamiento 3 = *Inga adenophylla*

Para poder realizar un análisis de varianza se deben cumplir una serie de condiciones. La primera de ellas, es que los datos de la muestra deben seguir una

distribución normal. Al realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov para las muestras de las tres distintas especies, se obtiene que los valores de la significación asintótica de KS ($\rho_1 = 0,902$; $\rho_2 = 0,428$; $\rho_3 = 0,509$;) para los tres tratamientos son mayores que el nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo que se entiende que los datos sí se ajustan a una distribución normal.

Para que se cumpla el segundo supuesto, las muestras deben presentar una homogeneidad de varianzas. Para la comprobación se realiza la prueba de Levene, de la cual se obtiene un valor de significación ($\rho = 0,113$) mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). Por lo que se sabe que sí se presenta una homogeneidad de varianzas.

Cuadro nº13: ANOVA para los incrementos de la altura total para los tres tratamientos.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	Significación
Tratamientos	0,399	2	0,199	3,211	3,15	0,047
Error	4,035	65	0,062			
Total	4,433	67				

Cuadro nº14: Prueba de medias de Tukey para la altura total de la tres especies de *Inga*.

(I) TRATAMIE	(J) TRATAMIE	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	,1806(*)	,07354	,044	,0043	,3570
	3,00	,1266	,07354	,205	-,0498	,3029
2,00	1,00	-,1806(*)	,07354	,044	-,3570	-,0043
	3,00	-,0541	,07512	,753	-,2343	,1261
3,00	1,00	-,1266	,07354	,205	-,3029	,0498
	2,00	,0541	,07512	,753	-,1261	,2343

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Se rechaza la hipótesis nula puesto que en el cuadro 9 se observa que se ha obtenido una significación baja ($p = 0,047$), menor a $\alpha = 0,05$; cumpliéndose también $F_c > F_t = 3,211 > 3,15$. Es decir se presentan diferencias significativas entre los valores medios del incremento de altura de al menos dos de las especies. Analizando la prueba de Tukey (cuadro 10), se determina que las diferencias significativas entre el incremento medio de la altura, se presentan entre el tratamiento 1 y 2. Es decir, entre la especies *I. lineata* e *I. oerstediana*.

Resultado no esperado puesto que a priori, *I. oerstediana* es la especie que aparentemente tiene mayores dimensiones, por lo que ha tenido un mayor crecimiento inicial previo a este estudio. Así pues cabía esperar que se presentasen resultados en base a esta tendencia. Además, se esperaba encontrar una diferencia significativa respuesta con respecto al crecimiento inicial se encontrase en las especies situadas en las parcelas 1 o 2, puesto que se ha cumplido con un mejor manejo en ellas que en la parcela 3, en la que se ha presenciado un mayor abandono en cuanto a eliminación de maleza y por lo tanto de cierta competencia por los recursos. No solo por este motivo, sino también por la diferencia de fecha de plantación del frijol de palo. La plantación se llevó a cabo meses antes en parcelas 1 y 2. Por ello se aprecia una diferencia de tamaño considerable, y se preveía que la sombra transitoria proporcionada por esta planta afectase al crecimiento inicial de manera beneficiosa.

Este resultado nos lleva a interpretar que *I. oerstediana* tiene un desarrollo significativamente mayor que *I. lineata*, en condiciones similares de manejo; mientras

que *I. adenophylla* a pesar de tener mayores limitaciones, el nivel de desarrollo es cercano a *I. oerstediana*.

5.2.2-Crecimiento Inicial en Diámetro Base

TRATAMIENTOS	MEDIA
1	0,476±0,239
2	1,475±0,592
3	0,563±0,345

Cuadro nº15: Incrementos medios en diámetro base para las tres especies.

NOTA: Tratamiento 1 = *Inga lineata*; Tratamiento 2= *Inga oerstediana*; Tratamiento 3 = *Inga adenophylla*

Las tres muestras se ajustan a una distribución normal según sus valores de significación en la prueba de KS ($\rho_1 = 0,985$; $\rho_2 = 0,998$; $\rho_3 = 0,519$).

Mediante la prueba de Levene ($\rho = 0,001$) se constata que no hay homogeneidad de varianzas entre especies, lo que demuestra que los datos de crecimiento en diámetro son muy desiguales entre especies.

Pese a que en los estados tempranos de crecimiento se suele observar un mayor crecimiento en altura, se ha observado un mayor incremento en el crecimiento de diámetro que de altura.

No es fácil poder afirmar con seguridad cuál es el factor clave puesto que son tantas las variables que influyen en el complejo proceso de crecimiento. La desigualdad de los datos señala que ha habido algún factor que ha influido para que una especie se tenga una mejor respuesta en cuanto crecimiento que otra. Es posible que sea la propia especie que este mejor adaptada a ciertas carencias en el suelo o que alguna especie sea más heliófita que otra, y por lo tanto tenga una mejor adaptación a las condiciones del sitio.

No se ha observado homogeneidad en la ubicación del frijol de palo, el cual se encuentra de manera dispersa y sin ningún orden espacial. Esta situación, provoca que haya árboles que reciben una alta dosis de sombra, mientras otros están totalmente expuestos al sol. Es posible que bajo la sombra del frijol de palo se cree un microclima que favorezca el crecimiento de la planta, ya que se ha detectado que la mayoría de aquellos árboles que se encuentran bajo frijol de palo muestran una respuesta más positiva en cuanto a crecimiento inicial.

5.3- Estado Fitosanitario

ESPECIE	ESTADO					
	A	B	C	D	E	F
<i>I. lineata</i>	54%	38%	4%	4%	-	-
<i>I. oerstediana</i>	-	14%	82%	-	4%	-
<i>I. adenophylla</i>	18%	41%	23%	18%	-	-

Cuadro nº 16: Porcentaje de plantas por especie pertenecientes a cada grupo fitosanitario.

Se manifiestan diferencias importantes en cuanto al estado fitosanitario entre especies. *I. lineata* demuestra tener una mayor resistencia a plagas, enfermedades y ataque de insectos, ya que el 54% de la muestra se encuentra en condiciones sanas y sin apenas deterioro en sus hojas, y un 38% ha sufrido un moderado ataque de

insectos, mostrando algún síntoma de enfermedad. En general *I. lineata* ha tenido una buena respuesta en cuanto a su estado fitosanitario, por lo que se entiende que es más resistente a la fauna de la zona y a las carencias en nutrientes.

Totalmente en contraste con los anteriores resultados, *I. oerstediana* es la especie que se halla en peores condiciones fitosanitarias, con un 82% de la muestra mostrando un notable deterioro en su hojas, e incluso contando con algún individuo que no ha sobrevivido.

Por último, *I. adenophylla* se encuentra en un punto medio. Algunas de las plantas están sanas y otras han sufrido un desmejoramiento severo, pero por lo general (41%) su estado no está demasiado perjudicado, pese a haber tenido un peor manejo que *I. oerstediana* e *I. lineata*. Aunque se ha observado un significativo porcentaje (18%) de plantas sin hojas, que posiblemente afecte a la supervivencia de estos individuos.

5.4- Análisis de Suelos

Según los resultados del análisis, el suelo presenta un pH fuertemente ácido (5,43), con niveles inexistentes en calcáreo (0%) y contenido en materia orgánica bajo (1,43%); la disponibilidad de fósforo es media (11,7ppm) y se halla una baja presencia en potasio (123ppm). La textura del suelo corresponde a una mezcla compuesta por 64 % de arena, 23% de limo y 13% de arcilla, dando una clase textural franco arenosa. La capacidad de intercambio de cationes (CIC) es (6.40), considerado bajo; y en relación a los cationes cambiabiles, el que se encuentra mayor proporción aunque todavía a niveles muy bajos, es el calcio (2.49meq/100g). El resto de elementos de cambio se encuentran en niveles inferiores.

El muestreo hecho inicialmente para evaluar la población microbiana del suelo, muestra que los niveles poblacionales de hongos a 20 y 40 cm de profundidad son bajos ($1,0 \times 10^2$; $8,0 \times 10^2$) y los de bacterias a a ambas profundidades también son bajos ($1,73 \times 10^6$; $1,27 \times 10^6$).

Es un suelo pobre en fertilidad puesto que no hay una gran disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. Sobre todo teniendo que el suelo no es muy rico en fósforo y potasio. Los resultados concuerdan con los suelos típicamente ácidos y pobres de la zona.

6.- CONCLUSIONES

- Se presentan diferencias en el crecimiento inicial entre *I. lineata*, *I. oerstediana* e *I. adenophylla*.
- Se halla diferencia ligeramente significativa en el crecimiento inicial en altura entre las especies *I. lineata* e *I. oerstediana*.
- *I. lineata* demuestra un mayor incremento medio en crecimiento en altura total.
- Se halla crecimientos muy dispares del crecimiento del diámetro base entre especies.
- *I. oerstediana* ha experimentado un mayor incremento medio en crecimiento del diámetro base.
- *I. adenophylla* ramifica antes, es decir, a una altura más baja, que *I. oerstediana* e *I. lineata*, por lo que tendrá una mejor conformación para la proyección de sombra.
- *I. adenophylla* e *I. oerstediana* muestran diámetros de 1ª y 2ª rama parecidos, y considerablemente superiores a los de *I. lineata*.
- Se ha observado un mayor crecimiento de diámetro que en altura en las tres especies.
- *I. lineata* manifiesta un mejor estado fitosanitario, con un 58% de los individuos sanos, por lo que muestra mayor resistencia a plagas, fauna y carencia de nutrientes.
- Los suelos son pobres en nutrientes y de pH ácido, concluyendo ser poco fértiles.
- El crecimiento inicial dentro de una misma especie no es homogéneo.

7.- RECOMENDACIONES

- *I. oerstediana* aparenta tener un mejor desarrollo inicial frente a *I. adenophyla* e *I. lineasa*. Sin embargo debe continuar la evaluación para verificar si la tendencia se mantiene.
- Contrariamente en el desarrollo de *I. oerstediana* se ha observado una mayor sensibilidad al ataque de plagas, por lo que debe tenerse en cuenta para identificar causas y mecanismos de control.
- *I. adenophyla* debe ser probado en mejores condiciones de suelos y mantenimiento inicial.
- *I. lineasa* debe seguir evaluándose por su resistencia a plagas y mayor incremento del crecimiento en la segunda evaluación.
- La comparación del crecimiento plantado a un mismo nivel. De esta manera se hubiese podido apreciar, si de alguna manera, la altitud afectaba al crecimiento dentro de una misma especie de *Inga*.
- Una secuencia de plantación de especies del sistema agroforestal espaciada en el tiempo para permitir que las especies tengan un mayor periodo de crecimiento y desempeñen más eficientemente su papel.
- Realizar un modelo de crecimiento que relacione altura total y diámetro para comprobar si las variables tienen algún tipo de relación entre ellas.

8.- BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, Miguel A. (1999). *Agroecología: Bases Científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- Antón, D. y Reynel, C. (2004). *Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú*. Lima: Darwin Initiative Project y Universidad Agraria La Molina.
- Botero, R. y Russo, R. O. (1999). *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Roma: FAO.
- Husch, B. (1963). *Forest Mensuration and Statistics*. Nueva York: Ronald Press. USA.
- John, H. y Tschinkel, H. (1971). *Parcelas Forestales Permanentes: Su Establecimiento, Medición y Análisis*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Pennington, T.D. (1997). *The Genus Inga Botany*. Richmond, London: Royal Botanic Gardens Kew.
- Reynel, C., Pennington, T.D., Pennington, R.T., Marcelo, J.L. y Daza, A. (2007). *Árboles Útiles del Ande Peruano*. Lima: Royal Botanic Garden Kew.
- Reynel, C. y Pennington, T.D. (1997). *El Género Inga en el Perú*. Lima: Royal Botanic Garden Kew.
- Palomeque Figueroa, Emilio. (2009). *Sistemas Agroforestales*. Méjico. Págs. 5-9.
- Núñez Núñez, M.A. (2010). *Tesis Evaluación del Comportamiento Agronómico de Cinco líneas de Gandul (cajanus cajan l. millsp) en Tres Comunidades Tsimane', provincia Ballivian, Departamento del Beni*. Pág. 8-9.
- Ocaña Vidal, Julio Victor. (1976). *Tesis Análisis del Crecimiento del Eucalyptus globulus Labill, en el Departamento de Huánuco*. Págs. 23-36.
- Vidaurre, H. (1991). *Efectos del Suelo, Topografía, Ancho de Faja y Tipo de Planton en el Crecimiento Inicial en Altura de Algunas Especies Forestales de la Amazonía Peruana*. Pucallpa, Perú: INIAA.
- Finegan, B. (1992). *Bases Ecológicas para la Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales*. Costa Rica: CATIE. Pag.170.
- Glock, W.S. (1941). Growth Rings and Climate. E.E.U.U.: *Botanical Review* 7 (12).Págs.49-73.
- Malleux, J. (1974). Análisis de dispersión de Diez Especies Forestales de un Bosque Húmedo Tropical. *Revista Forestal del Perú* 5(1-2). Págs. 55-66.

Calvillo, J. , Cornejo, e., Valencia, S. Y Flores, C. (2001). *Crecimiento en altura y diámetro de árboles de Pinus herrerae*. Méjico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro.

Bruce D. Y Schumacher, F. (1965). *Medición Forestal*. Méjico: Herrera. Págs. 243-361.

Flinta, M. (1960). *Prácticas de Plantación Forestal en América Latina*. Roma, Italia:FAO.