

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SITIO PARA *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* EN GUANACASTE, COSTA RICA¹

William Vásquez

Silvicultor, Proyecto Semillas Forestales, CATIE

Luis A. Ugalde

Especialista en Manejo de Información Forestal, Área de Comunicación e Informática, CATIE

1. RESUMEN

Se presentan para la región de Guanacaste, Costa Rica, los resultados de un estudio sobre calidad de sitio, variables que influyen en el crecimiento y datos de rendimiento, para cuatro de las especies más utilizadas en la reforestación de esta zona: melina (*Gmelina arborea*), teca (*Tectona grandis*), pochote (*Bombacopsis quinatum*) y pino (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). La información utilizada en este estudio se encuentra almacenada en el Sistema de Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos (MIRA) del Proyecto MADELEÑA del CATIE. Se propone un sistema sencillo de clasificación, con base en índices de sitio (IS) y otro preliminar, basado en rendimiento en área basal.

2. INTRODUCCION

Uno de los problemas más importantes que enfrentan los técnicos forestales de la región Chorotega, en Guanacaste, Costa Rica, es la selección de sitios y especies adecuadas para programas de reforestación, así como clasificar las especies en términos de crecimiento y calidad de sitio. El Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO) tiene como parte de sus actividades, brindar a los agricultores a través de extensionistas y técnicos de la región, las herramientas adecuadas para identificar no sólo las mejores especies, sino también, sugerir técnicas de manejo adecuadas para las plantaciones forestales.

Para seleccionar las especies más adecuadas en una región, se requiere del establecimiento de ensayos de eliminación y comprobación de especies, que permitan identificar las condiciones de sitio donde pueden desarrollarse adecuadamente las diferentes especies. Una vez seleccionadas estas especies, es necesario elegir los regímenes de manejo más adecuados para alcanzar los objetivos de cada productor. Para ello, es preciso contar con una base de datos de parcelas de crecimiento permanentes.

Conscientes de que esta labor de selección de especies y determinación del crecimiento y rendimiento es un trabajo a largo plazo, la Dirección General Forestal (DGF), desde

los años 70 y más recientemente a partir de 1991, el Proyecto Madeleña-3 y el Proyecto Forestal Chorotega (PFC), han realizado esfuerzos para determinar las mejores especies, los factores que limitan o favorecen su crecimiento y para clasificar dichas especies en términos productivos.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área

La provincia de Guanacaste, área donde se desarrolló el presente estudio, se ubica al noroeste del país, en la Vertiente Pacífica. Su altitud varía de 0 msnm en la zona costera hasta los 2028 msnm sobre la Cordillera de Guanacaste.

La región se extiende desde el extremo norte en el cantón de La Cruz y la Cordillera de Guanacaste, hasta el extremo sur con el Océano Pacífico y el cantón de Abangares, cerca de Costa de Pájaros y el río Lagartos. En su extremo este, continúa con la Cordillera de Guanacaste hasta Tilarán y al oeste con el Océano Pacífico, incluyendo parte de la península de Nicoya que pertenece a la provincia de Puntarenas.

3.2 Importancia 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 de al mismo. En algunos sitios los árboles crecerán rápidamente, alcanzando grandes volúmenes en poco tiempo, mientras que en otros el crecimiento será menor o muy pobre.

La capacidad productiva de un determinado lugar se conoce como *calidad de sitio*, donde "sitio" está definido por un complejo de factores bióticos y abióticos, y su "calidad" es el resultado de la interacción de los factores ambientales (suelo, clima, etc.) y la vegetación existente. Carmean (1975) y Clutter *et al.* (1983), dividen los métodos para clasificar la calidad de sitio en métodos directos y métodos indirectos. En los primeros, la calidad de sitio es estimada en función de datos históricos de rendimiento en volumen,

¹ Resumen del Informe Final Convenio IDA/FAO - CATIE.

crecimiento en altura dominante (índice de sitio) o crecimiento entre nudos, es decir, estos métodos se utilizan para clasificar sitios con plantaciones ya establecidas. Cuando se desean clasificar sitios donde aún no hay plantaciones, se utilizan los métodos indirectos, los cuales utilizan relaciones entre especies, características de la vegetación inferior (sotobosque) o factores edáficos, topográficos y climáticos.

La técnica utilizada en el presente estudio, es la que se conoce como Índice de Sitio (IS). El IS se define como la altura dominante que pueden alcanzar los árboles de un rodal a una edad determinada, la cual se toma como edad base. Así por ejemplo, si se tienen que comparar dos plantaciones con diferente edad, utilizando el IS, es decir, la altura dominante a la edad base, es posible decidir cuál de los dos sitios es mejor para esa determinada especie.

Cuando se conoce el IS y se logra determinar su relación con características climáticas, fisiográficas y edáficas, se pueden utilizar métodos indirectos para clasificar los sitios. La ventaja de este método es que, conociendo las variables que están más relacionadas con el IS, es posible estimar con cierto grado de seguridad, la calidad de un sitio que se desea plantar, antes de que se establezca la plantación. Sin embargo, en el trópico debido especialmente a la biodiversidad y complejidad de los ecosistemas, incluyendo la variación de suelo en micrositos, este tipo de relación es difícil de determinar.

Los modelos generados por estos métodos indirectos son de mayor utilidad práctica, en la medida en que las variables que lo definan sean pocas y fáciles de tomar en el campo y en la medida en que aumenta la experiencia del usuario.

En este trabajo se presentan los resultados de las calidades de sitio para las especies melina, teca, pochote y pino caribe, con un ejemplo práctico al final del documento, así como el resumen de los resultados de los análisis y las observaciones de campo, que más afectan el crecimiento de las especies mencionadas. Estos resultados se consideran útiles para orientar a los extensionistas de la región Chorotega en la selección de sitios para reforestar. Adicionalmente, se presentan los resultados de la clasificación para las cuatro especies en relación con su rendimiento.

3.3 Estimación y agrupación de los IS en Clases de Sitio

Para melina, teca, pochote y pino caribe se utilizaron las ecuaciones de IS que ya existían, generadas en el Sistema de Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos, conocido como MIRA, o por otros autores (Keogh, 1982; Navarro, 1987; Liegel *et al.*, 1987 mencionado por Rojas y Ortíz, 1991). Una

vez que fue estimado el IS para cada parcela, se realizaron análisis gráficos, análisis de correlación y análisis de regresión múltiple, para identificar las variables de sitio que más afectan el crecimiento de cada especie.

Para clasificar las plantaciones desde el punto de vista práctico, éstas se estratifican en "clases de sitio", para facilitar su manejo posterior. Estas clases de sitio no deberán ser muchas, debido a la gran cantidad de unidades que saldrían y a la dificultad que tendrían los técnicos extensionistas para manejarlas. Tomando en cuenta estas consideraciones se definieron tres clases de sitio: Alto, significa plantaciones con el mejor crecimiento, superior al promedio; por lo que se deduce que son los sitios con mayor potencial económico. Medio, son sitios buenos, alrededor del promedio, con un manejo apropiado tienen buenas posibilidades de ser rentables. Bajo, son sitios por debajo del promedio, pueden considerarse sitios marginales, que difícilmente son rentables y no deberían ser recomendados para la especie en cuestión.

3.4 Estimación del crecimiento y rendimiento

Para que el extensionista tenga una idea no sólo de la calidad de sitio en que se encuentra una plantación, sino también de los rendimientos estimados que se pueden alcanzar, se analizó y se trató de agrupar el rendimiento en tres "clases de productividad". Esta clasificación es válida sólo para edades jóvenes y en este caso, porque la mayoría de las plantaciones no recibieron raleos.

Para elaborar la clasificación en términos de productividad, se tomó como la variable de referencia, el incremento medio anual en área basal (IMA-G). Una vez escogidos los rangos Bajo, Medio y Alto para esta variable, se determinaron los valores de estos rangos para las otras variables como: diámetro, altura, área basal y volumen. Se seleccionó el incremento medio anual en área basal, por ser una variable fácil de estimar y que requiere únicamente de la medición de los diámetros y la edad de la parcela. Además, la estimación del área basal máxima, es una buena estimación del potencial del sitio y es muy útil para la planificación de regímenes de aclareos y para la implementación de planes de manejo.

Con el fin de tener un parámetro de comparación en la estimación del volumen total, se utilizó el mismo factor de forma de 0,48, para todas las especies. Este se obtuvo de la medición y cubicación de árboles de teca y melina en plantaciones cercanas a Hojancha, Guanacaste, en las que no hubo mucha variación en el factor de forma. Lógicamente esta es una estimación general de volumen y para algunas especies podría no ser la más precisa.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Con base en los resultados de este estudio, se presenta en esta sección, un resumen de las conclusiones y recomendaciones más importantes para cada especie, así como algunos cuadros, figuras de interés y dos ejemplos prácticos para uso de técnicos y extensionistas.

4.1 Melina

- La posición topográfica del terreno define en gran medida, la calidad de sitio de melina ($r = 60\%$); en este estudio los mejores sitios para melina se ubicaron en las pendientes inferiores o fondos planos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes.
- El viento afecta negativamente el crecimiento de melina. Los sitios muy ventosos presentaron los IS más bajos.
- Aunque ningún sitio presenta niveles deficientes de Ca y Mg, los mejores sitios para melina se encontraron ubicados en suelos con contenidos de Ca y de Mg mayores de 10 y 6 meq/100ml en el primer horizonte, respectivamente.
- Muchas plantaciones de melina fueron afectadas negativamente en su crecimiento por efecto del fuego. Por lo anterior, se recomienda no establecer parcelas de crecimiento en sitios afectados por el fuego.
- Con base en este estudio se puede decir que melina es una especie menos exigente en sitio que pochote, especialmente en relación con la pendiente.
- Se observó que los mejores sitios, tanto para melina como para las otras especies, están ubicados en áreas donde el uso anterior era charral o cultivos agrícolas. Así, resalta la importancia de realizar una buena preparación del terreno, para dar mejores condiciones de crecimiento a los árboles.
- Con base en la muestra de las parcelas evaluadas y en la clasificación de IS utilizada para melina, en la región Chorotega, se clasifican los sitios "Altos" como aquellos que alcanzan alturas dominantes, a la edad base de 10 años, de más de 26,7 m; los sitios Bajos como aquellos que alcanzan alturas menores de 19,7 m a la misma edad y los sitios Medios están entre estos dos valores. El Cuadro 1 muestra la calidad de sitio de esta especie.

Cuadro 1. Clasificación de las parcelas permanentes de *Gmelina arborea* bajo tres clases de sitio en Guanacaste, Costa Rica.

Clase de sitio	Ambito	IS*	IMAhdom (m/año)	No. parc.	(%)
I	Alto	$\geq 26,71$	$\geq 2,71$	9	32
II	Medio	19,7 - 26,7	1,9 - 2,7	9	32
III	Bajo	$\leq 19,69$	$\leq 1,9$	10	36

* IS = Altura dominante a los 10 años de edad base.

El Cuadro 2 muestra la clasificación de los sitios, con base en el incremento medio anual para melina.

Cuadro 2. Clasificación de rendimiento y producción para *Gmelina arborea* en Guanacaste, Costa Rica.

Rango	IMA-DAP (cm/año)	IMA-ALTURA (m/año)	G (m ² /ha)	IMA-G (m ³ /ha/año)	IMA-VOL (m ³ /ha/año)
Alto	$\geq 4,0$	$\geq 3,5$	≥ 25	$\geq 4,0$	≥ 30
Medio	2,6 - 3,9	2,6 - 3,49	15,1 - 24,9	2,6 - 3,9	20,1 - 29,9
Bajo	$\leq 2,5$	$\leq 2,5$	≤ 15	$\leq 2,5$	≤ 20

La importancia de seleccionar sitios adecuados es evidente, cuando se observa que dos plantaciones pueden rendir a la misma edad, incrementos medios anuales en volumen desde 10 m³/ha/año hasta 36 m³/ha/año.

4.2 Teca

- Los mejores sitios para teca se ubicaron en áreas donde la precipitación media anual fue mayor. Como por ejemplo, todos los sitios con precipitaciones mayores de 2000 mm anuales, se ubicaron en la clasificación de clase de sitio Alta.
- La posición topográfica y la profundidad del suelo también afectaron el crecimiento de teca. Aunque algunos de los mejores sitios para esta especie se ubicaron en zonas con pendientes fuertes ($>40\%$), estos lugares siempre presentaron suelos profundos (>90 cm). En términos generales, los mejores sitios de teca (Medios y Altos), se ubican en sitios de pendiente media o planos, al pie de monte o en fondos de valles y en áreas donde la profundidad del suelo es mayor. Por ejemplo, todos los sitios Medios y Altos en crecimiento se ubicaron en suelos con más de 90 cm de profundidad. Estos sitios permiten un mejor espacio para el crecimiento de raíces y mayor disponibilidad de agua y nutrientes.
- Al igual que en melina, los mejores sitios para

teca estuvieron asociados con contenidos de calcio (Ca) mayores de 10 meq/100ml de suelo en el primer horizonte.

- Los peores sitios para teca se ven afectados por vientos fuertes, tienen suelos de menos de 80 cm de profundidad, y presentaron altos contenidos de hierro y bajos contenidos de calcio en el primer horizonte. Estos sitios estuvieron ubicados por lo general en cimas, en áreas de suelo sobrepastoreado y con precipitaciones bajas, menores de 1800 mm aproximadamente.
- Sin embargo, debido a que las correlaciones fueron bajas, se recomienda establecer más parcelas en sitios de mayor precipitación media anual, extremos de déficit hídrico y altos contenidos de hierro, para validar las variables seleccionadas.
- La teca crece mejor que el pochote en sitios con pendiente. Sin embargo, los sitios con pendientes de más de 25% deben evitarse, debido a la erosión asociada frecuentemente con esta especie. Este problema podría reducirse ampliando el espaciamiento inicial y dando un manejo apropiado a las plantaciones.
- Las observaciones de campo indican que los suelos muy compactados por sobrepastoreo deben evitarse. Hay que realizar una buena preparación del suelo para plantaciones de teca, especialmente donde se había practicado pastoreo.
- La teca, como sucede con el pino, mostró mayor resistencia al fuego que las otras especies, en las etapas jóvenes y adultas de su crecimiento. En edades tempranas todas las especies son sensibles al fuego.
- Comparada con pochote, la teca parece menos exigente en cuanto a calidad de sitio.
- Con base en la muestra de parcelas evaluadas y en la clasificación de IS utilizada para esta especie, en la región Chorotega es posible clasificar los sitios "Altos" como aquellos que alcanzan alturas dominantes, a la edad base de 10 años, de más de 21,7 m; los Sitos Bajos los que alcanzan alturas menores de 18,1 m a la misma edad, y los sitios Medios están entre estos dos valores anteriores.

El Cuadro 3 define los rangos de las tres clases de sitio y la distribución de las 21 parcelas utilizadas en el análisis de regresión y correlación.

Cuadro 3. Clasificación de las parcelas permanentes de *Tectona grandis* bajo tres clases de sitio en Guanacaste, Costa Rica.

Clase de sitio	Ambito	IMAhdom	No. parc.	(%)
	IS*	(m/año)		
I Alto	≥ 21,71	≥ 2,11	7	33
II Medio	18,09 - 21,7	1,8 - 2,11	8	38
III Bajo	≤ 18,08	≤ 1,80	6	28

* IS = Altura dominante a los 10 años de edad base.

El Cuadro 4 muestra la clasificación de los sitios con base en el incremento medio anual para teca.

Cuadro 4. Clasificación de rendimiento y producción para *Tectona grandis* en Guanacaste, Costa Rica.

Rango	IMA-DAP	IMA-ALTURA	G	IMA-G	IMA-VOL
	(cm/año)	(m/año)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha/año)	(m ³ /ha/año)
Alto	≥ 2,0	≥ 2,0	≥ 20	≥ 2,5	≥ 18
Medio	1,6 - 1,9	1,6 - 1,9	15,1 - 19,9	1,6 - 2,4	12,1 - 17,9
Bajo	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 15	≤ 1,5	≤ 12

A la misma edad, es posible tener incrementos desde 5,4 m³/ha/año hasta 22m³/ha/año. Por ello, es de gran importancia la selección adecuada del sitio a plantar.

4.3 Pochote

- El pochote resultó ser una de las especies más exigentes en cuanto a calidad de sitio para la región Chorotega.
- Los mejores sitios de pochote están ubicados en áreas con precipitaciones medias anuales altas, la mayoría sobre los 2000 mm anuales.
- Los mayores índices de sitio (IS) se presentaron en los suelos donde los contenidos de Ca y Mg fueron mayores de 15 y 9 meq/100ml de suelo en el primer horizonte.
- Aunque en el campo no lo parece, el análisis indicó que los sitios muy ventosos presentaron los crecimientos más bajos.
- Se observó que los mejores sitios para pochote se ubican en elevaciones menores de 200 msnm. Sin embargo, esta variable debe validarse en otros sitios.



- Además de ser más exigente a las condiciones de sitio, el pochote es una especie muy exigente en mantenimiento y requiere de un buen manejo. Los sitios con buenas condiciones de precipitación y suelo, que no recibieron el mantenimiento adecuado, presentaron crecimientos menores a los esperados.
- La calidad de sitio para pochote es fuertemente influida por la posición topográfica. Aún en sitios pobres, el mejor crecimiento de pochote siempre se observó en los fondos planos de la plantación.
- En la mayoría de los casos, los sitios con menor crecimiento se ubicaron en las cimas, donde la exposición al viento es más fuerte, los suelos son menos profundos y hay mayor pedregosidad.
- El uso anterior del sitio muestra cierta influencia sobre el crecimiento de las plantaciones de pochote. Los mejores crecimientos se obtuvieron en sitios cuyo uso anterior fue charral o agricultura, no así en sitios que estuvieran bajo pastoreo por un período largo.
- En el campo se observó que el pochote es una de las especies que más se ve afectada por el fuego, especialmente en los primeros años de la plantación.
- Si el fuego ha afectado fuertemente la plantación en los primeros años, una posibilidad para corregir el daño es hacer tala raza, para que los árboles rebroten, lo que debería hacerse cerca del inicio del invierno. No obstante, esta práctica requiere más investigación.
- Con base en la muestra de parcelas evaluadas y en la clasificación de IS utilizada para esta especie, en la región Chorotega es posible clasificar los sitios "Altos" como aquellos que alcanzan alturas dominantes, a la edad base de 10 años, de más de 15,1 m; los sitios Bajos, aquellos que alcanzan alturas menores de 11,6 m a la misma edad y los sitios Medios están entre estos dos valores anteriores. El Cuadro 5 muestra la clasificación de sitios y el Cuadro 6 la clasificación de rendimiento y producción para esta especie.

Cuadro 5. Clasificación de las parcelas permanentes de *Bombacopsis quinatum* bajo tres clases de sitio en Guanacaste, Costa Rica.

Clase de sitio	Ambito IS*	IMAhdóm (m/año)	No. parc.	(%)
I Alto	≥ 15,11	≥ 1,51	11	37
II Medio	11,6 - 15,1	1,1 - 1,5	11	37
III Bajo	≤ 11,59	≤ 1,09	8	26

Cuadro 6. Clasificación de rendimiento y producción de *Bombacopsis quinatum* en Guanacaste, Costa Rica.

Rango	IMA-DAP (cm/año)	IMA-ALTURA (m/año)	G (m ² /ha)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-GR (m ³ /ha/año)
Alto	≥ 2,0	≥ 1,5	≥ 25	≥ 2,5	≥ 15 ³
Medio	1,6 - 1,9	1,1 - 1,6	15,1 - 24,9	1,6 - 2,4	10,1 - 14,9
Bajo	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 15	≤ 1,5	≤ 10

Es importante resaltar que los incrementos medios anuales para pochote, alrededor de los cinco años, pueden variar desde menos de 2 m³/ha/año en sitios pobres, hasta 16 m³/ha/año en sitios mejores, de ahí la gran importancia de seleccionar sitios adecuados para esta especie.

4.4 Pino caribe

- Para pino caribe, las variables que mostraron mejor correlación con el IS fueron la profundidad de suelo, la precipitación media anual y el viento. Los mejores sitios para esta especie son aquellos donde la precipitación media anual y la profundidad del suelo es mayor. Por ejemplo, muchos de los sitios "Altos" para esta especie presentaron precipitaciones medias anuales mayores de 1800 mm y profundidades del suelo mayores de 80 cm.
- El viento por su parte resultó estar asociado con sitios de bajo crecimiento, es decir, los sitios más ventosos presentaron los crecimientos más bajos.
- Debido a que se contó con sólo 13 parcelas para esta especie, se recomienda establecer más parcelas de pino, en condiciones extremas de sitios para corroborar las variables más relacionadas con el IS.
- En edades jóvenes y adultas, en comparación con las otras especies, el pino es la que más resiste el fuego, aunque su crecimiento también se ve afectado.
- Aunque sus crecimientos fueron bajos, el pino tiene la ventaja de que puede crecer en sitios difíciles, donde otras especies no prosperan, tal es el caso de Curubande de Liberia, donde esta especie puede alcanzar diámetros grandes.
- Con base en los resultados de la literatura y en algunos ensayos en Guanacate, también se debe tener en cuenta que en zonas de mayor altitud y precipitación, *Pinus tecumanii*, puede ser una mejor opción que *P.caribaea* var. *hondurensis*, como es el caso de Monte Romo de Hojanca, con altitudes entre 600 y 1000 msnm y precipitaciones de 1800 a 2100 mm.

- Por último y con base en la muestra de parcelas evaluadas y en la clasificación de IS utilizada para esta especie, en la región Chorotega es posible clasificar los sitios "Altos" como aquellos que alcanzan alturas dominantes, a la edad base de 10 años, de más de 16,8 m; sitios Bajos aquellos que alcanzan alturas menores de 13,7 m a la misma edad y los sitios Medios están entre estos dos valores anteriores. El Cuadro 7 muestra la clasificación de sitios para pino en Guanacaste.

Cuadro 7. Clasificación de las parcelas permanentes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizadas para el análisis de calidad de sitio, bajo tres clases de sitio en Guanacaste, Costa Rica.

Clase de sitio	Ambito	IMA _h dom (m/año)	No. parc.	(%)
I	Alto	≥ 16,81	3	23
II	Medio	13,7 - 16,8	5	38
III	Bajo	≤ 13,69	5	38

* IS = Índice de Sitio a los 10 años de edad base.

El Cuadro 8 muestra la clasificación de los sitios, con base en el incremento medio anual para pino caribe.

Cuadro 8. Clasificación de rendimiento y producción para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Guanacaste, Costa Rica.

Rango	IMA-DAP (cm/año)	IMA-ALTURA (m/año)	G (m ³ /ha)	IMA-G (m ³ /ha/año)	IMA-VOL (m ³ /ha/año)
Alto	≥ 2,0	≥ 1,5	≥ 30	≥ 3,0	≥ 20
Medio	1,6 - 1,9	1,1 - 1,9	20,1 - 29,9	2,1 - 2,9	12,1 - 19,9
Bajo	≤ 1,5	≤ 1,0	≤ 20	≤ 2,0	≤ 12

Al igual que en las otras especies, para pino caribe es importante seleccionar buenos sitios, dado que dos parcelas a la misma edad, pueden mostrar IMA-VOL desde menos de 10 hasta 25 m³/ha/año.

El Cuadro 9 resume la clasificación de sitios (IS) para las cuatro especies investigadas.

Cuadro 9. Clases de índice de sitio para sitios Altos, Medios y Bajos con *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en Guanacaste, Costa Rica.

Clase sitio	Melina	Teca	Pochote	Pino
Alto	≥ 26,71	≥ 21,71	≥ 15,11	≥ 16,81
Medio	19,7 - 26,7	18,09 - 21,7	11,6 - 15,1	13,7 - 16,8
Bajo	≤ 19,69	≤ 18,08	≤ 11,59	≤ 13,69

IS = índice de sitio a los 10 años de edad base.

Se recomienda que los técnicos y extensionistas de la región, utilicen estos criterios y variables, los verifiquen en el campo y los complementen, de manera que se puedan refinar y ajustar en el futuro. Aquí sería

de gran ayuda contar con el apoyo de la Comisión Regional Forestal (CRIF) para validar estos criterios.

Las parcelas analizadas en este estudio, para todas las especies en general, no han tenido un manejo apropiado ni oportuno. La mayoría de las plantaciones fueron establecidas con densidades iniciales altas y a la fecha de la evaluación, todavía tenían densidades muy altas en relación con su edad.

Lo anterior influye menos en la clasificación que se elaboró por IS, ya que ésta se basa en la altura dominante, que es una variable menos influida por la densidad del rodal. Mientras que la clasificación por rangos de rendimiento, especialmente en área basal y en volumen, debe considerarse preliminar, ya que ésta sí está influida por el manejo y la densidad de la plantación.

4.5 Clasificación por rendimiento y posibilidades de manejo

Si el extensionista desea conocer el potencial productivo de cada uno de los tres estratos analizados en el ejemplo anterior, utilizando el Cuadro 2 encuentra los rangos de áreas basales máximas aproximadas que puede alcanzar cada clase de sitio. Para melina, los sitios Bajos pueden alcanzar áreas basales menores de 15 m²/ha, los sitios Medios entre 15,1 y 19,9 m²/ha y los sitios Altos más de 30 m²/ha.

Desde el punto de vista de manejo, especialmente para determinar el potencial del sitio, los valores de los rangos de rendimiento en área basal son importantes para el manejo posterior de cada especie, ya que permiten estimar el número de árboles y el tamaño máximo, que se puede esperar al final de un turno, para diferentes sitios.

Por ejemplo, si se toma el área basal máxima como indicador del potencial del sitio, se puede observar que para las cuatro especies de mayor crecimiento, melina, teca, pochote y pino, los rangos buenos (clase Media) y muy buenos (clase Alta), tienen en su mayoría áreas basales de alrededor de 20 a 30 m²/ha. Esto significa que si el productor está interesado en árboles de 35, 40 ó 45 cm de diámetro, tendrá que llegar al final del turno de corta, con un número limitado de árboles por hectárea.

El Cuadro 10 presenta tres estratos o lotes de plantaciones y su potencial de sitio en términos de área basal. Estos valores sirven para ilustrar en forma práctica, a técnicos y extensionistas, la relación entre potencial del sitio, en términos de área basal y el número final de árboles.

Cuadro 10. Número de árboles por hectárea que pueden soportar tres estratos de una plantación de *Gmelina arborea*, al final del turno, según su potencial de sitio en área basal, Guanacaste, Costa Rica.

DAP cm	ABASAL m ² /árbol	Estratos		
		1 15 m ² /ha árboles/ha	2 24 m ² /ha árboles/ha	3 30 m ² /ha árboles/ha
35	0,09616	156	249	312
40	0,12566	119	191	239
45	0,15904	94	151	188

Este tipo de información es de mucha utilidad para iniciar la clasificación de los sitios por clases de producción, de acuerdo con el tipo y dimensiones del producto final deseado, y también de acuerdo con la especie. Además, ésta es la información base que permite establecer el manejo más apropiado para una especie, en un determinado sitio, especialmente, para planificar mejor las densidades iniciales de plantación y el programa de raleos.

Con base en el Cuadro 10, se puede concluir que para especies como melina, pochote y teca, que normalmente desarrollan una estructura de copa ancha, y cuando el interés sea la producción de madera de aserrío, el espaciamiento inicial no debería ser menor de 3 X 3 m, además de tener un programa oportuno de raleos. Conociendo las dimensiones del producto deseado, los raleos pueden ser planificados de acuerdo con la especie y con el potencial del sitio, expresado en área basal por hectárea. Se sugiere investigar con espaciamientos iniciales de 3,5 x 3,5, 3 x 4 ó 4 x 4 m y con material genético de mejor calidad.

Se debe considerar que las estimaciones y la clasificación por rangos de productividad en este estudio son preliminares, ya que en su mayoría se hicieron con

base en plantaciones jóvenes, que no habían tenido raleos oportunos, o estos no fueron con la intensidad ni a la edad más adecuada. Por lo anterior y con el fin de completar y ajustar mejor estos rangos de área basal máxima, se recomienda continuar con mediciones en parcelas permanentes de estas especies, en diferentes sitios y con manejo adecuado. Para la implementación de podas y raleos en esta Región, se recomienda utilizar la Guía sobre Manejo de Plantaciones Forestales (CATIE, 1993).

5. BIBLIOGRAFIA

- CARMEAN, W. H. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. *Advances in Agronomy* (EE.UU) 27: 209 - 269.
- CATIE, 1993. Manejo de plantaciones forestales. Guía para el extensionista forestal. Serie Técnica. Manual Técnico No. 7. Turrialba, Costa Rica. 59 p.
- CLUTTER, R. L.; FORSTOW, J. C.; PIENNAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. 1983. *Timber management: a quantitative approach*. N. Y. EE.UU., J. Wiley. 331 p.
- KEOGH, R. M. 1982. Teak (*Tectona grandis* Linn f.): provisional site classification chart for the Caribbean, Central America, Venezuela and Colombia. *Forest Ecology and management*. (Países Bajos) 4 (2): 143 - 153.
- NAVARRO P., C. 1987. Evaluación del crecimiento y rendimiento de *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand en 14 sitios en Costa Rica: índices de sitio y algunos aspectos financieros de la especie. Tesis Mag. Sc. CATIE/UCR, Turrialba, C. R. 136 p.
- ROJAS, F.; ORTIZ, E. 1991. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Barret y Golfari): especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 175. Colección de Guías Silviculturales. no. 8. 59 p.
- UGALDE, L.A. 1995. Establecimiento y medición de parcelas de crecimiento en investigación y programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA. Turrialba, C. R., CATIE. 18 p. + anexos.