

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
DIRECCION DE DESARROLLO TECNOLOGICO AGRARIO

PROGRAMA PRESUPUESTAL 130

“Aprovechamiento Eficiente de los Recursos Forestales y Fauna Silvestre”

**“Calidad de sitio de Cuatro Especies
Forestales Comerciales Establecidas en Suelo
Degradado en el Ámbito del Bosque
Alexander von Humboldt”**



**Elaborado: - Wálter Angulo Ruíz
- Pedro Reyes Inca**

Pucallpa, 2015

Primera Edición, Mayo 2016

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°2016-16658

Editado por:

Estación Experimental Agraria Pucallpa - INIA
Carretera Federico Basadre Km 4 – Pucallpa – Perú.
Teléfonos: 061-571813 / 061-575751 / Telefax: 061-575009
Programa presupuestal 130 - “Aprovechamiento eficiente
de los recursos forestales y de fauna silvestre”

Elaboración y Edición:

- Ing. M. Sc. Wálter Angulo Ruíz
- Ing. M. Sc. Pedro Pablo Reyes Inca

Colaborador:

- Ing. Hilter Fasabi Pashanashi
- Bach. Gina Ruíz Castro
- Tco. Tulio Amasifuen del Aguila
- Tco. Ramón Pacaya Manihuari

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

Impreso en:

Talleres de: Bastos Rioja Alcira Mercedes
Jr. Belizario Panduro Mz. 29 Lt. 02 - C.P. San José de Yarinacocha
Mayo 2016

CONTENIDO

RESUMEN	3
I INTRODUCCIÓN	4
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Descripción de las especies y sus requerimientos	5
2.1.1 <i>Dipteryx odorata</i>	5
2.1.2 <i>Simarouba amara</i>	5
2.1.3 <i>Aspidosperma macrocarpon</i>	6
2.1.4 <i>Tabebuia serratifolia</i>	7
2.2 Degradación del suelo	7
2.3 Area degradada	7
2.4 Calidad de sitio	7
2.4.1 Definición de calidad de sitio e índice de sitio	8
2.4.2 Importancia de la determinación de la calidad de sitio	9
2.4.3 Clasificación de sitios	9
2.4.3.1 Métodos de evaluación de calidad de sitio	10
2.4.3.1.1 Altura	10
2.4.3.1.2 Consideraciones de sitio	11
2.5 Volumen	11
2.6 Plantas indicadoras	12
2.7 FACTORES FISIOGRAFICO	12
2.8 FACTORES EDAFOCLIMATICOS	13
2.8.1 Factores que afectan la calidad de sitio	13
2.8.1.1 Suelos	13
2.8.1.2 Topográficos	13
2.8.1.3 Propiedades físicas	14
2.9 El crecimiento de los árboles	14
2.9.1 Crecimiento	14
2.9.2 Factores que afectan el crecimiento de los árboles	15
III MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Área de estudio	16
3.2 Materiales	16
3.2.1 Material experimental	16
3.3 Diseño experimental	16
3.4 Distribución de parcelas de evaluación	16
3.4.1 Variables dasométricas	16
3.4.2 Procesamiento de los datos	16
3.5 Muestreo y análisis de suelo	17
IV RESULTADOS	18
4.1 Crecimiento	18
4.1.1 Incremento de diámetro a la altura del pecho (Dap)	18
4.1.2 Altura total y dominante promedio	18
4.1.3 Resultado del análisis estadístico del tratamiento de altura por Plantación	18
4.2 Resultado de la interpretación del análisis de suelo.....	19
4.3 Resultado de la fertilidad de suelo de plantación de <i>Dipteryx</i> , <i>Simarouba</i> , <i>tabebuia</i> y <i>Aspidosperma</i>	19
4.3.1 Fertilidad de plantación de <i>Dipteryx odorata</i> en los tres blocks	19
4.3.2 Fertilidad de suelo de plantación de <i>Simarouba amara</i>	20
4.3.3 Fertilidad de suelo de plantación de <i>Tabebuia serratifolia</i>	20
4.3.4 Fertilidad de suelo de Pumaquiro	20
V CONCLUSIONES	21
VI RECOMENDACIONES	22
VII BIBLIOGRAFÍA	23

RESUMEN

El presente estudio de investigación se desarrolló en el Anexo Experimental Alexander von Humboldt, tiene por objetivo evaluar la calidad de sitio de la plantación de cuatro especies forestales comerciales establecidas en suelo degradado y la caracterización del suelo. Se utilizó el diseño de bloques completamente randomizado con cuatro tratamientos (shihuahuaco, marupa, pumaquiro, tahuari) y tres repeticiones. Se evaluaron 240 árboles, los mismos que fueron tabulados en el Programa MIRA y cada tratamiento fue analizado por separado en el paquete estadístico SAS. A los 70 meses de establecido las especies de Dypterix y Simarouba, presentan los mayores crecimiento. Sin embargo mediante prueba de Duncan ($P < 0,05$) comparación de medias por especie no existe diferencia significativa.

Palabras claves: calidad de sitio – suelo degradado – especies - crecimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la década del 2000 el interés por establecer plantaciones forestales comerciales en la Amazonía Peruana ha venido creciendo; esto se fundamenta por dos motivos: primero, por la gran demanda que existe por sus productos primarios, así como, por los beneficios que brindan en materia de conservación y recuperación de áreas degradadas y segundo por las características tecnológicas que muestran las maderas duras, las mismas que son requeridas en el mercado asiático y europeo, y dentro de este grupo se encuentran Shihuahaco, Tahuari, Pumaquiro y como semidura la especie Marupa.

El Gobierno Peruano en 1980 crea el Canon de Reforestación en la Amazonía Peruana, solventada económicamente con los impuestos de los extractores forestales, el cual estuvo vigente hasta el año 2000, permitió financiar el establecimiento de 100,000 hectáreas de plantaciones con el interés de promover la reforestación. Este plan no tuvo el éxito total esperado, debido a que esas plantaciones no contaban con un diagnóstico de caracterización de calidad de sitio para establecer la relación planta - suelo, trayendo como consecuencia el fracaso físico y financiero, y como consecuencia desconfianza del desarrollo del sector forestal (Angulo, 1995).

Aunque en algunos casos se han logrado buenos resultados, se ha observado que un gran porcentaje de esas plantaciones, el crecimiento y la productividad no han sido los esperados en función de los objetivos de la plantación y mucho menos satisfactorio para abastecer los requerimientos de las industrias madereras.

Actualmente no existe información estadística oficial registrada sobre la superficie de plantaciones forestales y agroforestales establecidas, sin embargo se tiene conocimiento que la empresa Bosques Amazónicos S.A. en el sector de Agua Blanca, Distrito de Campo Verde, tiene instalado 1,500 hectáreas de plantaciones mixta, en suelo ácido y degradado, compuesto de Shihuahuaco hoja grande, Tahuari, Marupa y Pumaquiro.

Finalmente es importante indicar que en el trópico amazónico existe poco trabajo de investigación sobre la determinación de la calidad de sitio para la especies forestales comerciales. El presente estudio tomando en cuenta lo anterior brinda información técnica sobre el comportamiento silvicultural de las plantaciones de Shihuahuaco hoja grande, Tahuari, Pumaquiro y Marupa, instaladas en un suelo degradado cuyo pH es de 4,2 bajo contenido de fósforo, calcio, potasio, magnesio, y con abundante contenido de aluminio, tiene como objetivo general determinar el comportamiento silvicultural de las cuatro especies a los 70 meses de establecido y como objetivo específico evaluar el crecimiento de las cuatro especies comerciales establecidos en suelo degradado y las propiedades químicas y fertilidad del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de las especies y sus requerimientos

2.1.1 *Dipteryx odorata*

Nombre científico : *Dipteryx odorata Harms*
Familia : FABACEAE
Nombre Común : Shihuahuaco hoja grande, Charapilla, kumarú

Se distribuye en Bolivia, Colombia y Perú. En el Perú se encuentra distribuida en los bosques amazónicos de la Región Loreto, Ucayali y San Martín en cantidades medias a altas. Es una especie propia de bosques primarios, con una temperatura media anual de 26 ° C. Se desarrolla bien cuando la precipitación varía entre 1000 a 4000 mm/año. Esta especie se encuentra en bosques primarios no inundados. En formaciones ecológicas de bosque muy húmedo premontano tropical, bosque húmedo tropical y bosque seco tropical. Se encuentra en un rango altitudinal de 100 a 700 msnm; prefiere colinas suaves con suelos bien drenados y humíferos. De acuerdo a la clasificación de suelos de la FAO esta especie prefiere suelos cambisoles, textura franco arenoso limoso, con una acidez de medianamente ácido (5.7 pH). Se desarrolla muy bien en suelos Acrisoles y Gleysoles.

Árbol caducifolio, altura de 20 a 40 m, diámetro de 150 cm, copa globosa y amplia, raíz pivotante y ramificada, presenta aletas basales extendidas altas y cicatrices transversales. Corteza externa con placas leñosas, al desprenderse dejan descubierto tejido subero-leñoso, con lenticelas de 1 a 3 mm de diámetro, de color pardo verdoso. Corteza interna de textura arenosa compacta, color crema amarillenta de olor habas verdes. En el duramen exuda savia no conspicua (INFOR-JICA, 1985).

En regeneración natural la característica de la hoja es de tipo compuesta, pinnadas, posición alterna, bordes enteros, ramitas terminales circulares. Yema axilar con abultamiento, folíolos opuestos, asimétricos, estípulas deciduas. Peciolulos acanalados. En el bosque la regeneración es escasa y su aprovechamiento con fines comerciales es intensivo lo que se podría afirmar que si no se toman estrategias de conservación con fines de manejo, esta especie está desapareciendo, como viene ocurriendo en el bosque de producción Alexander von Humboldt.

En suelo ultisol, en sistema silvopastoril asociado con centrosema, más 150 gr de roca fosfórica/planta, distanciamiento de 10 x 10 m, a la edad de 6.6 años presenta un Dap de 11.2 cm; imadap de 1.7 cm/año; una altura promedio de 8.92 m; área basal de 0.96 m²/ha; volumen de 4.16 m³/ha y un imavol de 0.62 m³/ha/año. Asociado con pastura de stylosanthes a la misma edad y con la misma condiciones que el anterior presenta un dap de 11.6 cm; imadap de 1.8 cm/año; altura promedio de 8.96 m; área basal de 0.68 m²/ha; volumen de 4.07 m³/ha; imavol de 0.56 m³/ha/año.

Shihuahuaco asociado con caoba, tahuarí, quillobordon, Tornillo, más 1 kg de mantillo, 200 gr de roca fosfórica, distanciamiento de 5 x 5 m, a los 3.6 años de edad presenta un dap de 9.68 cm; imadap de 2.6 cm/año; altura media de 8.19 m; área basal de 2.94 m²/ha; volumen de 11.08 m³/ha y un imavol de 3.02 m³/ha/año. En plantación mixta instalado en suelo ácido, a los 3.8 años, con 400 gr de gallinácea/planta más 200 gr de roca fosfórica presenta un dap de 8.0 cm; imadap de 2.2 cm/año; altura media de 11.50 m; área basal de 5.54 m²/ha; volumen de 24.37 m³/ha y un imavol de 6.36 m³/ha/año.

2.1.2 *Simarouba amara*

Nombre científico : *Simarouba amara Aubl*
Familia : SIMAROUBACEA
Nombre Común : Marupa.

Se encuentra distribuido en Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Guyana, Venezuela y Perú. El nombre comercial internacionalmente es Simaruba. En el Perú se encuentra en la Región Amazónica, por debajo de los 700 msnm. Es una especie que se encuentra en ámbitos con pluviosidad elevada y constante; en zonas altas con suelos arenosos, arcillosos y

ácidos, usualmente fértiles y bien drenados, en las formaciones de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) en transición a bosque húmedo tropical (bh-T) y bosques secundarios. Generalmente crece asociada con las especies: *Ochroma lagopus*; *Jacaranda* spp., *Sclerolobium* spp., *Laetia* spp., *Guatteria* spp. El volumen bruto disponible en el bosque es de 0,3 a 1,6 m³/ha (con un diámetro a la altura del pecho superior a 0,40 metros).

Arbol de 20 a 35 m de altura total, con fuste recto, generalmente cilíndrico, raíz pivotante y ramificado, copa globosa, corteza externa de color gris a pardo claro, dura, lenticelar y con fisuras delgadas; corteza interna arenosa suave, de color amarillo rosado, sabor amargo. Hojas alternas paripinnadas, foliolos lanceolados, opuestos, brillantes, caen rápidamente sino es tratado con antidefoliante. Flor hermafrodita y la inflorescencia son en racimo. Floración de agosto a noviembre. Fruto compuesto por una o varias drupas, elíptico.

En regeneración natural es abundante en lugares claros. Las hojas son compuestas, pinnadas, posición alternas, bordes enteros, peciolo liso, foliolos alternos, raquis alado de sabor amargo.

En el Bosque Alexander von Humboldt, el Proyecto PNUD/FAO/PER/71/551 realizando prueba de comportamiento en sistemas agroforestales la especie marupa a la edad de 1,7 y 9,8 años presenta un IMA en dap de 1,18 y 1,41 cm/año respectivamente. En sistema taungya a la edad de 5,9 y 9,8 años presenta un IMA en dap de 1,81 y 1,47 cm/año respectivamente.

En faja de 5 m de ancho a la edad de 7 y 10 años presenta un IMA en dap de 1,37 y 1,77 cm/año respectivamente, en faja de 10 de ancho a la misma edad tiene 1,04 y 1,86 cm/año respectivamente.

2.1.3 *Aspidosperma macrocarpon*

Nombre científico : *Aspidosperma macrocarpon*
Familia : Apocynaceae
Nombre Común : Pumaquiro.

Se encuentra distribuida en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela. En el Perú se encuentra distribuido en Iquitos, San Martín y Ucayali. El género está distribuido hasta los 700 msnm. El nombre comercial internacional es conocido como pumaquiro. Es una especie propia de zonas bajas y húmedas, que alcanzan una temperatura media anual de 26°C. Se le encuentra en bosques primarios no inundados. Es propio del bosque muy húmedo premontano tropical, bosque húmedo tropical y también se le encuentra en el bosque seco tropical y bosque secundario. Se desarrolla bien cuando la precipitación varía entre 2,500 a 4,000 mm/año, sin embargo se adapta a condiciones de bosque seco tropical. Prefiere suelos acrisoles o chromic y vertic cambisol, de textura franco arcilloso, con un rango de 4,4 a 5,4 pH. No se desarrolla en suelos gleysoles.

Es un árbol que alcanza una altura que varía entre 20 a 35 m, presenta raíz pivotante y un tronco recto – cilíndrico con un Dap (diámetro a la altura del pecho) de 0,85 m en promedio. La corteza externa es de color pardo grisácea, presenta canales longitudinales profundos y anchos que corren paralelos en el fuste de árboles maduros. Internamente es de textura acicular, color pardo claro, sabor insípido, exuda látex de color blanco poco perceptible en el fuste. Copa globosa y amplia. Hojas simples, alternas y rara vez opuestas. Las ramitas tienen látex blanco y denso no elástico, más conspicuo que en el fuste. Los órganos de esta especie son bisexuales de color blanco crema y pétalos imbricados (unidos), estambres sagitados soldados a los pétalos, Angulo (1985). Inflorescencia compuesta. Los frutos presentan un par de folículos dehiscentes, forma orbicular, bicarpelares, cubierto por abundantes lenticelas, presenta semillas adheridas a los bordes del carpelo, cada carpelo contiene de 24 a 30 semillas, y aproximadamente 625 semillas alcanzan el peso de un kilogramo de las cuales el 90 % son viables. Dicha viabilidad es posible conservar por un periodo aproximado de dos a tres meses mediante temperatura ambiental.

En el Bosque Alexander von Humboldt, a la edad de 11,7 años, en faja de enriquecimiento de 5 m de ancho presentó un crecimiento aceptable, teniendo un IMA en Dap de 0,54 cm/año, Carrera (1987).

A la edad de 23 años, en suelo franco arcilloso arenoso, plantado como cerco vivo, presenta una

altura total y comercial de 16.70 y 9.90 m respectivamente y un Dap de 30.6 cm. En plantación a campo abierto, a la edad de 20 años, presenta un Dap promedio de 16,1 cm, Flores (2001). En faja de enriquecimiento de 5 m de ancho, a los 8 años, presenta un Dap de 10,4 cm y un IMA en Dap de 1,3 cm/año, Angulo (1995).

2.1.4 *Tabebuia serratifolia*

Nombre científico : *Tabebuia serratifolia*
Familia : Bignonaceae
Nombre Común : Tahuari.

Se encuentra distribuida en Colombia, Bolivia, Brasil, Ecuador, las Guayanas, Surinam y Perú. En el Perú se encuentra en las regiones de Loreto y Ucayali. Se le halla en clima tropical húmedo, con precipitaciones pluviales de hasta 3,300 mm/año y distribuido hasta los 900 msnm. Es una especie de lento crecimiento, ecológicamente conocida como esciofita, característica de los bosques primarios.

Es una especie que alcanza una altura de 20 a 30 m y un Dap de 30 a 90 cm, con una ramificación en el segundo tercio, fuste ligeramente aplanado y recto. Raíz pivotante y ramificada, copa heterogénea poco amplia. Corteza externa de color gris parduzco, corteza rugosa, áspera y fisurada. La corteza interna es de textura laminar, flexible, color crema amarillenta de sabor ligeramente dulce. Hojas digitadas, opuestas, sin estípulas, decusadas. Flores de color amarillo oro, inflorescencia terminal. Floración de junio a agosto. Fruto silícula, dehiscente, con repleo donde se encuentran las semillas. Regeneración abundante en lugares abiertos. INFOR-JICA(1985).

2.2 Degradación del suelo

La FAO (1984) lo define como el proceso de disminución de su capacidad actual y potencial para producir, cualitativa y cuantitativamente, bienes y servicios. Se entiende como bienes las cosechas agrícolas o maderables y como servicios la seguridad alimentaria.

FAO (2003) indica que degradación del bosque es una reducción de la capacidad del mismo para producir bienes y servicios. El término servicio se refiere a una escala de tiempo y al estado referencial de un determinado de bosque.

2.3 Area degradada

OIMT (2002) lo define a aquella tierra forestal severamente deteriorada por la extracción excesiva de productos maderables y/o no maderables, producto del manejo inadecuado, incendios reiterados, pastoreo u otras perturbaciones y usos de la tierra que degeneraron el suelo y la vegetación, a tal punto que la vegetación forestal después del abandono se ve inhibida o retrasada.

En el trópico amazónico, las especies herbáceas indicadoras de áreas degradadas con alto contenido de aluminio son las gramíneas como cashaucsha, torourco, rabo de zorro; y los helechos como la shapumba, macorilla o gara gara. A nivel de arbustos está la guayaba.

En lo edáfico, los altos niveles de aluminio y el bajo nivel de nutrimentos (N+, P+ y las bases intercambiables) son indicadores importantes.

2.4 Calidad de sitio

Las primeras observaciones registradas sobre el comportamiento de los árboles en diferentes sitios se le acreditan a Theophrastus (370 – 285 A.C.), un estudiantes de Aristóteles. El romano Cato (234 – 139 A.C.) desarrolló el primer sistema de clasificación de sitios con base en la fertilidad del suelo en nueve categorías; el bosque comercial quedó en la parte media de la clasificación.

Desde entonces el hombre se ha preocupado por definir y clasificar los sitios que utiliza para producir los bienes que satisfagan sus necesidades. Un sitio se ha definido como un lugar en la

superficie de la tierra con características propias de fisiografía, suelo y vegetación. Sin embargo lo que realmente interesa en forestería es medir la capacidad de producir bosque u otro tipo de vegetación como producto de la interacción de factores edáficos, bióticos y climáticos, es decir, la calidad de sitio.

En un sitio forestal la calidad se mide en función de la capacidad para producir madera y la medida más práctica para expresarlo cuantitativamente es el índice de sitio, el cual se define como la altura que los árboles dominantes alcanzan a cierta edad (102).

Los estudios sobre índices de sitio y los modelos desarrollados para su evaluación, están sujetos a varias limitaciones: 1) los estudios son locales y por consiguiente tienen, a lo sumo, validez regional, 2) los procedimientos de evaluación y cuantificación con base en regresiones o modelos matemáticos son complicados. Dichas limitaciones obligan a desarrollar modelos de evaluación de sitios que involucren factores fáciles de determinar y que puedan ser aplicados a otras zonas.

El desempeño de una plantación es una respuesta no solo a las prácticas de manejo, sino también a la calidad del sitio y a un complejo de factores climáticos, edáficos y bióticos. La calidad del sitio quizás sea influenciada por las prácticas de manejo hasta cierto punto, pero el silvicultor debe reconocer las limitaciones. La identificación de sitios favorables y desfavorables para la mayoría de las especies de árboles no es un problema: en un extremo, el árbol ni siquiera logra sobrevivir, mientras que en el otro, alcanza su tasa máxima de crecimiento (Wadsworth, 2000).

2.4.1 Definición de calidad de sitio e índice de sitio

Alfaro (1983), hizo una recopilación de las diferentes definiciones expresadas en la literatura, las cuales son señaladas a continuación y que coinciden con las presentadas por (Daniel et al., 1982); y (Vásquez & Ugalde, 1994).

Uno de los conceptos de "sitio" es la definida por la Sociedad de Forestales Americanos (Society of American Foresters, 1958), "un área considerada en términos de sus factores, con referencia a su capacidad de producir bosques u otra vegetación; lo que es la combinación de las condiciones bióticas, climáticas y edáficas del área de estudio".

Se entiende por calidad de sitio a la combinación e interacción de los factores bióticos y abióticos con la vegetación existente". En el caso forestal, dicha calidad se estima como la máxima cosecha de madera o biomasa que el bosque produce en un tiempo determinado, es decir la productividad de dicho bosque o plantación.

Por su parte, el término de "calidad de sitio", es utilizado para denotar la productividad relativa de un sitio para una especie forestal en particular (FAO, 1985); lo cual permite realizar clasificaciones según la calidad del terreno. Este concepto puede comprenderse aún mejor si se toma como ejemplo el sector agrícola, donde se clasifica el terreno según la productividad en términos del promedio anual obtenido por cultivo. En igual forma el silvicultor desea clasificar la producción de los rodales naturales y plantaciones forestales en términos del volumen de madera por unidad de superficie y en un período de tiempo determinado (Vincent, 1980).

De acuerdo a lo analizado a las definiciones de sitio y calidad de sitio, se desprende que la calidad del terreno y el potencial productivo del sitio están determinados por variables ambientales, a las cuales se les denominan factores de sitio (Donoso, 1981).

Por otra parte, en cuanto a la relevancia de la determinación de la calidad de sitio en el contexto del manejo forestal, el aumento de la población hace inaplazable la necesidad de estudiar y clasificar la calidad de las tierras para diferentes usos (De las Salas, 1974). Por eso desde el punto de vista del manejo forestal es importante realizar dichas actividades para lograr el objetivo de alcanzar la producción del bosque (Jadán, 1972).

Dentro de este contexto se pueden señalar los objetivos de la evaluación de la calidad de sitio (Vincent, 1980):

- Estimación del rendimiento global de las plantaciones forestales.
- Planificación y ejecución de trabajos de investigación (ensayos de regímenes de aclareo y poda, estudios de costos de las faenas, etc.).
- Programación y ejecución de trabajos de mantenimiento (limpias, aclareos, podas, etc.) de las plantaciones forestales existentes.
- Extrapolación o extensión de la clasificación de calidad de sitio a áreas aún sin plantar.
- Selección de los mejores genotipos (especies y procedencias) para uno o más sitios en particular.

Además es importante señalarse que la calidad de sitio y por ende todas las implicaciones que conlleva respecto al manejo tiene significado solamente con respecto a la especie o especies que puedan ser consideradas para el manejo de una determinada área, así entonces, un sitio puede tener una excelente calidad de sitio para una especie (potencial productivo alto) pero muy pobre para otra (Clutter et al., 1983).

2.4.2 Importancia de la determinación de la calidad de sitio

El rendimiento de una plantación depende en gran parte, de la capacidad productiva del sitio seleccionado, de la preparación y del manejo que se le da al mismo. En algunos sitios los árboles crecen rápidamente, alcanzando grandes volúmenes en poco tiempo, mientras que otros el crecimiento será menor o muy pobre, Ugalde (1996).

El incremento de la población conlleva a la necesidad de estudiar la calidad de las tierras para diferentes usos, Salas (1974), desde el punto de vista del manejo forestal es importantes realizar dicho estudio para lograr el objetivo de alcanzar la producción sostenida del bosque (Jadan, 1972).

En plantaciones a nivel comercial, para hacer una planificación efectiva, se requiere información sobre rendimiento de las especies en diferentes condiciones de sitio (Tschinkel, 1972), porque el tamaño de los productos a diferentes edades está controlado por la capacidad de producción del sitio, es decir la calidad de sitio y los sistemas de manejo silvicultural (Tajchman, 1983). Buenos sitios justifican manejo intensivo para producción de madera. Sitios pobres pueden justificar solamente manejo extensivo (Auten, 1945).

Wadsworth (2000) manifiesta que el desempeño de una plantación es una respuesta no sólo a las prácticas de manejo, sino también a la calidad del sitio y a un complejo de factores climáticos, edáficos y bióticos. Así mismo indica que la calidad de sitio quizás sea influenciada por las prácticas de manejo hasta cierto punto, pero con limitaciones.

Egunjobi (1974) indica que puede hacerse mejoras en la calidad de sitio en plantaciones, como es el caso de los suelos denominados degradados que son ocasionados por el cultivo, pastoreo o incendios. La hojarasca bajo una plantación de teca pura de diez años de edad en África occidental, instalada en condiciones de suelo degradado se descompuso en seis meses durante la estación seca y en un mes durante la estación lluviosa determinando un aumento significativo de materia orgánica en la superficie del suelo de la plantación de sólo cuatro años de edad en Tailandia.

2.4.3 Clasificación de sitios

Para determinar la clasificación de sitios, existe una serie de métodos para evaluar y determinar la clasificación de un sitio. Autores como Carmean (1975), Daniel et al. (1982) y Clutter et al (1983), dividen estos métodos en directos e indirectos, el primero se utiliza para clasificar sitios con plantaciones ya existentes, basado en información histórica de la plantación, como su rendimiento en volumen y el desarrollo en altura dominante (índice de sitio) (Vásquez y Ugalde, 1994). El segundo método se desarrolla utilizando factores que afectan el crecimiento de la especie.

2.4.3.1 Métodos de evaluación de calidad de sitio

2.4.3.1.1 Altura

La altura es una de las herramientas en la clasificación de sitios, a la cual se le atribuyen las siguientes ventajas en su utilización: Es una medida sensitiva de diferencias en sitios, porque a diferencia de los otros parámetros dasométricos como diámetro y área basal, casi no es influenciada por tratamientos de manejo y por lo tanto expresa mejor la condición del sitio.

La altura es, hasta cierto grado, independiente de la densidad y la mezcla de especies.

La relación altura/edad es fácil de determinar (Tesch, 1980/1981).

Existen tres criterios principales respecto a la altura como estimador de la calidad de sitio:

- **Altura mayor.** Es el promedio de altura de los cien árboles más altos por hectárea.
- **Altura dominante.** Es el promedio de altura de los cien árboles de mayor diámetro por hectárea (Keogh, 1982).
- **Altura promedio.** Definida como la altura del árbol de área basal y promedio (Tschinkel, 1972).

Así mismo la altura puede ser definida como la altura de los dominantes y codominantes. Sin embargo, esta forma no es empleada frecuentemente ya que algunas veces se dificulta su medición (Keogh, 1982). Por ejemplo (Alder, 1980) indica que en rodales jóvenes de especies de rápido crecimiento y ciertas especies que varían notablemente en sus crecimientos en altura dominante éste deja de ser un buen indicador del sitio.

La altura promedio presenta ciertas desventajas ya que es afectada por los métodos de aclareos normales, donde son retirados los árboles suprimidos y defectuosos (Schneider. & Silva 1980). Por esta razón se recomienda el uso de un parámetro que sea fácil de medir y a la vez relativamente independiente de las intervenciones silviculturales, principalmente aclareos. Se considera que la altura mayor es una manifestación de la productividad del sitio, relativamente independiente de la espesura de la vegetación, ya que los árboles más altos son los más desarrollados y por consiguiente los que sufren relativamente menos competencia de sus vecinos (Vincent, 1970).

Voorhoeve & Schulz (1968) comparten el criterio que la altura mayor es el mejor estimador de la calidad de sitio pues expresan que en plantaciones coetáneas las diferencias evidentes en altura mayor deben explicarse por diferencias de sitio, los árboles más altos ocupan los mejores sitios y los de menor altura los sitios más pobres.

Pulido (1971) mediante una revisión de literatura sobre los métodos de evaluación de la calidad de sitio concluye que la altura mayor es el método más práctico de evaluación.

Al mismo tiempo (Curtis, 1964) reconoce que la altura es una medición muy utilizada para estimar la calidad de sitio, pero que presenta las siguientes limitaciones:

La altura es sólo uno de los componentes del volumen, el índice de sitio no es sinónimo de productividad en volumen.

En cambio Daniel et al. (1982) concluyen que los métodos de evaluación de calidad de sitio, se dividen en métodos directos e indirectos:

A. Método directo. Este método presenta un mayor costo, se sustenta en la medición de la masa existente y en el desarrollo de tablas de rendimiento normal, para rodales con un monitoreo continuo de su desarrollo de tablas de rendimiento normal, para rodales rodales con un monitoreo continuo de su desarrollo y crecimiento. Este método ha sido aplicado en países con una larga trayectoria forestal, donde la información requerida ha sido recabada en múltiples rotaciones.

B. Método indirecto. Los métodos indirectos se han venido aplicando en países con un avanzado desarrollo forestal, ya que son menos onerosos al no estimar directamente el volumen, sino una variable de más fácil medición y estrechamente correlacionada con él, dicha variable es la altura dominante que según Monserud et al. (1990), es capaz de predecir la cantidad de madera a producir en un sitio particular, con mayor exactitud que cualquier otra variable a ser considerada, ya que la altura dominante es menos influenciada por la densidad del rodal, que cualquier otro parámetro del rodal (Vallejo, 1996). Sin embargo, la altura dominante en situaciones extremas de densidad de rodal, se ha visto afectada y no estaría expresando la productividad del sitio, sino más bien sería respuesta a la competencia de sus vecinos (Vallejo, 1996).

Este método, consiste en clasificar los sitios donde aún no existen plantaciones, el cual toma en cuenta el clima, factores fisiográficos y aspectos edáficos (Chaves y Fonseca, 1991).

Los modelos generados por el método indirecto, tienen una utilidad práctica, en la medida que las variables que lo definan sean pocas y fáciles de medir en el campo (Vásquez y Ugalde, 1994).

Este método se puede utilizar para clasificar sitios una vez conocido el índice de sitio y determinar las relaciones con las características climáticas, fisiográficas y edáficas en diferentes sitios. Tiene la ventaja de que una vez conocidas las variables más relacionadas con el índice de sitio, permite con cierta confiabilidad determinar la calidad de un sitio donde se desea plantar, antes de establecer la plantación (Vásquez y Ugalde, 1994).

Existen muchos trabajos desarrollados en varios países y para diferentes especies, utilizando el método indirecto para la clasificación de sitios. Vallejos (1996), presenta en su trabajo, un resumen de la mayoría de investigaciones relacionadas con la determinación de la calidad de sitio.

Cuando se pretende orientar programas de reforestación, identificando los sitios más productivos antes de ejecutar una plantación, tanto el índice desarrollado a partir de la vegetación como el ambiental, aparentemente son los más indicados ya que permiten evaluar un sitio, sin que la masa boscosa se encuentre presente, a diferencia de lo que ocurre con el índice dasométrico.

2.4.3.1.2 Consideraciones de sitio

La mayoría de las plantaciones son más beneficiosas ecológicamente que las zonas no forestadas. Los efectos ecológicos de las plantaciones son similares a los de los bosques naturales. Una comparación del ciclo mineral en Costa Marfil, entre un bosque natural y una plantación de 38 años de *Terminalia ivorensis*, demostró que la caída de hojas y la percolación del suelo eran similares (Bernhard-Reservat, 1976). La acumulación de materia orgánica y nitrógeno en la tierra vegetal era en realidad mayor en la plantación, pero las reservas de los cationes intercambiables en el suelo eran menores, particularmente en suelos arenosos.

En resumen, aunque muchas evidencias prueban que los sitios forestales tropicales se deterioran después de la deforestación, hay pocas que prueben que los sitios se deterioran más con cada cultivo sucesivo de madera. Las investigaciones indican que un deterioro tal no ha ocurrido todavía a nivel significativo (Bednall, 1968; Evans, 1972).

2.5 Volumen

El crecimiento en volumen ha sido la variable principal para clasificación de sitios en Europa, Tesch (1980/1981). Esta clasificación, basada en la producción de las masas forestales, alcanza más directamente la finalidad de clasificar la capacidad productiva de los sitios y se realiza según el número de metros cúbicos de masa total, principal y extraída, formados en un tiempo fijo (Pita, 1964).

Este método presenta problemas de aplicación sobre todo en países donde la experimentación forestal casi no existe. El volumen alcanzado por un rodal a una edad puede ser afectado por otros factores más que por la calidad de sitio: la densidad del rodal, la composición de especies, factores genéticos y prácticas culturales (Cluter et al., 1983). La productividad del sitio en términos de

m³/ha/año, es difícil de cuantificar ya que depende del régimen de aclareo, la sobrevivencia es más laborioso de calcularlo (Vincent, 1970). Frecuentemente es muy difícil encontrar parcelas o rodales en las que se conozca el volumen de la masa extraída con anterioridad (Pita, 1974).

Según Cluter (1983) en bosque donde se ha aplicado un régimen de manejo en forma consistente e igual para todo el rodal, o no se le ha aplicado ningún régimen de manejo, es posible usar la información del volumen como indicador de la calidad de sitio. Según Davis (1954) el volumen por árbol en relación a la edad es un indicador útil porque refleja el efecto del sitio en el crecimiento en altura y diámetro en términos de productos útiles.

2.6 Plantas indicadoras

Muchos factores ambientales afectan a la vegetación, por lo tanto las características de la vegetación pueden proveer información sobre la calidad de sitio para el crecimiento de los árboles (Cluter, 1983). Los principios básicos para usar los tipos de vegetación en la evaluación de terrenos forestales son: 1) la vegetación natural no alterada refleja la suma de todos los elementos del medio ambiente que son importantes para las plantas y 2) las especies con mayor poder de competencia son las mejores indicadoras de sitio, (Daubenmire, 1961). Con base en esto, la presencia o ausencia de ciertas especies de plantas bajo rodales maderables pueden tomarse como una indicación de fertilidad o infertilidad de suelos forestales (Coile, 1938).

Hazard (1937) clasificó la vegetación que crece bajo rodales de *Pinus strobus* L. en tipos indicadores. Se arregló en progresión de xerofíticas y sitios pobres hasta mesofíticos y sitios ricos. Estos tipos de correlaciones con distintos valores de pH del suelo, densidad de copas y clase de edad se encontraron que están en concordancia con la habilidad de los sitios para producir pino. Platteborze (1970) en el oeste Malayo en plantaciones de *Pinus caribae* dio especial atención a la presencia y abundancia de la maleza *Dicranopteris linearis*. El área experimental se dividió en dos sublotos, uno donde *Dicranopteris* era la principal especie y otro donde otras especies dominaban. Las condiciones de sitio no diferían de un lote a otro (pendientes de 24 a 37 %, estructura blocosa a prismática, consistente aún húmedo). Se comprobó que el crecimiento y la apariencia de *P. caribae* es extremadamente pobre en los sitios cubiertos por *Dicranopteris*, cuya presencia posiblemente indica un suelo muy degradado y deficiente de fósforo.

Aunque la información muestra que existe correlación, la vegetación menor no es confiable como rasgo distintivo para estimar el índice de sitio, por varias razones: no es un buen indicador durante el periodo de dormancia de algunas especies, aún bajo cubierta forestal la vegetación está influenciada por la luz, tanto las especies como la proporción del piso del bosque que ocupan varía con el grado de apertura del dosel (Trimble & Weitzman 1956). Las características de los horizontes más profundos del suelo pueden mostrar poco impacto sobre la vegetación menor, pero tienen gran influencia sobre la calidad del sitio para el crecimiento de los árboles. Además la abundancia y composición de la vegetación es a menudo alterada por agentes externos como incendios o quemadas controladas, pastoreo, limpiezas y tratamientos de preparación de la tierra (Cluter et al., 1983).

2.7 FACTORES FISIOGRAFICOS

La utilización de los factores fisiográficos, con la finalidad de predecir la calidad de sitio, es debido a que la topografía es un factor que influye en la formación del suelo, por lo que se debe considerar como una fuente de variabilidad importante (Jenny, 1941, citado por Montero, 1999).

Carmean (1975), citado por Hairston y Grigal (1991), manifiestan que los factores ambientales son influenciados por la topografía, por lo tanto, la posición topográfica debería ser utilizada como un indicador de estos factores y particularmente en latitudes extremas o regiones nubosas. Sin embargo, la relación entre el sitio y las condiciones fisiográficas, no se debe considerar como una relación causa efecto, ya que la influencia entre las condiciones topográficas y climáticas son indirectas sobre las condiciones que favorecen el crecimiento de los árboles (Ortega, 1986 & Schmidt y Carmean, 1988).

La posición, como la pendiente en las parcelas, están relacionadas con el índice de sitio. Verbyla y Fischer (1989), indican que en el hemisferio norte tradicionalmente se considera óptima para el desarrollo forestal, la exposición noroeste con pendientes bajas, pero manifiestan que la exposición óptima para el desarrollo forestal, podría variar con la elevación y la estación de crecimiento. Confirmando esto, un estudio realizado por Hairston y Grigal (1991), en rodales de *Quercus ellipsoidalis* en Minnesota, USA, muestran que al analizar el contenido de humedad en el suelo, existía una mayor disponibilidad de ésta, en pendientes bajas y exposición noroeste.

2.8 FACTORES EDAFOCLIMATICOS

Stuhrmann et al. (1994), citado por Herrera (1996), en un estudio en la zona del Atlántico Norte de Costa Rica, encontraron que los factores edáficos que afectan el crecimiento en altura de *G. arbórea*, fueron: grosor del horizonte A, disponibilidad de potasio, la densidad de partículas y el porcentaje de saturación de aluminio. La variación en el incremento en altura está asociada con las tres primeras variables en un 91%. Vallejos (1996), indica que Grey (1989), al relacionar el índice de sitio con variables morfológicas y químicas del suelo, obtuvo un mal ajuste para *Pinus radiata* en Africa del sur; así como también Rayner (1991), utilizando variables químicas del suelo para *Eucalyptus diversicolor* F. Muller.

Pero también existen trabajos muy satisfactorios, no sólo utilizando las propiedades químicas del suelo, sino también combinadas con otros factores relacionados como los de Fassbender y Tschinkel (1974); Alfaro (1983); Schlatter (1987); Johnson et al. (1987); Schmidt y Carmean (1988); Courtin et al. (1988); Klinka y Carter (1990); Pacheco (1991); Galloway et al. (1991); Vásquez y Ugalde (1994) y Vallejos (1996).

Algunos autores han encontrado importantes ajustes utilizando variables climáticas y el índice de sitio, tal es el caso de Lockaby y Caulfield (1989) que le atribuyen a los factores climáticos como la precipitación, temperatura y el largo período de crecimiento la variación de la productividad forestal. Sin embargo, Vásquez y Ugalde (1994) encontraron que para teca las variables de clima como viento, precipitación fueron las que tuvieron una mayor correlación con el índice de sitio para la zona de Guanacaste, Costa Rica.

Donoso (1981), indica que los factores precipitación y temperatura son los que tienen mayor influencia en la distribución y el crecimiento de los bosques y que pueden ser usados a nivel regional, como índices de productividad forestal; pero que, aunque se han encontrado relaciones entre la precipitación y el crecimiento es un factor que por sí solo es de poco valor como indicador de la productividad del sitio, debido a que éste es afectado por las características del suelo y la topografía, e interactúa con la temperatura.

2.8.1 Factores que afectan la calidad de sitio

2.8.1.1 Suelos

Young (1976) citado por (Wadsworth, 2000) indica que siete factores afectan la formación de los suelos de forma significativa: el clima, el material de partida, el relieve, el drenaje, los organismos, el tiempo y la actividad humana. La profundidad del perfil, el carácter pedregoso y la textura afectan las propiedades de los suelos durante su formación. El clima ayuda a determinar el componente orgánico, la reacción y la saturación de las bases; el material de partida influye en la textura del suelo, el relieve en la profundidad del suelo y en la pedregosidad.

2.8.1.2 Topográficos

La topografía juega un papel importante en relación con la calidad de sitio por la influencia que ejerce a través de sus tres elementos: aspecto, exposición y posición. El aspecto se refiere a la dirección del frente de la pendiente con relación al norte magnético, la exposición a la ausencia de protección contra vientos secos y la posición al lugar que ocupa sobre la pendiente ya sea arriba o abajo (Auten, 1945). De esta manera la topografía se relaciona con la humedad y luz disponible para las plantas (Einspahr & McCombe, 1951).

Ninguno de los elementos de la topografía ejerce una influencia directa sobre el crecimiento, pero condicionan una serie de factores que si pueden influir sobre los procesos fisiológicos del árbol, como son: desplazamiento del agua dentro y sobre el suelo, que a su vez determina el desarrollo del suelo mismo, aumento de la posibilidad de lixiviación de nutrimentos y mayor acumulación de materia orgánica (Ure, 1950; Tschinkel, 1972).

Por ejemplo estudio realizado por Sánchez (1981) en los bosques naturales tropicales húmedos en América Central manifiesta que el pH, y la humedad son los factores que influyen en la calidad de los suelos. Indica que el pH afecta la disponibilidad de nutrimentos minerales. Un pH bajo reduce la disponibilidad de cationes de calcio, magnesio y fósforo, y libera cantidades tóxicas de elementos como hierro, aluminio y manganeso.

Louman (2001) concluye que dos componentes de la topografía influyen en la vegetación: la altitud y la pendiente. En el caso de la pendiente puede influir en aspectos del suelo, como la profundidad (mucho menor en pendientes fuertes que en terrenos planos) y el drenaje (generalmente mejor en pendientes que en valles). En ambos casos se requiere de la vegetación a la condición específica.

2.8.1.3 Propiedades físicas

Los factores de suelo que más influyen en el crecimiento de la vegetación son aquellos que están estrechamente relacionados con la humedad del suelo.

Shrivastava & Ulrich (1978) determinaron que el suplemento de agua disponible fue el factor más importante al aportar la mayor variabilidad en índice de sitio para *Picea abies* K., en la región de Hesse, provincia de la República Federal Alemana. Este factor aumenta su importancia cuando el efecto se combina con textura, estructura, profundidad, contenido de materia orgánica, compactación, características topográficas y permeabilidad del subsuelo.

Igualmente en la región de Dehra Dun, India, el crecimiento de *Shorea robusta* correlacionó positivamente con el contenido de humedad, la humedad equivalente y la capacidad de retención de los suelos donde estaba creciendo (Seth & Bhatnagar, 1960). (Mader, 1976) encontró que los factores asociados a los mejores sitios donde crece *Pinus strobus* en Massachussets fueron el incremento de limo y arcilla del horizonte A, lo cual, probablemente, contribuye a mejorar la humedad y fertilidad del suelo en la zona de raíces primarias.

Según Keat (1981) los factores físicos que parecen predominar en la limitación del crecimiento son: profundidad del suelo, inundación, pendiente, compactación del subsuelo, estructura y drenaje. Leack (1978) encontró que el índice de sitio para las especies: *Acer saccharium*, *Betula lutea* y *B. papyrifera* generalmente era mas bajo en sitios pobremente drenados y rocosos. *Albizia falcataria* presenta mejor crecimiento en suelos originados en las proximidades de cursos de agua; aunque estos suelos son variables en morfología y nutrimentos tienen buen drenaje interno (Chong & Jones, 1982).

2.9 El crecimiento de los árboles

2.9.1 Crecimiento

Louman (2001) define al crecimiento de un árbol como el aumento de tamaño en el tiempo. Este se puede expresar en términos de diámetro, altura, área basal o volumen. A la magnitud del crecimiento se denomina incremento. El crecimiento es el proceso principal que se pretende influir con la silvicultura pues conlleva al producto deseado: madera de ciertas dimensiones y cierta calidad. El crecimiento implica un estado inicial mensurable y cambios en ese estado con el paso del tiempo. A partir de ahí se puede hablar de incremento total (diferencia entre un estado en un momento dado y el estado inicial), incremento corriente anual (incremento del último año de medición, ICA), incremento medio anual (promedio por año desde el año 0, IMA) o periodo anual (promedio por año durante un cierto periodo, IPA), o incremento relativo (en porcentajes del tamaño total promedio entre el comienzo y final del periodo de medición del crecimiento, IR).

Así mismo indica que para describir el crecimiento sobre el tiempo se suele emplear una curva sigmoidea, la cual tiene más o menos la misma forma para cualquier organismo vivo. En producción forestal, esta curva se suele aplicar para analizar el aumento del diámetro, la altura, área basal o volumen de madera.

2.9.2 Factores que afectan el crecimiento de los árboles

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). Dentro del clima los factores que son de gran importancia para el crecimiento de los árboles son la precipitación, la temperatura y la luz (Glock, 1941), uno o más de estos factores puede ejercer mayor influencia que los otros y convertirse en limitante del crecimiento. Entre las características del ambiente, el suelo es la más importante al regular el suplemento de agua y nutrientes. Entre los factores biológicos internos, la edad del árbol tiene un marcado efecto al reducir el crecimiento y la aplicación de pesticidas lo pueden reducir (Trenard, 1982).

Estudio realizado en Wisconsin en un rodal de *Pinus resinosa* se determinó que el crecimiento en diámetro de árboles individuales es un proceso sumamente intermitente, (Kozlowski & Peterson, 1963). Mientras en el trópico las especies siempre verdes continúan creciendo a un ritmo mayor durante el periodo lluvioso y menor en el periodo seco, las caducifolias dejan de crecer en cierta parte del año (periodo de reposo) y el periodo de máximo crecimiento anual coincide más o menos con el periodo lluvioso (Lojan, 1967).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El Anexo Experimental Alexander von Humboldt se encuentra situado entre los departamentos de Ucayali y Huánuco, geográficamente a 8°49' 31.7" latitud sur y 75° 3' 19.5" longitud oeste. Altitudinalmente está entre 200 - 350 msnm. La temperatura promedio es de 26°C, con una precipitación anual promedio de 3600 mm, presentando una época lluviosa y otra seca (pero con esporádicas lluvias). El área de estudio se ubica en las zonas ecológicas de bosque húmedo tropical (bh-t) a bosque húmedo premontano tropical (bh-pt). Los suelos son de origen sedimentario, de textura arcillosa a arcillo-arenosa y limosa, drenaje pobre, pH de 3.4 a 7.9 predominando 5.3 (fuertemente ácido).

3.2 Materiales

3.2.1 Material experimental

El material experimental son la plantación de *Dipteryx odorata*, *Simarouba amara*, *Tabebuia* sp., *Aspidosperma macrocarpon*, las cuales se encuentran instaladas en el Anexo Experimental Alexander von Humboldt, que tienen 5,8 años de edad y fue realizada con plántulas producidas en vivero. Esta plantación se encuentra ubicada en suelo del tipo Acrisol con una topografía variada, que presenta ondulaciones leves y planas.

3.3 Diseño experimental

El diseño estadístico experimental utilizado fue bloques completamente randomizado, con cuatro tratamientos (*Dipteryx*, *Simarouba*, *Tabebuia*, *Aspidosperma*) y tres repeticiones por cada tratamiento.

3.4 Distribución de parcelas de evaluación

Debido a la variabilidad topográfica del área, para cada una de las especies se establecieron tres parcelas de medición. Las parcelas de evaluación representadas por el número de árboles se dieron porque las plantaciones presentan un espaciamiento uniforme (3 x 3 m), lo que garantizó el mismo número de observaciones por cada parcela. Cada parcela está compuesta de 20 árboles (unidad experimental) la misma que es sugerido por Wraith (1964) citado por Piotta (2001) quien comparó el comportamiento de parcelas de 15 y 200 árboles, demostrando que ambos tipos de parcelas daban estimaciones igualmente válidas acerca del crecimiento relativo en altura y diámetro. Finalmente para el presente estudio se ubicaron 12 parcelas, cuya evaluación se realizó en base a la metodología del sistema MIRASILV (Ugalde, 2003).

3.4.1 Variables dasométricas

Las variables evaluadas en el campo fueron:

- A. Espaciamiento en metros.
- B. Diámetro a 1.3 m de altura en cm de todos los árboles (dap)
- C. Altura total de todos los árboles en las parcelas en metros.
- D. Altura comercial de todos los árboles en las parcelas en metros.

3.4.2 Procesamiento de los datos

Las variables dasométricas de cada una de las especies estudiadas fueron procesadas en el sistema MIRA por cinco años consecutivos, el mismo que permite realizar un control de las parcelas de medición brindando un resumen dasométrico por parcela permanente indicando las

características en términos de crecimiento y productividad por fecha de medición. Finalmente el procesador permite la preparación de datos resumidos y el análisis de modelo de crecimiento. Las variables obtenidas se presentan en el cuadro 1. Seguidamente fueron procesadas en un PC compatible, utilizando el programa SAS, la misma que permitió aplicar la prueba estadística de Duncan a cada especie para determinar si existe diferencia significativa entre las medias.

Cuadro 1. Variables de crecimiento y productividad

CRECIMIENTO	UNIDAD MEDIDA	PRODUCTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA
Altura media	m	Área basal	m ² /ha
Altura dominante	m	Volumen	m ³ /ha
Dap (diámetro a la altura del pecho)	cm	IMA* en altura	m/año
Supervivencia	%	IMA* en dap	cm/año
		IMA* en volumen	m ³ /ha/año

NOTA: IMA*: incremento medio anual

3.5 Muestreo y análisis de suelo

Para determinar la influencia de la fertilidad del suelo en el crecimiento de las plantaciones de *Dipteryx*, *Simarouba*, *Tabebuia* y *Aspidosperma*, en cada una de las parcelas de medición se realizó el muestreo de suelo a 30 cm de profundidad. De cada parcela se obtuvo una muestra de suelo de un kilo (3 por especie), después de muestrear 5 puntos diferentes, tratando de abarcar toda el área de la parcela con el fin de homogenizar el muestreo. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo de la Estación Experimental Agraria Pucallpa, estableciendo la caracterización de los elementos Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y el nivel de pH de acuerdo a la metodología de análisis que está establecido en el laboratorio mencionado.

IV. RESULTADOS

4.1 Crecimiento

En el cuadro uno se observa que la especie Marupa, en las tres parcelas de crecimiento tanto a nivel de altura total y dominante presenta mayores alturas con respecto a las otras especies.

Cuadro 1. Promedio del resultado de crecimiento de las cuatro especies a 70 meses

Especie	Parcela	Edad (meses)	Dap promedio (cm/año)	Altura promedio (m)	Altura dominante (m)	IMA Altura (m/ha)
Shihuahuaco hoja grande	1	70	2,4	10,20	12,70	1,70
	2	70	1,9	7,50	8,80	1,20
	3	70	2,7	12,80	13,70	2,10
Marupa	1	70	3,2	14,70	16,00	2,50
	2	70	3,5	14,70	16,60	2,50
	3	70	3,8	15,90	21,00	2,70
Pumaquiro	1	70	1,5	6,40	8,60	1,00
	2	70	1,4	5,30	6,10	0,90
	3	70	1,5	6,30	9,60	1,00
Tahuari	1	70	1,8	7,00	10,20	1,20
	2	70	1,6	5,40	7,90	0,90
	3	70	2,0	11,20	16,10	1,90

4.1.1 Incremento de diámetro a la altura del pecho (Dap)

En el cuadro 1 se observa que el mayor incremento medio anual en (Dap) se obtuvo en la plantación de Simarouba amara, seguido de Dipteryx odorata y Tabebuia serratifolia con 3,8 cm/año, 2,7 cm/año y 2,0 cm/año respectivamente.

4.1.2 Altura total y dominante promedio

En el mismo cuadro 1, se observa que a los 70 meses de establecido en un suelo degradado, la plantación de Simarouba amara tiene el mayor crecimiento, seguido de Dipteryx odorata, teniendo una altura total promedio de 15,90 m y 2,80 m respectivamente. Ambas presentan el mayor crecimiento en altura dominante, con 21,00 m y 13,70 m respectivamente. A la misma edad la plantación de Aspidosperma macrocarpon presenta el menor crecimiento, presentando una altura total y dominante promedio de 6,30 m y 9,60 m respectivamente.

4.1.3 Resultado del análisis estadístico del tratamiento de altura por Plantación

Estadísticamente no existe diferencia significativa entre las alturas de los tratamientos.

4.2 Resultado de la interpretación del análisis de suelo

En el cuadro 2 se indica la caracterización de los elementos químicos del suelo ultisol por especie. El rango de acidez del suelo es extremadamente ácido, materia orgánica presenta un nivel crítico bajo, fósforo disponible bajo y un alto porcentaje de saturación de aluminio.

Cuadro 2. Resultado de la interpretación de análisis de suelo

Especie	Tipo de suelo	Rango de Acidez	Materia Orgánica (TM/ha)	N- Orgánico (TM/ha)	N - mineral (kg/ha)	P disponible	K disponible (kg de K ₂ O/ha)	Saturación de aluminio (%)
Shihuahuaco	Ultisol	E. A ¹	73.32	3.67	91.65	37.58	7647.59	46.22
Nivel crítico			Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy alto	Alto
Marupa	Ultisol	E. A ¹	69.42	3.47	86.78	29.60	18.25	63.28
Nivel crítico			Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Alto
Pumaquiرو	Ultisol	E. A ¹	92.43	4.62	115.54	21.62	36.50	49.43
Nivel crítico			Alto	Alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Alto
Tahuari	Ultisol	E. A ¹	76.83	3.84	96.04	29.60	18.25	54.12
Nivel crítico			Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Alto

4.3 Resultado de la fertilidad de suelo de plantación de *Dipteryx*, *Simarouba*, *tabebuia* y *Aspidosperma*

En el gráfico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se indica que la fertilidad de suelo en los tres blocks donde están establecidos las 4 plantaciones se observa que el área de plantación presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, escaso contenido de fósforo y una alta saturación de aluminio, programa PIAs (Zúñiga, 2016).

4.3.1 Fertilidad de plantación de *Dipteryx odorata* en los tres blocks

Gráfico 1. Fertilidad, block 1

Gráfico 2. Fertilidad, block 2

Gráfico 3. Fertilidad block 3



PIAs, Zúñiga 2016

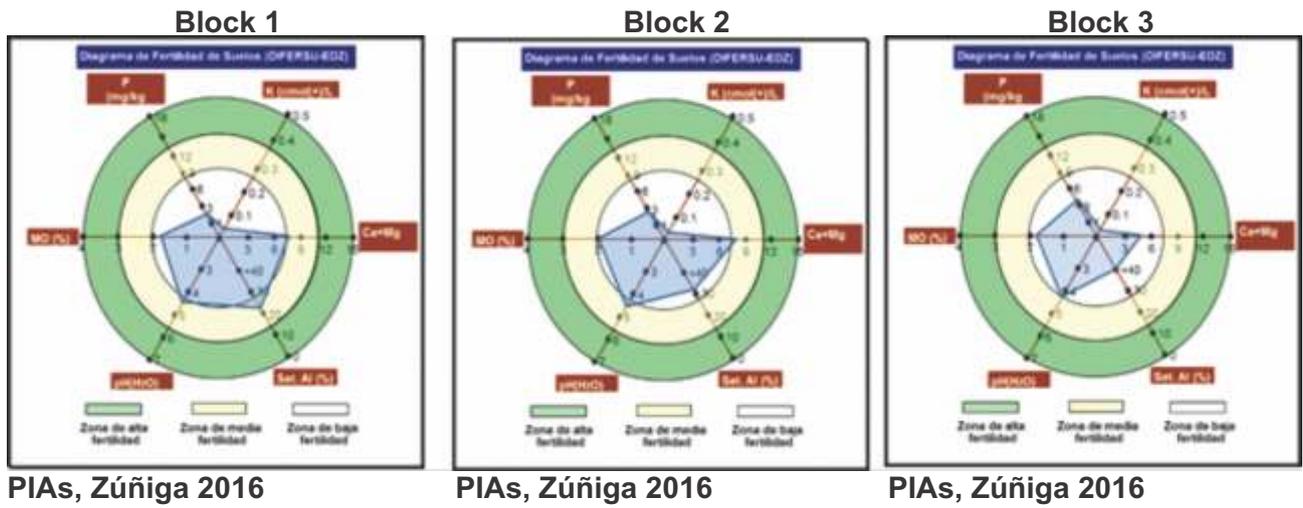


PIAs, Zúñiga 2016

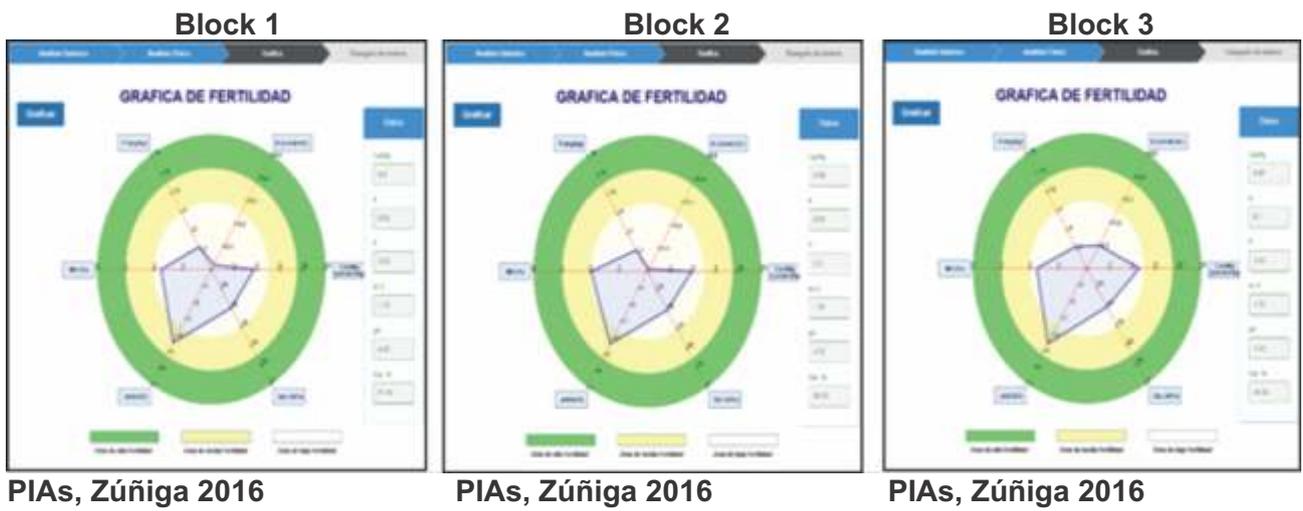


PIAs, Zúñiga 2016

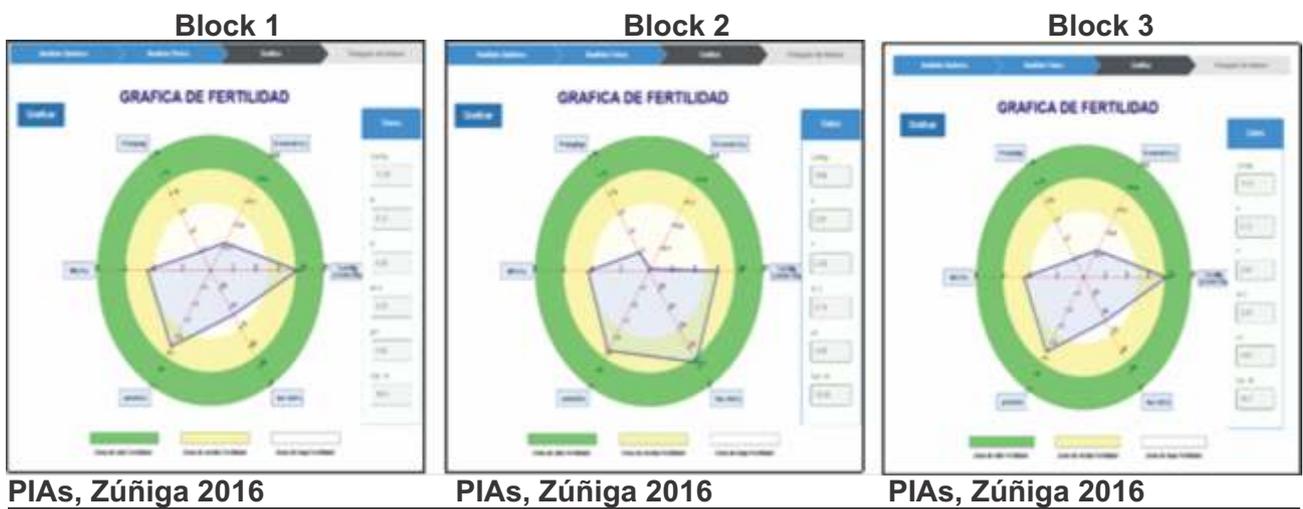
4.3.2 Fertilidad de suelo de plantación de *Simarouba amara*



4.3.3 Fertilidad de suelo de plantación de *Tabebuia serratifolia*



4.3.4 Fertilidad de suelo de Pumaquiro



V. CONCLUSIONES

A los 70 meses de establecido en un suelo degradado, las plantaciones forestales comerciales de Marupa, Shihuahuaco y Tahuari obtuvieron el mayor crecimiento en el block tres, siendo de 15.90 m, 12.80 m, y 11.20 m respectivamente, y Pumaquiro obtuvo el menor crecimiento en la parcela uno, siendo de 6.40 m. Estadísticamente, mediante comparación de medias entre tratamientos por especie no existe diferencia significativa ($P < 0,05$).

A nivel de suelo presenta bajo contenido de fósforo, porcentaje bajo de materia orgánica, el pH se encuentra en un rango de acidez entre 4.21 a 4.69, es decir de extremadamente a muy fuertemente ácido y una saturación de aluminio alto que se encuentra de 46.22 a 63.28 por ciento. Lo que se concluye que las plantaciones de estudio se encuentran en una zona cuya fertilidad de suelo es baja.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados preliminares obtenidos a los 70 meses de edad de las cuatro especies son parcialmente buenas a pesar de estar instalados en un suelo degradado cuyo rango de acidez en el trópico amazónico es de 4,73 que corresponde a muy fuertemente ácido, por lo que se recomienda continuar evaluando.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, M. 1983.** Relación entre factores edáficos e índices de sitio para *Cupressus lusitanica* (Mill) en el valle central, Costa Rica. Tesis Magister Sc. UCR, CATIE. Costa Rica. 132 p.
- Angulo, W. 1995.** Experiencias Silviculturales para el Establecimiento de Regeneración Artificial en el Bosque del Campo Experimental Alexander von Humboldt INIA – Estación Experimental Pucallpa. Tesis de Ing. Forestal, Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 94 p.
- 2008. Efecto de tres factores de sitio en el rendimiento maderable de las plantaciones de dos especies forestales en la Estación Experimental Alexander von Humboldt. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. 74 p.
- Carrera, F. 1987.** Experiencias y Resultados de las Plantaciones Forestales en la Zona Forestal Alexander von Humboldt. Pucallpa, Perú. Estación Experimental Pucallpa. 79 p. (Documento de Trabajo N° 5. INFOR-COTESU).
- FAO (1984).** Directrices para el control de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 38 p.
- FAO (2003).** Segunda reunión de expertos sobre armonización de definiciones relacionadas con la silvicultura para uso de varias partes interesadas. Roma, 11-13 septiembre 2002. Roma, Italia. 92 p. 28
- INFOR-JICA. 1985.** Proyecto de Estudio sobre Investigación y Experimentación en Regeneración de Bosques en la Zona Amazónica de la República del Perú. CENFOR XII. Pucallpa, Perú. 38 p.
- Jadan, S. 1972.** Sistemas de clasificación de índice de sitios para *Eucalyptus deglupta* BL en Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 99 p.
- Lojan, L. 1967.** Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos árboles tropicales. Turrialba (C.R.) Pág. 231-237.
- Ugalde, L. 2003.** Mirasilv.
- Louman, B. et al. 2001.** Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pág. 265.
- OIMT (2002).** Directrices para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques secundarios y degradados. Serie de políticas forestales N° 13. 87 p.
- Vallejo, O. 1996.** Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. f., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica.
- Vasquez, W.; Ugalde, L. 1994.** Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea* Roxb., *Tectona grandis* L. f., *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand y *Pinus Caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Informe final, Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO) Proyecto Madeleña-3. Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- Vincent, L. 1970.** Plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Surinam con referencia especial a la calidad de sitio. Revista Forestal Venezolana (Ven.). 13 (19-20): 27 – 59 p.
- Trenard, Y. 1982.** Making Wood speak, an introduction to dendrochronology. Forestry Abstracts (G.B.). Pág. 729-759.
- Young, A. 1976.** Tropical soils and soil survey. Cambridge UK. Geographical Studies. 468 p.

Wadsworth, F. 2000. Producción forestal para Bosques de América Tropical. USDA. 265 – 309 p.