

DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO AGRARIO

SUBDIRECCIÓN NACIONAL DE PRODUCTOS AGRARIOS

"Manejo Eficiente de Recursos Forestales y de Fauna Silvestre" - 084

"Crecimiento y Productividad de la Plantación de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, establecida en diferentes condiciones de sitio, en suelo Inceptisol en el Bosque Alexander von Humboldt".



*Elaborado: Wálter E. Angulo Ruíz
Investigador en bosques y plantaciones
Estación Experimental Agraria Pucallpa*

Pucallpa, 2014

	Pag
INDICE	
PRESENTACIÓN	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	6
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Características del suelo	6
2.1.1 Formación	6
2.1.1.1 El material parental	6
2.1.1.2 El drenaje	7
2.1.1.3 La materia orgánica del suelo	8
2.1.1.4 La meteorización	9
2.2 Suelo inceptisol	10
2.3 Clasificación de sitios	11
2.3.1 Método indirecto	12
2.3.2 Factores fisiográficos	12
2.3.3 Factores edafoclimáticas	14
2.4 Descripción y requerimiento de la especie	15
2.4.1 <i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke	15
2.5 Sistemas de mejoramiento	16
2.5.1 Sistemas de enriquecimiento	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1 Plantación de <i>Cedrelinga</i> en faja de enriquecimiento de 17 años	21
4.1.1 Crecimiento	21
4.1.2 Productividad	22
4.2 El factor suelo en faja de 5 m de ancho por tipo de fisiografía	23
4.2.1 Fisiografía plana	23
4.2.2 Fisiografía ondulada	23
4.2.3 Fisiografía colinosa	24
4.3 El factor suelo en faja de 10 m de ancho por tipo de fisiografía	25
4.3.1 Fisiografía plana	25
4.3.2 Fisiografía ondulada	25
4.3.3 Fisiografía colinosa	25
4.4 Relación de elementos del suelo con el rendimiento de <i>Cedrelinga</i>	26
V. CONCLUSIONES	27
5.1 Crecimiento y productividad de <i>Cedrelinga</i>	27
5.2 Fertilidad y asociación de las variables del suelo con el rendimiento	27
VI. RECOMENDACIONES	29
VII. BIBLIOGRAFIA	30

Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, mediante la Subdirección de Investigación y de Estudios Especiales dentro de sus fases de innovación agraria tiene actividades muy importantes: Primera es la Generación de Conocimiento y Generación con la finalidad de obtener resultados técnicos – científicos, parciales o finales que permita contribuir con la solución de problemas tecnológicos del agro peruano, y, segundo, es la Transferencia de Resultados constituido por la información y el conocimiento, cuyos productos sirvan a la comunidad técnico – científica a desarrollar actividades o procesos para generar otros productos o servicios, que propicien la innovación. Esto se da mediante transferencia de tecnologías, publicaciones técnicas o científicas, informes técnicos, conferencias, seminarios, etc.

Tomando en cuenta lo indicado líneas arriba el presente artículo científico detalla la metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones del estudio “Crecimiento y Productividad de la Plantación de *Cedrelinga cateaniformis* Ducke, establecida en diferentes condiciones de Sitio en Suelo Inceptisol en el Bosque Alexander von Humboldt”. La presente publicación es dar a conocer los resultados del proceso de investigación de muchos años la misma que es financiada con fondos del Programa Presupuestal “Manejo Eficiente de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre” – 084.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Anexo Alexander von Humboldt; de acuerdo a la zona de vida de Holdridge se encuentra en un bosque húmedo tropical, con una precipitación y temperatura media de 3600 mm y 26,8°C (promedio de 2010-2013, registro personal) respectivamente, suelo inceptisol, cuya textura es franco arcilloso, pH 6,2, drenaje bueno. Topográficamente se encuentra ubicado a una altitud de 250 a 350 msnm, distribuido en tres fisiografías marcadas: plana – ondulada – colinosa.

El objetivo principal es determinar el crecimiento y productividad de la plantación de *Cedrelinga catenaeformis* establecida en diferentes condiciones de sitio en suelo inceptisol. Se utilizó un diseño de bloques completamente randomizado con arreglo de parcela dividida, con tres tratamientos y tres repeticiones, donde el block principal es el ancho de faja (5 y 10 m), el block secundario las fisiografías: plana-ondulada-colinosa. Se evaluaron 270 árboles que fueron tabulados en el programa MIRA y analizados en el paquete estadístico SAS. Mediante Prueba de Duncan (P 0,05) para la comparación de medias entre tratamientos el mayor crecimiento se obtuvo en el tratamiento ancho de 5 m, fisiografía ondulada, una altura total de 17,83 m; altura dominante de 20,50 m; IMA en altura de 0,83 m/año; diámetro promedio de 22,6 cm; IMADAP de 1,03 cm/año . El menor crecimiento se obtuvo en el tratamiento, ancho de 10 m, fisiografía colinosa, con una altura de 11,89 m, altura dominante de 13,90 m y un IMA en altura de 0,59 m/año. La mayor productividad se obtuvo en el tratamiento: ancho de 5 m, fisiografía ondulada, con un área basal de 14,63 m²/ha, volumen 141,47 m³/ha. La menor productividad se obtuvo en el tratamiento, ancho de 10 m, fisiografía colinosa, con un área basal de 12,98 m²/ha, volumen 67,40 m³/ha y un incremento medio anual en volumen de 3,34 m³/ha/año.

El análisis de regresión indica que el pH a una profundidad de suelo de 20 cm influye negativamente con la altura total y dominante en 77 % y 73 % respectivamente, lo que se aduce estadísticamente que cuanto aumenta su contenido en el suelo el crecimiento de la especie disminuye, lo cual nos indica que esta especie prefiere suelos cuyo pH esté entre 4,0 y 5,1.

Palabras claves: Tornillo – fisiografía – profundidad de suelo – plantación en faja de enriquecimiento- crecimiento – productividad.

ABSTRACT

The investigation was developed at Alexander von Humboldt Annexe, according to the life zone of Holdridge, it is located in a tropical humid Woods, with a rainfall and temperature of 3600 mm and 26.8 °C (average of 2010-2013 personal register) respectively inceptisol soil which texture is Sandy clay, pH 6,2 well-drained. Topographically it is located at an altitude of 250 to 350 m above sea level, distributed in three physiographies: plane - rolling – hilly.

The aim goal is to determine the growth and productivity of the plantation of *Cedrelinga Cateniformis* set-up in different conditions of place in inceptisol soil. It was used a design of blocks completely randomised with a set-up of divided plot of land, with three treatments and three repetitions, where the principal block is the band wide (5 and 10m), the secondary block the physiographies: plane – rolling – hilly. 270 trees were evaluated which were tabulated in the program MIRA and analyzed in the statistic packet SAS. By means of Duncan's test (P 0,05) for the comparison of averages between treatments the major growth was obtained in the wide treatment of 5m., rolling fisiografia, a total height of 17,83m; dominant height of 20,50m; IMA in height of 0,83 m/year; average diameter of 22,6 cm; IMADAP of 1,03 cm/year. The minor growth was obtained in the treatment; wide of 10 m hilly fisiografia, with a height of 11,89 dominant height of 13,90m. and a IMA in height of 0,59 m/year. The major productivity was obtained in the treatment wide of 5 m, rolling fisiografia, with a basal area of 14,63 m²/ha, amount 141,47 m³/ha. The minor productivity was obtained in the treatment, wide of 10 m, hilly fisiografia, with a basal area of 12,98 m²/ha, amount 67,40 m³/ha and an average annual increase in amount of 3,34 m³/ha/year.

The analysis of regression indicates that the pH at a depth of soil of 20 cm influences negatively with the total height and dominant in 77 % and 73% respectively, what comes to the claim statistically that as it increases its content in the soil, the growth of the specie decreases, this indicates this specie prefers soils which pH is between 4,0 and 5,1

Key words: Tornillo – fisiografia – depth of soil – plantation in strip of enrichment – growth – productivity.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso acelerado de deforestación que se lleva a cabo en los bosques Amazónicos en los últimos 50 años ha originado que cerca de 11 millones de hectáreas se hayan deforestado por acción agrícola y por el cultivo ilegal de la coca. En el caso de Ucayali estadísticamente se deforestaron 1 077 713 ha lo que equivale al 10,6 % del territorio nacional (INRENA, 2001).

La deforestación de los bosques es uno de problemas más graves que hoy enfrentan los científicos, silvicultores y ordenadores de tierras. El Estado Peruano a nivel nacional desde hace mucho tiempo a través de los comités de reforestación ha establecido numerosas superficies de plantaciones forestales con diversas especies comerciales, bajo la modalidad de plantaciones en fajas de enriquecimiento, puras, mixta y reforestación social (sistema agroforestal) en sitios degradados, inapropiados para las especies, mediante la creencia de que los árboles son capaces de sostener un crecimiento vigoroso en esas condiciones, hasta alcanzar dimensiones grandes, pero finalmente no han tenido el éxito de crecimiento esperado, siendo abandonados y quemados por el avance de la agricultura migratoria.

En el trópico amazónico la falta de información para establecer plantaciones en diferentes condiciones topográficas y edáficas es necesaria e importante ya que permitirá garantizar a los reforestadores técnicamente el crecimiento y productividad maderera.

En este contexto, el presente trabajo de investigación busca responder a varias interrogantes en relación al rendimiento de la especie con la topografía y profundidad del suelo practicado en una plantación de enriquecimiento de 5 y 10 m de ancho, instalado en suelo inceptisol: 1) ¿ En qué ancho de faja y tratamiento se tiene mejor crecimiento y productividad? ; 2) ¿Qué elementos mayores del suelo contribuyen con el crecimiento? Para responder a esas inquietudes se plantea los siguientes objetivos:

- a) Determinar el crecimiento de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke en plantación de enriquecimiento de 5 y 10 m de ancho, topografía variada y profundidad de suelo.
- b) Determinar el efecto que tienen las variables estudiadas en el rendimiento maderable.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Característica del suelo

Los suelos se dividen en clases según sus características generales, la clasificación se basa en la morfología y composición del mismo, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir, por ejemplo: la profundidad, el color, la textura, la estructura y la composición química. La mayoría de los suelos tienen estratos característicos, llamados horizontes; la naturaleza, el número, el grosor y la disposición de éstos también es de importancia en la identificación y clasificación de los suelos (Bertsch, 1995).

2.1.1 Formación

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 las actividades humanas (Young, 1976).

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 influye en la profundidad del suelo y en la pedregosidad.

En el bosque húmedo la meteorización es intensa; todos los minerales a excepción del cuarzo. La lixiviación a lo largo del año produce suelos ácidos con una pobre saturación de bases. Las estaciones secas de hasta tres meses de duración no causan retrasos significativos en estos procesos.

La formación de suelos en los trópicos está principalmente relacionada con el agua: cantidad, cambio y movimiento en el suelo. Gran parte de la meteorización y la lixiviación de los suelos tropicales proviene de la combinación de humedad y altas temperaturas.

El agua de lluvia disuelve el dióxido de carbono de la atmósfera, convirtiéndose en una débil solución de ácido carbónico antes que llegue a la tierra. Su acidez aumenta al entrar en contacto con el dióxido de carbono que hay en el aire del suelo, e incorpora sustancias orgánicas en la solución. A medida que la acidez del suelo aumenta, la solución del suelo se torna en un agente de lixiviación aún más poderoso.

2.1.1.1 El material parental

Los suelos minerales se originan de las tres clases de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas se solidificaron a partir del estado líquido; las rocas sedimentarias se desarrollaron a partir de materiales transportados y depositados por el

agua o el aire, y las metamórficas generalmente son de origen ígneo, pero que han sido sometidas prolongadamente a una presión y temperatura tan altas que sus características han sido alteradas.

Las rocas ígneas que se han solidificado en la profundidad de la tierra son plutónicas; las que se han solidificado camino a la superficie son intrusivas, y las que se han solidificado después de haber alcanzado la superficie son volcánicas.

La lluvia y la composición de las rocas son las dos principales causas de diferenciación del suelo en los trópicos. La variable principal en la composición del material parental es la sílice.

La topografía no sólo afecta la formación del suelo directamente, sino que también influye en el clima y en el drenaje, los cuales a su vez afectan la formación del suelo. El cambio de temperatura con la altitud produce zonas de suelos diferenciables en cuanto al contenido de materia orgánica. La altitud afecta la precipitación, especialmente en las laderas expuestas al viento. El relieve también tiene un gran efecto sobre el drenaje del suelo.

En laderas con poco declive el suelo permanece durante mucho tiempo, lo que genera suelos meteorizados (por lo tanto infértiles). En las laderas empinadas el suelo tiende a desaparecer rápidamente, por lo tanto, está menos sujeto a la meteorización por lo que podría contener una mayor cantidad de minerales. Estas diferencias son bien conocidas por los agricultores migratorios quienes obtienen mejores rendimientos en las laderas empinadas.

2.1.1.2 El drenaje

El drenaje es crítico para las propiedades del suelo. Un drenaje pobre usualmente resulta en una reducción de los compuestos de hierro (Fe), en la ausencia de oxígeno (O) y en su re-oxidación y precipitación parcial.

El agua del suelo puede encontrarse libre en cavidades, adherida a partículas de suelo, en combinación higroscópica, en combinación química o como vapor. Generalmente, el agua viene de arriba en forma de precipitación y rocío; de lado en la superficie del suelo, o desde abajo con el ascenso del nivel freático. El agua desaparece del suelo por evaporación, transpiración o flujo gravitatorio lateral. La evaporación y transpiración aumentan generalmente con la lluvia y con el déficit de saturación en la atmósfera. En los bosques, la humedad del suelo a más de un metro de profundidad puede ser menor que sobre terrenos denudados debido al efecto de la vegetación (Herry 1931, citado por Mohr 1944).

Young (1976) tomando en cuenta el Manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) indica las siguientes clases de drenaje del suelo:

- ❖ **Drenaje muy pobre:** El nivel freático permanece en la superficie del suelo la mayor parte del año; frecuentemente se ve agua estancada. Ejemplo: los pantanos.
- ❖ **Drenaje pobre:** El nivel freático se encuentra junto en la superficie o cerca de ella durante la mayor parte del año. La capa superficial del suelo “gleysada”. Ejemplo: sitios que aunque no son pantanosos, sufren de pobre drenaje.
- ❖ **Drenaje imperfecto:** Suelos inundados durante largos periodos, con un horizonte B claramente moteado. Los cultivos con poca tolerancia a un drenaje impedido no pueden crecer en estos suelos.
- ❖ **Drenaje moderadamente bueno:** El perfil de estos suelos es húmedo durante cortos períodos; son moteados hasta cierta profundidad. Generalmente el drenaje es libre, pero temporalmente impedido.
- ❖ **Buen drenaje:** El exceso de agua escurre libre, pero no muy rápidamente como cae. No hay indicios de suelos moteados.
- ❖ **Drenaje casi excesivo:** El agua escurre tan rápidamente como cae. Ejemplo: suelos arenosos.
- ❖ **Suelos excesivamente drenados:** El perfil se libra del agua muy rápidamente. Ejemplo: suelos pedregosos en laderas empinadas.

2.1.1.3 La materia orgánica del suelo. Las diferencias entre las rocas meteorizadas y el suelo derivado de ellas (y, de hecho, gran parte de la fertilidad del suelo) son principalmente de carácter biológico (Jacks 1963). La materia orgánica de los suelos tropicales aumenta la resistencia a la erosión y a la penetración de raíces, así como la capacidad de intercambio de cationes y constituye una reserva de nutrimentos. El contenido de nutrimentos y la capacidad de intercambio de la mayoría de los suelos tropicales se da principalmente, en el complejo orgánico constituido por los 20 cm superiores del suelo mineral.

El sistema planta/suelo contiene cuatro almacenes de materia orgánica: la vegetación viva, la vegetación muerta, la capa de humus y los organismos del suelo. El carbono se usa comúnmente para medir el contenido de materia orgánica; casi la mitad de la vegetación muerta secada al horno consiste de carbono.

- ✓ **Etapa juvenil:** La meteorización ha comenzado pero todavía existe mucho material que no está meteorizado.
- ✓ **Etapa viril:** La meteorización ha progresado pero queda todavía bastante material que no está meteorizado.
- ✓ **Etapa senil:** El material que no está meteorizado ocurre sólo esporádicamente.
- ✓ **Etapa final:** El suelo está completamente meteorizado.

La erosión afecta la formación de los suelos de forma significativa. El poder de la erosión del agua es una función de su velocidad y volumen. La resistencia a la erosión se determina por el peso de las partículas del suelo y su capacidad de cohesión. Estos dos factores se relacionan inversamente con el tamaño de las partículas; por consiguiente, los suelos gruesos y arenosos son sueltos y erosivos, mientras que los suelos arcillosos (compuestos de partículas pequeñas y ligeras) son cohesivos. Sin embargo, una vez separadas las partículas, el agua las transporta fácilmente.

Los suelos de los trópicos son predominantemente de color marrón rojizo o rojo amarillento. En las zonas húmedas de las tierras bajas, tienen un alto contenido de arcilla y un bajo contenido de sedimentos, mientras que la estructura del horizonte B es cúbica. En la zona del bosque húmedo, los suelos son muy friables debido a las arcillas, que consisten casi enteramente de caolinita y sesqui-óxidos. El horizonte A de muchos suelos tropicales es más oscuro que los demás horizontes debido a la presencia de humus. Los suelos oscuros, sin embargo, no deben considerarse ricos en humus. El moteado comúnmente se da como resultado de un drenaje imperfecto. Generalmente, el contenido de arcilla decrece con la elevación y con la sequedad del clima.

2.2 Inceptisol (FAO, Cambisol)

Los inceptisoles son suelos jóvenes sin acumulación de materiales transferidos aparte de carbonatos y sílice. Algunos inceptisoles se encuentran en las planicies de inundación de los ríos y en zonas donde existen afloramientos rocosos. Cuando los inceptisoles se combinan con un material orgánico desarrollan una alta capacidad de retención de agua. Si el pH es bajo, estos suelos tienen una baja capacidad de intercambio de cationes (Wadsworth 2000).

Suelo con inmadurez pedológica, en el cual es posible distinguir una secuencia de horizontes moderadamente desarrollados, sin embargo los procesos de formación se encuentran en una etapa incipiente de desarrollo. El horizonte A, es moderadamente húmico, pardo grisáceo y amarillo, observándose arena hasta en las partes relativamente profundas, presenta poco humus. En general son de textura media, con un contenido máximo de arcilla en el horizonte superior. El pH varía de 5,5 – 6,5 (medianamente ácido)

umentando con la profundidad. A menudo presentan falta de agua durante la época seca. Se desarrollan en sitios cuya topografía son colinas suaves a fuertemente inclinadas. Son muy apreciados debido a que tienen una fertilidad inherente bastante elevada. Desde el punto de vista agronómico son los mejores suelos con un alto potencial volumétrico, además existe una estrecha correlación entre el tipo de suelo y la fisiografía y este a su vez con la vegetación predominante (Bertsch, 1995).

Vidaurre (1992) en la Estación Experimental Alexander von Humboldt lo incluye en terrenos de colinas bajas accidentadas y colinas altas tanto suave como accidentada. Angulo (1995) tomando en cuenta la altura, concluye que las especies arbóreas que alcanzan buen desarrollo son: *Guazumas* (Bolainas), *Swetiena macrophylla* (Caoba), *Copaifera* (Copaiba), *Myroxylon balsamun* (Estoraque), *Parkia oppositifolia* (Gomahuayo pashaco), *Ceiba pentandra* (Lupuna) y *Simarouba amara* (Marupa).

Sánchez (1981) mediante una correlación taxonómica de suelo entre la clasificación FAO y el Departamento de Sistema de taxonomía de suelo de EE.UU. concluye que es denominado por ambos como: Cambisoles dystrico e Inceptisol. Lo describe como suelos jóvenes, con horizonte cámbico sin otros horizontes de diagnóstico. Finalmente el mismo autor dice que la distribución tropical para este suelo, en América del Sur, es del orden de 8.2 % de los cuales 81 millones de ha, corresponde a los tropepts.

Schwyzwer (1981) considera que el tornillo no prospera en bajiales donde se encuentran suelos hidromórficos y mal drenados, afirmando más bien que necesita aquellos suelos que se encuentran en lomas y laderas, suelos con buen drenaje.

Maruyama (1986) asegura que el tornillo prefiere zonas de colina suave, poco ondulado, de buen drenaje y exposición.

López (1970) manifiesta que en cuanto a los factores edáficos tiene una amplia distribución geográfica encontrándose de preferencia en suelos de buen drenaje, aunque por su categoría son latosoles de tipo sílico, caracterizados por su bajo contenido de materia orgánica y su alta acidez.

2.3 Clasificación de sitios

Para la clasificación de sitios, existe una serie de métodos para evaluar y determinar la calidad de sitio. Autores como Carmean (1975), Daniel et al. (1982) y Cluter 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) (Vasquéz y

Ugalde, 1994). El segundo método se desarrolla utilizando factores que afectan el crecimiento de la especie.

2.3.1 Método indirecto

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 métodos 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).

Comúnmente el índice de sitio es el que más se utiliza para relacionar las características climáticas, fisiográficas y edáficas en diferentes sitios. Este índice de sitio está definido por varios autores como Daniel et al. (1982), Vásquez y Ugalde (1994) entre otros, de la siguiente manera: es la altura dominante que puede alcanzar un rodal, a una edad determinada, que se toma como edad base; es decir, el índice de sitio según Vallejos (1996), es la expresión de la calidad de sitio, basada en la altura dominante.

El método indirecto 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. Este método 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.

2.3.2 Factores fisiográficos

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 Hairston y Grigal, 1991).

Vallejo (1996) manifiesta que los factores fisiográficos han sido utilizados, para predecir la calidad de sitio, esto se debe a que la topografía es uno de los factores que influyen en la formación del suelo, por lo tanto es una fuente de variabilidad importante a ser

considerada. El mismo autor manifiesta que la ventaja de utilizar información topográfica facilita calificar un tipo de sitio.

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 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).

Autores como De las Salas (1984), Hairston y Grigal (1991), citados por Vallejos (1996), coinciden al decir que las ventajas de utilizar información topográfica es evidente, ya que esta información puede ser fácilmente observada tanto en terreno como en material cartográfico.

La posición, como la pendiente en las parcelas, está relacionada con el índice de sitio. Verbyla y Fisher (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.

La EEAVH presenta una fisiografía muy variada, observándose sitios que varían de plano a plano ondulado en la parte este, y en la parte oeste de colinas bajas a altas. El sistema de colinas corresponde a las estribaciones finales del ramal oriental de la Cordillera de los Andes que se encuentra cercana. Así mismo, Vidaurre (1992) en una muestra de las 1500 has de dicho bosque encontró que el área de experimentación en donde se encuentran instaladas las parcelas de investigaciones a estudiar está distribuida porcentualmente de la siguiente manera:

- A. Zona de colinas altas**, cuya altitud es de 290 a 340 m, con pendiente mayores a 30 % donde los suelos cambisoles ocupan el 22,4 %, gleysoles 0,3 %.
- B. Zona de colinas baja**, la altitud es de 250 a 290 m, con pendientes entre 8 y 30 %. Los cambisoles ocupan el 7,5 %, acrisoles 21 % y gleysoles 11 %.

C. Zona inclinada o plana, cuya altitud es menor de 250 m, con pendiente que va de 0 a 8 %. En cuya zona los acrisoles ocupan el 12,6 % y los gleysoles 25,2 %.

2.3.3 Factores edafoclimáticos

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. arborea*, fueron: grosor del horizonte A, disponibilidad de potasio, la densidad de partículas y el porcentaje de saturación de aluminio. La variación en el crecimiento en altura está asociada con las tres primeras variables en un 91 %.

Otras variables que se han utilizado y que también presentan buenos ajustes con el índice de sitio, son las propiedades químicas y físicas de los suelos, donde se han encontrado coeficientes de determinación altamente significativos (De las Salas, 1984); lo que según Vallejos (1996), presentan una relación causa efecto de las variables con el crecimiento de los árboles, facilitando esto el desarrollo de modelos.

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.

Algunos investigadores han encontrado importantes ajustes utilizando variables climáticas y el índice de sitio, tal es el caso de Lockaby y Caulfield (1989) que la atribuyen a los factores climáticos como la precipitación, temperatura y el largo periodo de crecimiento la variación de la productividad forestal. Sin embargo, Vásquez y Ugalde (1994) encontraron que para la 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 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.

2.4 Descripción y requerimientos de la especie

2.4.1 *Cedrelinga catenaeformis* Ducke

Este espécimen en el bosque primario forma parte del estrato dominante y codominante, llegando a medir hasta 55 m de altura con 220 cm de diámetro a la altura del pecho (medición personal). Es un árbol grande, de tallo recto, corteza agrietada de 1 a 2 cm de grosor, con grandes aletas y raíces superficiales que posee diámetro pequeño y grande. Hojas alternas, glabras y bipinnadas. Presenta flores hermafroditas de color blanco. Inflorescencia terminal en pequeñas cabezuelas. Fruto legumbre, lomento membranoso, compuesto de 6 a 12 artejos plegados en zig – zag, oblongo ovales, que llegan a medir hasta 50 cm de longitud.



Fenológicamente la floración se inicia desde la segunda quincena de junio y finaliza al término de la primera quincena de setiembre; la fructificación empieza de la segunda quincena de setiembre y termina al final de enero; la maduración se da entre la quincena de enero a febrero; la diseminación entre la quincena de febrero y final de marzo. Algunos individuos pueden producir frutos y otro no. Su ciclo de semillación es cada tres años (INFOR-JICA, 1991). Cuando los frutos permanecen en las ramas de la copa son fuente de alimento de los loros que a su vez ocasionan la caída de las mismas. En estos últimos cuatro años (2010 – 2013), debido al incremento de la temperatura (0,8°C) en la zona los semilleros han dejado de producir frutos y/o semillas, sin

embargo algunos árboles han estado produciendo frutos vanos (observación personal).

La especie está distribuida en países como Bolivia, Brasil, Colombia y Ecuador. En el Perú se encuentra en las regiones de Loreto, Ucayali, Junín, Huánuco, cuya distribución es desde los 120 hasta los 800 msnm, con temperaturas promedio que varían de 22°C hasta 27°C y precipitaciones desde 2500 hasta 3800 milímetros. Se desarrolla en suelos ultisoles, ácidos y arcillosos, con pH de 4,5 a 5,5 (muy fuertemente a fuertemente ácido), con alto contenido de aluminio, buen drenaje. No soporta inundaciones. Mayormente crece en forma de manchales, asociado con especies como: Cumala, Moena, Huayruro, Ishpingo, etc.

La madera es suave y liviana, de color café claro, y se denotan unas vetas rojo oscuras que emergen gradualmente. Es de densidad media y es usada en estructuras, carpintería, construcciones navales, carrocería, muebles, láminas de enchape, puntales y juguetería, Wightman et al. (2006).

2.5 Sistemas de mejoramiento

Bajo este concepto debe entenderse todas las intervenciones para la domesticación que son realizadas en las masas en pie, con el fin de mejorar sus futuros rendimientos.

2.5.1 Sistemas de enriquecimiento

Lamprecht (1990) manifiesta que estos sistemas generalmente se denominan enriquecimiento. Es decir, cuando el número de árboles con valor comercial en el bosque original es insuficiente o malo (ejemplo, un bosque explotado), entonces en lugar de un mejoramiento se plantea eventualmente un enriquecimiento. Este sistema fue propagado en Africa por Aubreville en el año 1937 y considera los siguientes pasos para tener éxito en el manejo del sistema:

- La apertura de trochas paralelas dentro del bosque a ser enriquecido, con distanciamiento de 10 a 25 m, con dirección de este a oeste.
- A ambos lados de la trocha se limpia totalmente una franja de 1 m de ancho, eliminando el piso arbustivo y el herbáceo.
- En un tramo de 5 m o más a partir del eje de la trocha se cortan en ambos lados todas las plantas enredaderas, se elimina el piso arbustivo y la regeneración no valiosa, hasta una altura aproximada de 2 a 4 m. Además se talán todos los árboles de copa ancha en el piso inferior.
- Las plantas para enriquecimiento se colocan en el eje o centro de la trocha, a distancia de 5 a 10 m. Se utilizan plantas grandes de especies valiosas, ambientalmente adecuadas, con 1 m de altura y hasta más, o bien los llamados “stumps”, plantas recortadas o pseudoestacas.
- Las hileras de plantas son controladas y limpiadas periódicamente. En el primer año se requieren con frecuencia hasta tres limpiezas y esto depende de la ecología de la especie. Con el crecimiento vertical de los árboles jóvenes, los tratamientos en las hileras de plantación pueden ser sucesivamente reducidos. Por el contrario, las franjas intermedias o entrefajas deben ser raleadas y reducidas, de modo que el piso superior del rodal definitivo se componga prácticamente sólo de las especies de valor comercial reforestada.

Las ventajas y desventajas del sistema de enriquecimiento se detallan a continuación:

- ✓ Una gran ventaja consiste en que la domesticación mediante las plantaciones de enriquecimiento se efectúa sin tener que desmontar, de manera que la vegetación original sigue conservando, al menos parcialmente, el clima interior del bosque y protegiendo el suelo.
- ✓ Se pueden introducir entonces especies acorde a las exigencias del bosque primario, las cuales no podrían subsistir bajo las condiciones de campo abierto.
- ✓ Bajo el piso superior que será formado en una edad más avanzada por las especies comerciales de alto valor reforestada se puede conservar un sotobosque natural multiestrato y rico en especies.

Catinot (1969) indica que las plantaciones de enriquecimiento son operaciones silviculturales que tienen por objeto introducir en el bosque natural aprovechado (bosque residual) un porcentaje de especies valiosas con la finalidad de darle en el tiempo un valor económico rentable.

Louman (2001) concluye que el enriquecimiento es más un tratamiento silvicultural, y se puede aplicar como componente tanto en sistemas monocíclicos como policíclicos y que el esfuerzo para asegurar la regeneración del bosque se enfoca principalmente en la regeneración artificial dentro del bosque.

Quirós (2001) indica que con las plantaciones de enriquecimiento se influye en la regeneración de especies deseadas en el bosque utilizando plantas de especies valiosas producidas en viveros o recolectadas en otros sitios del bosque.

Además indica que existen muchas modalidades de plantaciones de enriquecimiento; entre estas tenemos:

Plantaciones en fajas. Consiste en la apertura de callejones de ancho variable (3 m, 5 m, 10 m), en dirección este – oeste con la finalidad de que las plantas objetivo capten la mayor iluminación posible del día. En este método de enriquecimiento se plantan espaciadamente, especies de mediano a rápido crecimiento y alto valor comercial. El crecimiento relativamente bajo y la elevada mortalidad se deben al cierre del dosel superior, que forma verdaderos túneles, y la caída repetida de árboles sobre las fajas.

Experiencias con estos sistemas de plantación han sido desarrolladas por el INIA desde el 1982 realizando diferentes anchos de faja y distanciamientos entre ellas. Para el presente estudio la información proviene de faja de enriquecimiento de 5 y 10 m de ancho, donde se instaló la especie *Cedrelinga*.

En fajas de 5 m de ancho con 15 m de entrefaja, las plantas fueron instaladas en el centro de la faja en forma lineal, con un distanciamiento entre plantas 5 m, la densidad 100 plantas/ha. La entrefaja conformada por árboles naturales, de diversos tamaños, hizo que

los follajes de los árboles permitieran el ingreso de luz en forma lateral a la faja de plantación, permitiendo que los individuos plantados crezcan en forma recta, evitando su ramificación (Vidaurre, 1992).

En fajas de 10 m de ancho con 20 m de entrefaja la distribución de los plántones fue de doble hilera con respecto al centro, siendo el distanciamiento entre plantas 3 m x 2 m (Vidaurre, 1992).

Plantaciones en vías de arrastre y patios de acopio. En muchos casos se ha intentado plantar en las vías abiertas por los tractores durante la extracción, así como en los patios de acopio, con el objetivo de disminuir los altos costos de preparación de sitio. Sin embargo, los resultados no han sido muy alentadores debido a la baja luminosidad en las vías de arrastre por no estar orientadas de este a oeste, y en algunos casos, al alto grado de compactación de los suelos ocasionado por los tractores.

Plantaciones en claros. En varios ensayos se ha probado reforestar con especies valiosas en claros naturales o provocados por la tumba de árboles durante el aprovechamiento. Esta forma de plantar dificulta el mantenimiento de los árboles debido a la distribución aleatoria de los claros, lo que aunado a la rápida cobertura del espacio por lianas, especies invasoras y residuos de árboles aprovechados dificulta la operación.

Plantaciones bajo dosel. Consiste en la corta del sotobosque y la instalación de la plantación bajo la cobertura de las copas. Si bien los costos de instalación y mantenimiento son reducidos, el crecimiento de la especie es lento. En el bosque Experimental Alexander von Humboldt, mediante este método se ha podido controlar o frenar el ataque de *Hypsipyla* a las Meliaceas, pero el inconveniente es que el crecimiento es lento, el cual no justifica su aplicación en forma extensiva.

III. MATERIALES Y METODOS

El Anexo Alexander Von Humboldt se encuentra situado entre las regiones de Ucayali y Huánuco, geográficamente a $8^{\circ}49' 31.7''$ latitud sur y $75^{\circ} 3' 19.5''$ longitud oeste. Altitudinalmente está entre 200 - 350 msnm. La temperatura media 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). El suelo donde está ubicado la plantación es de tipo inceptisoles, textura arcillo-limosa, drenaje pobre, pH promedio 5,7 (medianamente ácido).

El material experimental son las plantaciones que fueron establecidas en 1987 por el Proyecto INFOR – JICA. El área de estudio tiene una superficie de 2,5 ha de las cuales 1,5 ha corresponde a faja de enriquecimiento de 10 m de ancho y una hectárea a faja de enriquecimiento de 5 m de ancho. Ambas plantaciones se encuentran en suelo del tipo inceptisol, con fisiografía: plana, ondulada y colinosa.

Se utilizó diseño de bloques completamente al azar, con arreglo de parcela dividida y tres repeticiones. El número total de unidad experimental es 12. Debido a la variabilidad topográfica del área y en base al diseño estadístico en la plantación de 5 y 10 m de ancho, se ubicaron 3 parcelas de medición en cada uno de los sitios: plano, ondulado, colinoso, y cada parcela compuesta de 15 árboles (recomendado por Piotto, 2001).

Las variables evaluadas fueron: Dap (cm), altura total (m) y estado fitosanitario, los cuales fueron tabulados en MIRASILV el cual brinda resumen dasométrico por parcela. El análisis se realizó en el programa SAS y se utilizó la Prueba de Duncan para realizar comparación de medias entre los tratamientos. Con la información obtenida y mediante la aplicación del tabulador se obtuvieron parámetros de crecimiento: altura promedio (m), diámetro (cm), área basal promedio (m^2), altura dominante (m) y supervivencia (%) y los parámetros de productividad: área basal/ha (m^2/ha), volumen/ha (m^3), e incrementos medios anuales por hectárea para altura, diámetro, área basal y volumen (m^3).

Finalmente para determinar la influencia de la fertilidad del suelo en el crecimiento y productividad de las plantaciones de Cedrelinga establecidas en faja de 5 y 10 m de ancho, en cada una de las parcelas de medición se realizó el muestreo de suelo por tipo de topografía (plana, ondulada, colinosa) aun nivel de profundidad: (0 – 20 cm), obtuyéndose 1 kg de suelo, 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, determinando la caracterización de los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio y el nivel de pH de acuerdo a la metodología de análisis establecido por el laboratorio mencionado. Finalmente se realizó una prueba estadística de correlación entre

los parámetros de crecimiento y productividad de las especies con las propiedades químicas del suelo (profundidad) para determinar si estas influyen en su comportamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Plantación de *Cedrelinga* en faja de enriquecimiento de 17 años

4.1.1 Crecimiento

En el cuadro 1 se muestra el resumen de los resultados de crecimiento obtenido para los seis tratamientos por ancho de faja y fisiografía: 1 (plana); 2 (ondulada); 3 (colinosa) corresponde a faja de 5 m de ancho, y, 4 (plana); 5 (ondulada); 6 (colinosa) a faja de 10 m de ancho. También se indica los resultados de la comparación de medias entre tratamientos.

Cuadro 1. Promedio de las variables de crecimiento de *Cedrelinga* en faja de enriquecimiento de 5 y 10 m de ancho, según tipo de fisiografía.

TRATAMIENTOS	DAP (cm)	IMADAP (cm/ha)	ALTURA (m)	IMAALT (m/ha)	ALTDOM (m)
FAJA 5 FISIOGRAONDULADA	22,6 a	1,03 a	17,83 a	0,83 a	20,50 a
FAJA 5 FISIOGRAPLANA	20,5 a	0,97 a	16,93 a	0,80 a	19,73 a
FAJA 5 FISIOGRACOLINOSA	18,6 a	0,87 a	16,03 ab	0,70 a	18,50 a
FAJA 10 FISIOGRAONDULADA	12,5 a	0,62 a	14,25 ab	0,70 a	17,93 a
FAJA 10 FISIOGRAPLANA	12,5 a	0,62 a	12,98 ab	0,64 ab	15,33 a
FAJA 10 FISIOGRACOLINOSA	11,67 a	0,58 a	11,89 b	0,59 b	13,90 a
CV %	33,55	35,47	16,69	17,03	19,84
R²	54,92	46,61	57,14	48,49	45,70
P > F	0,2057	0,3628	0,1714	0,3237	0,3821

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferente (P 0,05), prueba de Duncan

En el cuadro 1 se observa que no hay diferencias significativas en cuanto al incremento medio anual del Dap; los factores ancho de faja y fisiografía no influyen, mientras que para el caso del incremento medio anual en altura el ancho de faja de 10 m y fisiografía entre ondulada (0,70 m/año) y plana (0,64 m/año) tienen una diferencia ligera.

En el mismo cuadro se indica que en el tratamiento ancho de faja 5 m, fisiografía ondulada se obtuvo el mayor crecimiento, 17,83 m de altura, incremento medio anual en altura (IMAALT) de 0,83 m/año, altura dominante de 20,50 m. Mediante prueba de Duncan al nivel de 0,05 se muestra diferencias significativas entre algunos tratamientos. En el mismo tratamiento se obtuvo el mayor Dap con 22,6 cm, estadísticamente al nivel de 0,05 no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

4.1.2 Productividad

En el cuadro 2 se muestra el resumen de resultado de los parámetros de productividad obtenidos para los seis tratamientos por ancho de faja y fisiografía: 1 (plana); 2 (ondulada); 3 (colinosa) corresponde a faja de 5 m de ancho y 4 (plana); 5 (ondulada); 6 (colinosa) a faja de 10 m de ancho. También se indica los resultados de la comparación de medias entre tratamientos.

Cuadro 2. Promedio de las variables de productividad de Cedrelinga en faja de enriquecimiento de 5 m y 10 m, según tipo de fisiografía.

TRATAMIENTO	AREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)	IMA VOLUMEN (m ³ /ha/año)
FAJA 5 FISIOGRAFIA PLANA	14,63 a	132,83 a	3,47 a
FAJA 5 FISIOGRAFIA ONDULADA	16,00 a	141,47 a	7,40 a
FAJA 5 FISIOGRAFIA COLINOSA	12,17 a	106,87 a	5,13 a
FAJA 10 FISIOGRAFIA PLANA	14,41 a	89,32 a	4,43 a
FAJA 10 FISIOGRAFIA ONDULADA	13,95 a	95,02 a	4,71 a
FAJA 10 FISIOGRAFIA COLINOSA	12,98 a	67,40 a	3,34 a
CV %	57,56	73,11	77,24
R²	21,12	24,03	13,82
P > F	0,8924	0,8480	0,9685

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferente (P 0,05), prueba de Duncan

En el cuadro 2 se muestra que la mayor área basal se presenta en el tratamiento ancho de faja 5 m, fisiografía ondulada con 16 m²/ha. Mediante prueba de Duncan al nivel de 0,05 se observa que no hay diferencia significativa entre tratamientos. El menor valor se presenta en el tratamiento ancho de faja 10 m, topografía colinosa con 12,98 m²/ha.

En el mismo tratamiento se obtuvo el mayor volumen con 141,47 m³/ha e incremento medio anual en volumen con 7,40 m³/ha/año. Mediante prueba de Duncan al nivel de 0,05 se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. El menor volumen se obtuvo en el tratamiento faja 10 m de ancho, fisiografía colinosa con 67,40 m³/ha. Sin embargo las diferencias entre todos los tratamientos de ambos parámetros no son significativos, el valor de P>F es igual a 0,8480 y 0,9685 por lo que se concluye que la diferencia en volumen e incremento medio anual en volumen entre los tratamientos no es significativo al nivel de 0,05.

4.2 El factor suelo en faja de 5 m de ancho por tipo de fisiografía

4.2.1 Fisiografía plana

Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente ácida (pH 5,42), con un contenido medio de MO (2,34%), con fósforo disponible en niveles extremadamente bajos (2,79 mg/kg) que llevados a P₂O₅ significa 17 kg/ha; el contenido de potasio se encuentra en el límite de bajo a medio que llevados a K₂O significan 292 kg/ ha; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (92,48%) predominando claramente el ión calcio (12,53 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo), el mismo que guarda relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante.

4.2.2 Fisiografía ondulada

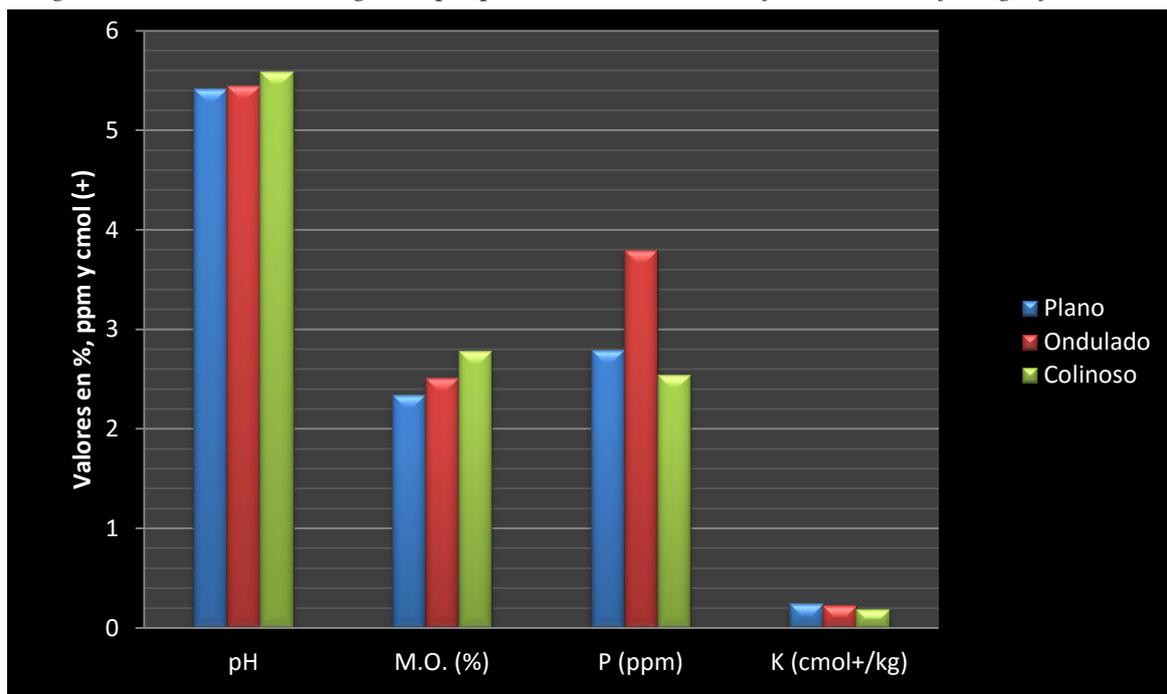
Al igual que el anterior suelo, éstos, se caracterizan por presentar reacción fuertemente ácido (pH 5,45), con un contenido medio de MO (2,34%), con fósforo disponible en niveles muy bajos (3,80 mg kg⁻¹) que llevados a P₂O₅ solo significan 23 kg/ha, superando ligeramente a suelos de topografía plana; el contenido de potasio se encuentra en el límite de bajo a medio que llevados a K₂O significan 268 kg/ha; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (97,21%) predominando claramente el ión calcio (14,37 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo), el mismo que guarda estrecha relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante (2,79%).

4.2.3 Fisiografía colinosa

Estos suelos se caracterizan por presentar reacción medianamente ácido (pH 5,59), con un contenido medio de MO (2,78%), con fósforo disponible en niveles extremadamente bajos, tan igual que en los suelos de topografía plana (2,54 mg/kg) que llevados a P_2O_5 solo significan 15 kg/ha; el contenido de potasio se encuentra en un nivel bajo, que llevados a K_2O significan 230 kg/ha pero que se considera suficiente como para satisfacer los requerimientos de las plantas por este nutriente; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (97,58%) predominando también claramente el ión calcio ($17,62 \text{ cmol}^{(+)} / \text{kg}$ de suelo), el mismo que guarda estrecha relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante (2,40%).

Del análisis de algunas propiedades importantes del suelo, se deduce que en términos generales, no hay significativas diferencias tanto en los suelos de topografía plana, ondulada así como colinosa, como se aprecia en la Figura 1, el pH está en niveles aceptables y que no estarían causando trastornos en la nutrición de la especie tornillo, la MO esta en nivel medio, el fósforo es escaso en todos, variando el nivel de disponibilidad de extremadamente bajo a muy bajo; el potasio presenta ligeras variaciones; la cantidad de Ca y Mg, guardan relación con el pH la Saturación de Bases (PSB) y la Saturación de Acidez Cambiable (PSAc).

Figura 1. Variación de algunas propiedades del suelo en función de la fisiografía



4.3 EL Factor suelo en faja de 10 m de ancho por tipo de fisiografía

4.3.1 Fisiografía plana

Estos suelos se caracterizan por presentar reacción medianamente ácido (pH 5,68), con un contenido medio de MO (2,96 %), con fósforo disponible en niveles extremadamente bajos (2,49 mg/kg) que llevados a P₂O₅ solo significan 14 kg/ha; el contenido de potasio se encuentra en el límite de bajo a medio que llevados a K₂O significan 257 kg/ha; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (98,90%) predominando claramente el ión calcio (23,46 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo), el mismo que guarda relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante (1,1%).

4.3.2 Fisiografía ondulada

Al igual que el anterior suelo, éstos, se caracterizan por presentar reacción medianamente ácido (pH 5,75), con un contenido medio de MO (2,58%), con fósforo disponible en niveles muy bajos (3,09 mg/kg) que llevados a P₂O₅ solo significan 19 kg/ha, superando ligeramente a suelos de topografía plana; el contenido de potasio se encuentra en el límite de bajo a medio que llevados a K₂O significan 290 kg/ha; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (97,22%) predominando también claramente el ión calcio (16,88 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo), el mismo que guarda estrecha relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante (1,78%).

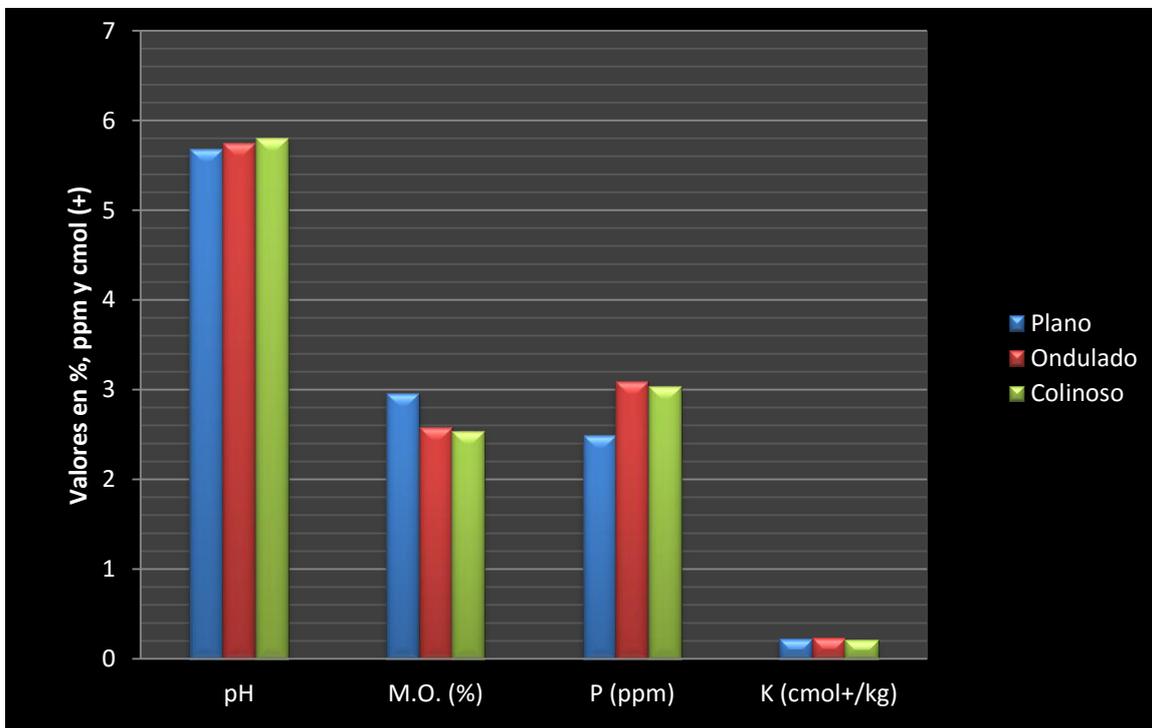
4.3.3 Fisiografía colinosa

Estos suelos se caracterizan por presentar reacción medianamente ácido (pH 5,81), con un contenido medio de MO (2,54%), con fósforo disponible en niveles muy bajos, tan igual que en los suelos de topografía ondulada (3,04 mg/kg) que llevados a P₂O₅ solo significan 18 kg/ha; el contenido de potasio se encuentra en el límite entre bajo y medio, que llevados a K₂O significan 255 kg/ha pero que se considera suficiente como para satisfacer los requerimientos de las plantas por este nutriente; el porcentaje de saturación de bases es muy alto (97,88%) predominando también claramente el ión calcio (18,69 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo), el mismo que guarda estrecha relación con el pH, y la baja saturación de acidez cambiante (2,11%). Estos suelos, presentan las mismas características que el suelo colinoso analizado en fajas de 5 m, pero con ligeras variaciones.

Del análisis de algunas propiedades importantes del suelo se deduce, que en términos generales no hay significativas diferencias tanto en los suelos de topografía plana, ondulada así como colinosa, tal como sucede con los suelos de fajas de 5m y como se puede observar en la Figura 2. El pH está en niveles aceptables y que no estarían causando trastornos en la nutrición de los árboles de tornillo, la MO esta en nivel medio, el fósforo es escaso en todos, variando el nivel de disponibilidad de extremadamente bajo

a muy bajo; el contenido de potasio presenta muy pocas variaciones; la cantidad de Ca y Mg, guardan relación con el pH. La Saturación de Bases en todos los suelos estudiados es muy alta, con porcentajes que varían de 97,89 a 98,89%, mientras que la Saturación de Acidez Cambiable (PSAc) es muy baja, tan solo variando de 1,11 a 2,11%.

Figura 2. Variación de algunas propiedades del suelo en función de la fisiografía



4.4 Relación de elementos del suelo con el rendimiento de Cedrelinga

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson realizado entre los elementos del suelo con los parámetros de crecimiento y productividad, aun nivel de profundidad de 20 cm, el único elemento que influye negativamente con la altura total y dominante es el pH en 77 y 73 %, lo que se aduce estadísticamente que cuanto mayor sea su contenido en el suelo, el crecimiento de la especie disminuirá.

V. CONCLUSIONES

5.1 Crecimiento y productividad de *Cedrelinga*

- ❖ En el tratamiento ancho de 5 m, fisiografía ondulada, se obtuvo el mayor crecimiento para Dap con 22,6 cm; incremento medio anual en Dap con 1,03 cm/año; altura total con 17,83 m; incremento medio anual en altura con 0,83 m/año y altura dominante con 20,50 m.
- ❖ En el mismo tratamiento se obtuvo la mayor productividad para área basal con 16 m²/ha; volumen 141,47 m³/ha e IMA en volumen de 7,40 m³/ha/año. Sin embargo estadísticamente al nivel de 0,05 no se ha encontrado diferencia significativa con los otros tratamientos.
- ❖ Finalmente, tomando en cuenta el mayor crecimiento en faja de 5 m con relación a 10 m de ancho, se concluye que *Cedrelinga* es una especie que pertenece a las heliófitas durable, la misma que por su categoría ecológica necesita regular cantidad de luz para su crecimiento.

5.2 Fertilidad y asociación de las variables del suelo con el rendimiento

- ✓ En faja de 5 m de ancho, a una profundidad de 20 cm, promediando los tres tipos de fisiografía, el pH muestra una reacción fuertemente ácida, estadísticamente tiene una correlación negativa con la altura total y dominante en 77 y 73 %; un contenido de M.O. medio (2,48 %); con fósforo disponible que va de nivel medio a extremadamente bajo, que en términos de P₂O₅ contiene 18 Kg/ha suelo; el contenido de potasio se encuentra en el límite de medio a bajo, que llevado a K₂O significa 263 Kg/ha suelo; con una saturación de bases alto (95,75 %), promediando el ión calcio con 14,84 cmol⁽⁺⁾/kg de suelo y una saturación de acidez cambiante bajo.
- ✓ En faja de 10 m de ancho, a la misma profundidad de suelo, promediando los tres tipos de fisiografía, el pH tiene una reacción medianamente ácido. Pero los elementos del suelo presentan similar resultados químicos que en faja de 5 m de ancho.
- ✓ Estadísticamente, de todos los elementos químicos del suelo el pH es el único elemento que presenta una correlación negativa con la altura total y dominante en el orden del 77 y 73 % respectivamente, el mismo que se puede aducir estadísticamente una correlación inversa, es decir que cuanto mayor es su presencia en el suelo el crecimiento de la especie disminuye, con lo cual se concluye que esta especie prefiere suelos ácidos cuyo pH esté entre 4.1 a 5.0 es decir de extremadamente ácido a muy fuertemente ácido.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Los resultados preliminares obtenidos para esta especie a pesar de estar consideradas ecológicamente como heliofita durable , presentan mejor crecimiento y productividad en faja de enriquecimiento de 5 m de ancho, fisiografía ondulada ubicados en suelo cambisol (inceptisol) por lo que se recomienda para futuras reforestaciones utilizar este sistema de plantación.
- ❖ Así mismo es importante indicar que los resultados preliminares de crecimiento y productividad que se han obtenido son bastante satisfactorio, debido a que la distribución espacial de los árboles estaban concentrados en el centro de la faja, motivo por el cual recibieron la mayor cantidad de luz durante el día, a pesar que las fajas de enriquecimiento no tuvieron la aplicación oportuna de tratamiento silvicultural de apertura de dosel medio y superior para facilitar el ingreso de luz que permita el crecimiento de las especies, por lo que se recomienda que para futuras plantaciones bajo este sistema de plantación de enriquecimiento tomar en cuenta la recomendación.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Angulo, W. 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 M. Sc. UNALM., Lima, Perú. 74 p
- Bertsch, F. 1995.** *La Fertilidad de los Suelos y su Manejo.* Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. 157 p.
- Catinot, R. 1969.** *Principios Básicos de Aplicación de Tratamientos Artificiales a los Bosques.* BFT. África. 126 p.
- Chaves, E.; Fonseca, W. 1991.** Teca: *Tectona grandis* L. f. especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe técnico. N^o 179. 47 p.
- Cluter, J.L.; Pienaar, L.V.; Brister, H.G. y Bailey, R.L. 1983.** Timber management: a quantitative approach. New York, EE.UU., Wiley. 333 p.
- Daniel, T.W.; Helms, J.A.; Backer F.S. 1982.** *Principios de silvicultura.* 1ra. Ed. Traducido por Ramón Elizondo M. México, D.F. Méx., Mc. Graw-Hill. 492 p.
- Donoso, C. 1981.** *Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente.* Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Ed. Universitaria. 369 p.
- Flores, Y. 1997.** *Comportamiento fenológico de 88 especies forestales de la Amazonía Peruana.* INIA, ICRAF. Lima, Perú. 119 p.
- Hairston, A.; Grigal, D. 1991.** *Topographic influences on soils and trees within single mapping units on a sandy outwash landscape.* *Forest Ecology and Management (Holanda).* 43(1-2):35 – 45 p.
- Herrera, B. 1996.** *Evaluación del efecto del sitio en la productividad de las poblaciones de dos especies dominantes en un bosque tropical de la tercera fase de la sucesión secundaria en Costa Rica.* Tesis Mag. Sc. Turrialba. C.R. CATIE. 152 p.
- Jacks, G.V. 1963.** *The biological nature of soil productivity.* *Soil and Fertilizers.* 26: 147 – 150 p.
- Lamprecht, H. 1990.** *Silvicultura en los trópicos.* GTZ – Cooperación Técnica República Federal de Alemania. 335 p.
- Lockaby, B.; Caulfield, J. 1989.** *Geographic gradients in Loblolly pine site productivity and related environmental factors.* *South. J. Appl. For.* 13(2):72 – 76 p.
- López, J. 1970.** *Estudio Silviculturas de la Especie Cedrelinga catenaeformis Ducke.* Tesis Ing. Forestal. UNA La Molina. Lima, Perú. 89 p.

Louman, B. 2001. *Sistemas silviculturales. En: Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.* 81 – 129 p.

Maruyama, E. 1986. *Manejo de regeneración natural de Tornillo Cedrelinga catenaeformis Ducke en la zona Forestal Alexander von Humboldt. Pucallpa, Perú. Estación Experimental Pucallpa. INFOR – COTESU. Documento de trabajo N° 3.* 39 p.

Mohr, E.C. 1944. *The soils of equatorial regions with special reference to the Netherlands East Indies.* 45 p.

Nye, P.H. 1963. *Soil analysis and assessment of fertility in tropical soils. Journal of Science Food and Agriculture.* 14: 277 – 280 p.

Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1960. *The soil under shifting cultivation. Tech. Commonwealth Bureau of Soil.* 111 p.

Ortega, H. 1986. *Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de Pinus caribaea var. Hondurensis en Pavones. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Convenio UCR/CATIE.* 112 p.

Piotto, D. 2001. *Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua; comportamiento de las especies y preferencias de los productos. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.* 153 p.

Quirós, D. 2001. *Tratamientos silviculturales. En: Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.* 133 – 153 p.

Rayner, M. 1991. *Site index and dominant height growth curves for regrowth karri (Eucalyptus diversicolor F. Muell) in south – western Australia. Forest Ecology and Management (Holanda).* 44(2 – 4): 261-283 p.

Sánchez, P. 1981. *Suelos del trópico; características y manejo. San José, Costa Rica; IICA.* 210 - 350 p.

Sánchez, P. & et al. 1982. *Organic matter in major soils of the tropical and temperate regions. Symposia Papers. 12th International Congress of Soils Science . New Delhi.* 1: 99 – 114 p.

Schmidt, M.; Carmean, W. 1988. *Jack pine site quality in relation to soil and topography in north central Ontario. Canadian Journal of Forestry Research (Can.)* 18: 297 – 305 p.

Schwyzler, A. 1981. *El Tornillo (Cedrelinga catenaeformis Ducke). Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera, Iquitos, Perú.* 34 p.

Ugalde, L. 2003. *El sistema MIRA componente de silvicultura. Versión 2.9 – 2003. CATIE. Turrialba, Costa Rica.* 91 p.

Vallejos, B.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 arbórea Roxb. En Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. C.R. CATIE. 147 p.*

Vásquez, C.; Ugalde, L. 1994. *Rendimiento y calidad de sitio para Gmeila arbórea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Pinus caribaeae en Guanacaste, Costa Rica. Informe final. Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Charotega (IDAF AO). Proyecto Madeleña – 3. C.R. CATIE. 132 p.*

Verbyla, D.; Fisher, R. 1989. *Effect of aspect on ponderosa pine heigth and diameter growth. Forest Ecology and Management (Holanda) 27:93 – 98 p.*

Vidaurre, H. 1992. *Tecnologías para el manejo de los Bosques Tropicales. Proyecto Suelos Tropicales. Boletín Técnico N° 3. La Molina, Perú. 29 p.*

Wadsworth, F. 2000. *Producción forestal para América Tropical. Manual de Agricultura 710 –S CATIE – IUFRO – USDA.603 p.*

Young, A. 1976. *Tropical soils and soil survey. Cambridge, UK: Geographical Studies. 464 p.*