

METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN PLANTACIONES FORESTALES

Olman Murillo Gamboa*

El concepto de control de calidad en plantaciones forestales es prácticamente desconocido en la actividad forestal de zonas tropicales. En el presente trabajo se plantea una metodología para el control de la calidad de árboles en plantaciones que pueda ser adaptada a la mayoría de las especies utilizadas en reforestación. Se presenta en detalle el procedimiento de muestreo, así como los criterios de valoración de cada árbol que permitan determinar la calidad esperada del producto de la plantación. Se concluye que es necesario realizar nuevos estudios que permitan fortalecer el control de calidad en plantaciones forestales, especialmente con indicadores económicos. En el documento se desarrollan los criterios o atributos por evaluar en cada árbol de las especies teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*) y pochote (*Bombacopsis quinatum*) para diferentes objetivos de producción.

INTRODUCCION

Uno de los principios fundamentales del establecimiento y manejo de plantaciones industriales forestales es la producción de productos madereros de la mejor calidad. Esto implica que la presencia de métodos y técnicas para el

control de calidad deben ser parte del proceso.

De hecho, la mayoría de las labores silviculturales tradicionales (manejo de semillas y viveros, control de malezas, aclareos, podas y fertilización) se deben orientar a mejorar la calidad del producto final. Por tanto la aplicación de indicadores, normas y metodologías para el control de calidad en procesos productivos pueden resultar de gran beneficio en plantaciones forestales.

El contar con herramientas adecuadas para poner en práctica el control de calidad en plantaciones forestales, favorecerá que la reforestación nacional se rijan por criterios más científicos y supere el empirismo y los niveles bajos de productividad.

CONCEPTO DE CALIDAD EN PLANTACIONES FORESTALES

En plantaciones forestales el concepto de calidad es un término que ha evolucionado poco y que en nuestro medio no ha sido incorporado en las prácticas comunes de manejo de dicho recurso. El profesional forestal aún se preocupa casi

* Profesor-investigador. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El control de calidad, para el caso concreto de plantaciones forestales con fines industriales, se podría definir como el proceso de valoración de la masa forestal que permita identificar si ésta logrará cumplir con los objetivos de producción con los que fue establecida.

exclusivamente del crecimiento de su masa boscosa, a través de numerosos procedimientos y análisis dasométricos.

En una recopilación de experiencias en México, Ramírez y Torres (1985) apuntan que la totalidad de los trabajos tratan exclusivamente de evaluación del crecimiento y rendimiento dasométrico de las plantaciones forestales. No se encuentra comúnmente en la literatura forestal la descripción de experiencias de control de calidad que incluyan variables medibles en términos del producto esperado de las plantaciones.

El control de calidad, para el caso concreto de plantaciones forestales con fines industriales, se podría definir como *el proceso de valoración de la masa forestal que permita identificar si ésta logrará cumplir con los objetivos de producción con los que fue establecida*. Tenemos entonces que los objetivos de producción o el producto final deben ser el centro del control de calidad, y con base en ellos podremos valorar el grado de cumplimiento de las metas fijadas.

Si el producto final de la plantación es el principal elemento de evaluación, entonces podemos identificar el control de calidad en cuatro áreas de valoración a saber:

- a. Sanidad del fuste o pieza
- b. Velocidad o ritmo de crecimiento de la biomasa
- c. Dimensiones del fuste
- ch. Calidad del fuste (externa e interna).

El área de valoración de la sanidad del fuste se refiere a identificar la presencia de problemas fitosanitarios en la pieza o fuste, que puedan disminuir su valor o utilidad final. Para cada especie se deben conocer los principales problemas de este

tipo y los márgenes tolerables de su presencia.

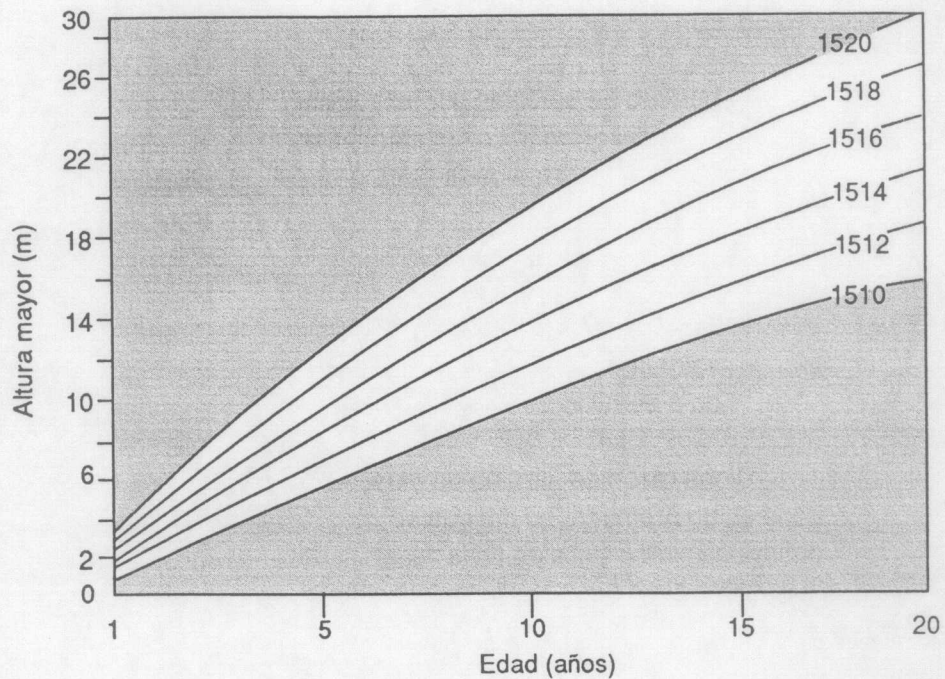
La velocidad de crecimiento de la biomasa, así como las dimensiones del fuste, son dos áreas que deben valorarse considerando la edad de la plantación y la calidad del sitio. Para un sitio dado y una edad conocida se compara si el desarrollo demostrado de la plantación se ubica por encima o debajo de la línea de regresión de mejor ajuste, conocida como la **curva de crecimiento promedio** (Figura 1). El otro criterio comúnmente utilizado se refiere al ICA e IMA (incremento corriente anual e incremento medio anual, respectivamente) para una edad común. Normalmente se utiliza el IMA e ICA a los 3, 5, 7, 10, 15 y 20 años con las variables diámetro, altura, área basal y volumen. Para este criterio se realizan simples comparaciones con respecto al valor medio esperado para cada índice de sitio.

La calidad del fuste se refiere a dos grupos de variables: las externas y las internas. Entre las externas comúnmente se agrupan todas aquellas características que podemos medir y valorar en su exterior. Las variables internas son aquellas que requieren la toma de muestras de la madera para obtener la respectiva valoración.

A modo general el Cuadro 1 resume las principales variables que se pueden utilizar en el control de calidad para los objetivos de producción industrial con plantaciones forestales.

Es importante señalar que éstos son los criterios que directa o indirectamente inciden en la calidad final del producto de plantaciones forestales, sin embargo, para casos particulares se podrían plantear muchos más. ■

FIGURA 1.
Indices de sitio
para
Bombacopsis
quinatum en
Costa Rica
(Navarro y
Martínez, 1989).



MUESTREO EN PLANTACIONES PARA EL CONTROL DE CALIDAD

En la actividad de reforestación con fines de producción se habla comúnmente del establecimiento de unidades desde 3 ó 5 hectáreas hasta 1000 hectáreas, por lo que siempre se estará sujeto a una variabilidad natural mucho mayor que la comúnmente experimentada con los cultivos agrícolas. Dada esta situación se ha generalizado el diseño de muestreos jerárquicos con la estratificación de las áreas de estudio. Mediante esta práctica se dividen grandes regiones ambientales en unidades menores de mayor homogeneidad. El uso de mapas de vegetación o de ecosistemas (Gómez, 1986) ha contribuido a facilitar la identificación de estas unidades ambientales dentro de una gran región.

Como segundo nivel jerárquico se practica el subdividir cada unidad en estratos de una misma especie, edad, o rodal dentro de una gran plantación con condiciones de suelo y topografía homogéneos.

Dentro de cada uno de estos estratos se acostumbra ubicar parcelas de muestreo al azar. Las parcelas son comúnmente circulares de un radio de 10 a 15 metros, o bien parcelas cuadradas que contengan 49 árboles (área variable de parcela). Estas parcelas se ubican siguiendo procedimientos aleatorios como puntos cardinales tomados con números aleatorios y otros. Todos los árboles que queden dentro de la parcela son evaluados de acuerdo con las cuatro áreas de valoración presentadas en el Cuadro 1.

El número de parcelas de muestreo se puede definir con base en el área del estrato, procurando que la muestra sea de aproximadamente un 5% del área total. También se utiliza la razón de tamaño de muestra para datos con distribución normal (Steel y Torrie, 1980), clásica para muestreos aleatorios,

$$N = \frac{t^2 S^2}{E^2}$$

donde:

- N = número de parcelas por establecer
 t^2 = valor del estadístico t student para una confiabilidad dada (95% ó 99%).
 S^2 = valor de la variación estandar de la media del diámetro encontrada en la plantación.
 E^2 = valor del error de muestreo esperado o permitido.

Dicha razón de tamaño de muestra se basa en un premuestreo del que se obtienen valores iniciales de la varianza de la variable diámetro a la altura del pecho, y una probabilidad de un 95%, con un error esperado de un 10%.

CRITERIOS DE VALORACION DE LA CALIDAD DE UNA PLANTACION

Para poder valorar la calidad de una plantación forestal debe desarrollarse algún patrón de comparación. Esto será válido para cualquiera de las variables de las cuatro áreas planteadas en el Cuadro 1.

Si se revisa la literatura se encontrará abundante material para desarrollar herramientas que permitan comparar las variables de las áreas de velocidad de crecimiento y de dimensiones de las piezas, lo mismo que para valorar la presencia de plagas y enfermedades en plantaciones forestales. Sin embargo, difícilmente se encontrarán buenas fuentes de información en lo referente a calidad fustal, tanto externa como interna. ■

CUADRO 1. Variables utilizadas en el control de calidad del producto de plantaciones forestales según objetivo de producción y área de valoración.

Area de valoración	Objetivo de producción		
	Leña	Aserrío	Papel
Sanidad de fuste	Ausencia de patógenos y plagas conocidas		
Velocidad de crecimiento de biomasa	Crecimiento en altura, diámetro y volumen	Crecimiento en altura, en diámetro y en volumen	Crecimiento en altura, diámetro y en volumen
Dimensiones del fuste	Diámetro al cuello, número de ejes	Diámetro al pecho, grosor de corteza	Diámetro al pecho, grosor de corteza
Calidad de fuste			
a. Externa	Rectitud	Rectitud, grosor de ramas, ángulo de ramas, conicidad, hilo en espiral, número de trozas por árbol	Rectitud, grosor de ramas, conicidad, número de trozas por árbol
b. Interna	Peso específico de la madera.	Peso específico de la madera	Peso específico de la madera, longitud de fibra

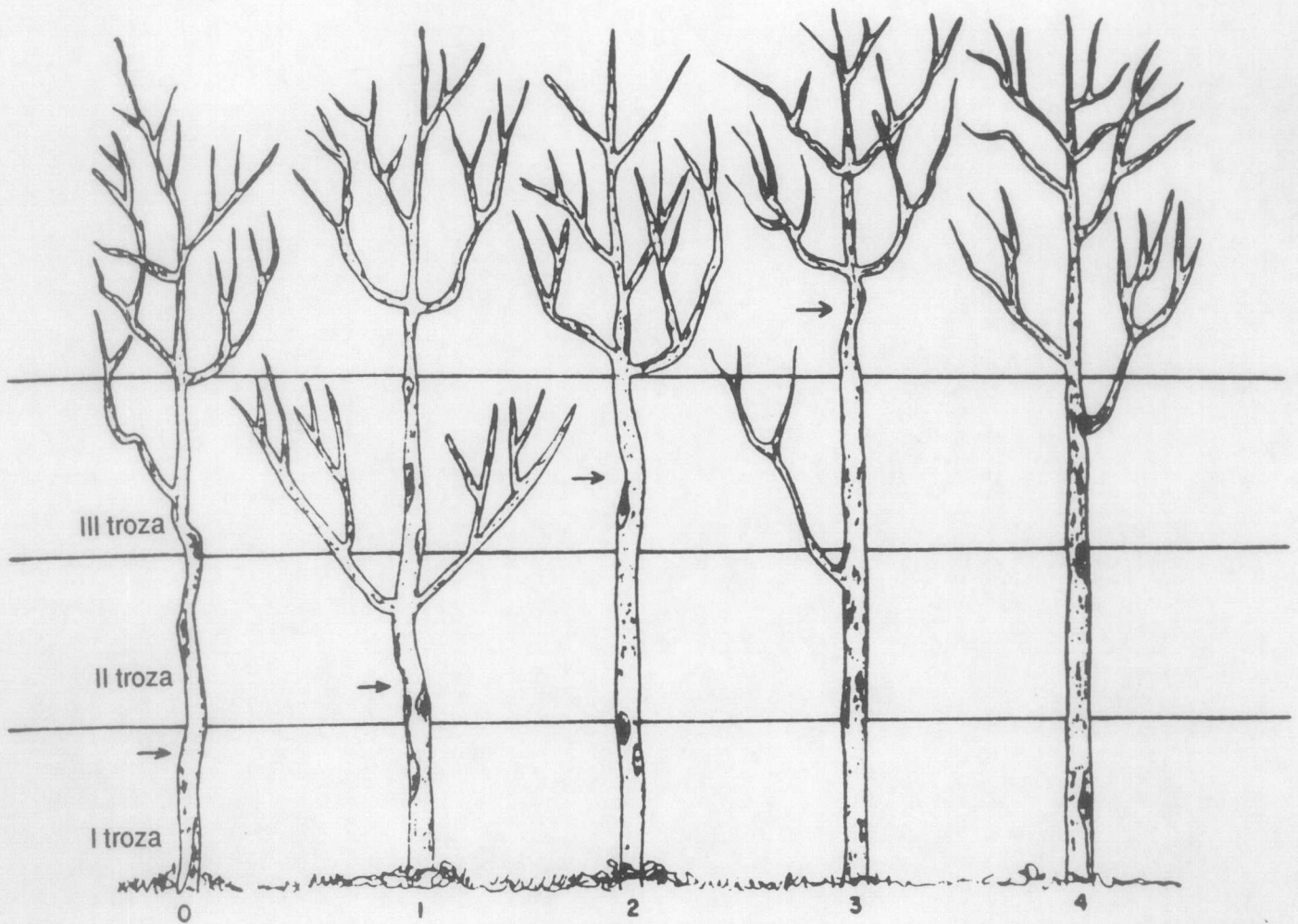


FIGURA 2. Diagrama de calificación de la rectitud de fuste en árboles de teca (*Tectona grandis*) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

En las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 se presentan modelos propuestos para valorar la calidad del fuste en rectitud y altura de bifurcación para las especies maderables pochote (*Bombacopsis quinatum*), melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Estas son unas de las variables de mayor impacto en la calidad del producto final de estas especies, junto con el peso específico de la madera y los hábitos de ramificación (grosor, ángulo de inserción de ramas y número de ramas por troza).

Debe notarse que no tendrá el mismo valor la primera troza de un árbol que su

segunda o tercera, dado que normalmente el árbol disminuye en su peso específico de la madera y diámetro, conforme aumenta en altura. Podemos compensar esta situación con un factor de multiplicación (Cuadro 2).

De esta manera un árbol que produzca tres trozas de muy buena calidad en rectitud recibirá un valor total de 2,25.

Con base en la información presentada es posible calificar cada árbol de una parcela de muestreo de una plantación forestal. Sin embargo, aún es necesario contar con un punto de comparación entre

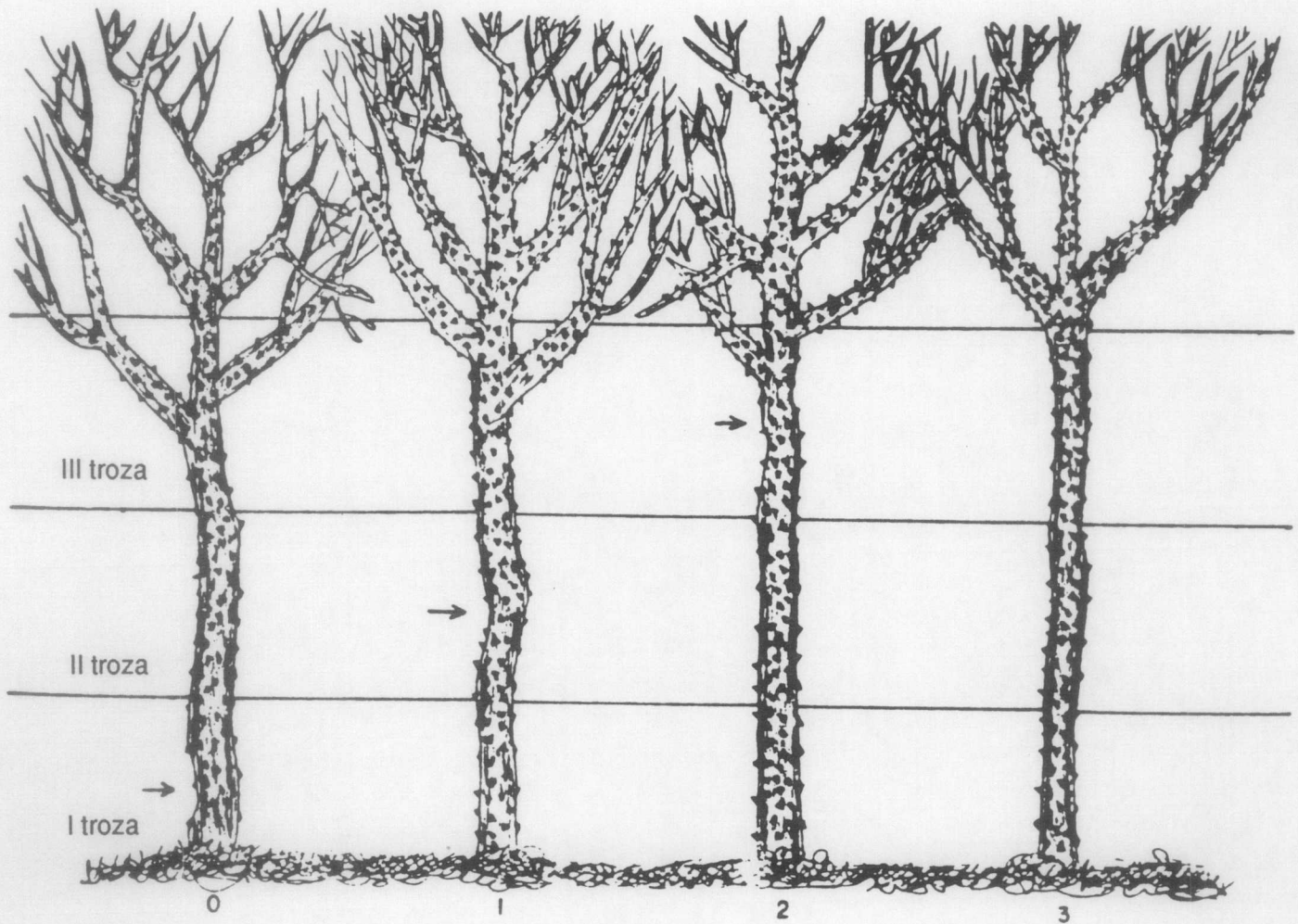


FIGURA 3. Diagrama de calificación de la rectitud de fuste en árboles de pochote (*Pochota quinatum*) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

distintas plantaciones, unidades o bloques de producción en su conjunto. Para facilitar este aspecto se presentan en el Cuadro 3 los datos de 5 plantaciones de la especie

CUADRO 2. Ponderación del valor de una troza de óptima rectitud según su posición en el árbol.

Posición de la troza en el fuste	Factor de multiplicación	Puntaje de la troza
1	1	1
2	0,75	0,75
3	0,50	0,50

teca (*Tectona grandis*), pertenecientes a una misma unidad ecológica (mismo estrato ambiental). Con base en estas 5 plantaciones se puede obtener un valor medio en términos de número de trozas de buena calidad por hectárea y puntaje por plantación para la especie tecla en este estrato de la región de Guanacaste, Costa Rica.

Puede observarse en el Cuadro 3 que, en promedio, una plantación de tecla en Guanacaste presenta 165 árboles por hectárea con 3 trozas de óptima rectitud. Si se considera que una buena plantación forestal al final de su turno después de una

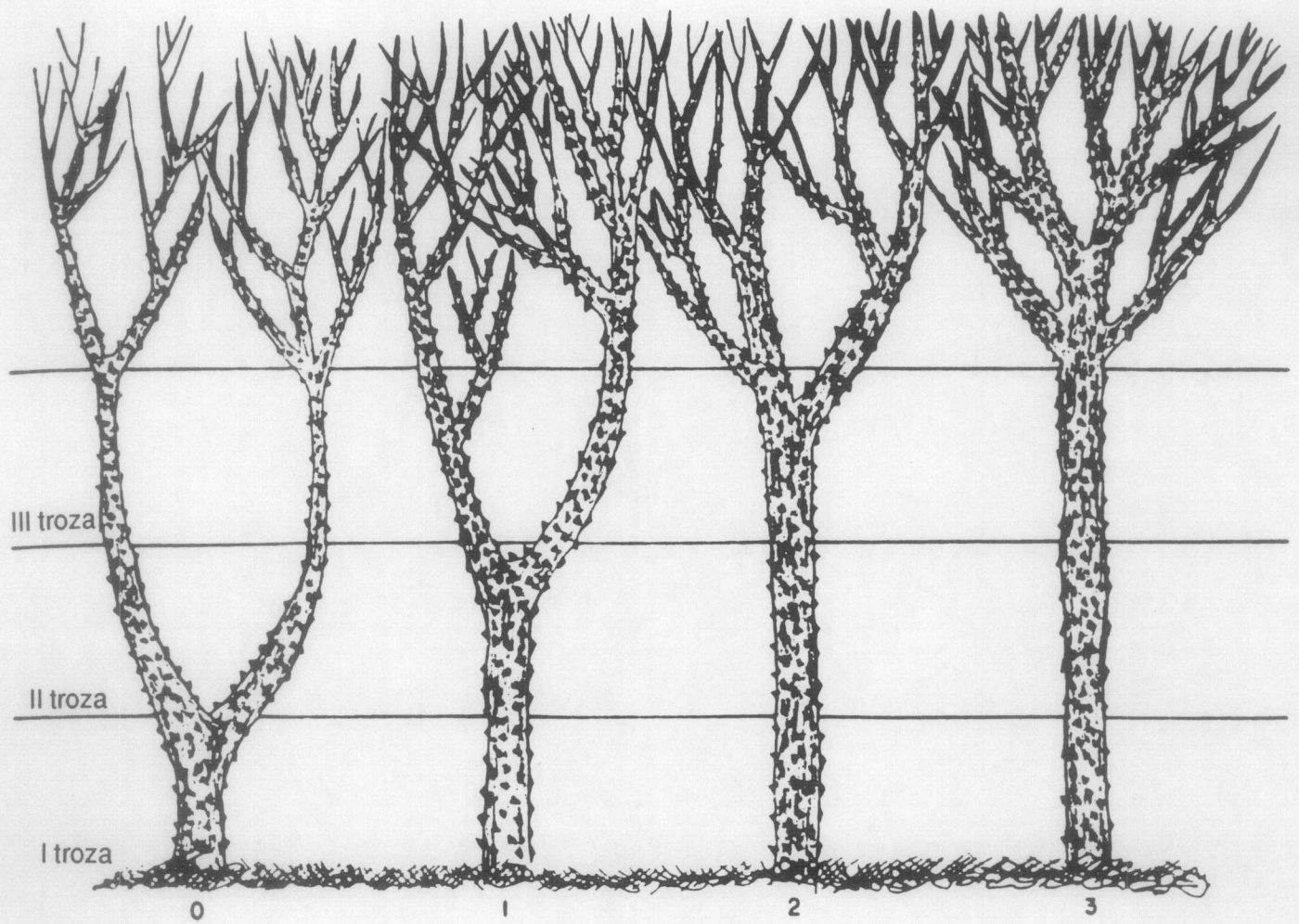


FIGURA 4. Diagrama de calificación de la bifurcación del fuste en árboles de pochote (*Pochota quinatum*) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

CUADRO 3. Número de trozas de rectitud óptima y puntaje por hectárea de distintas plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en un estrato de Guanacaste, Costa Rica.

Plantación	Número de árboles con varias trozas de rectitud óptima			Puntaje por hectárea de árboles con		
	3 trozas	2 trozas	Suma	3 trozas	2 trozas	Suma
Hojancha	191	414	1401	429,75	724,5	1154,25
Paquera	212	498	1632	477	871,5	1348,50
Hojancha	309	331	1589	699,25	579,2	1274,50
Nandayure	16	239	526	36	418,2	454,25
Nicoya	96	276	840	216	483,0	689,00
Valor medio	165	352	1197	371	615	986

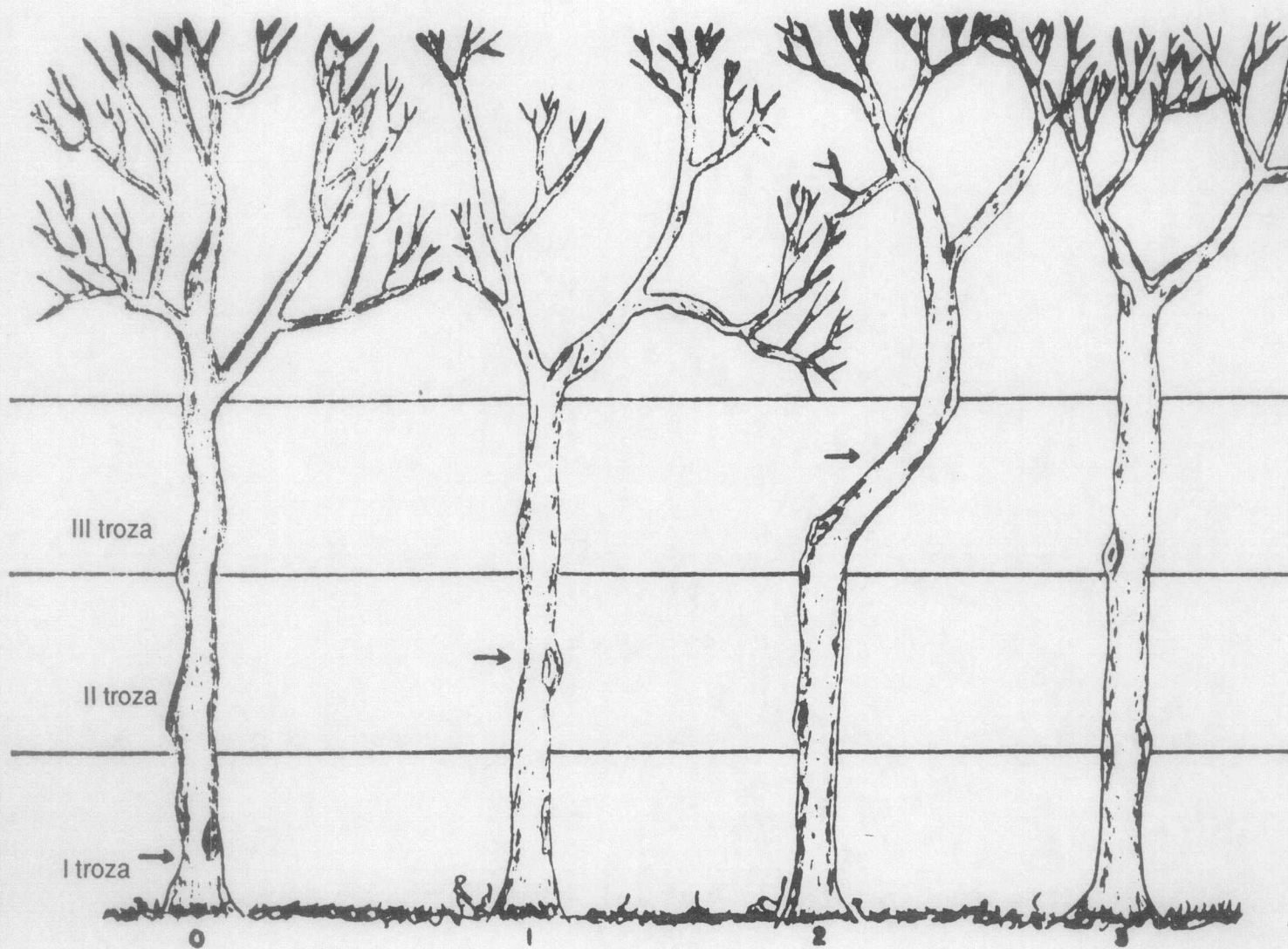


FIGURA 5. Diagrama de calificación de la rectitud de fuste en árboles de melina (*Gmelina arborea*) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

serie de aclareos o entresacas, se cosecha con unos 200 a 300 individuos de la mejor calidad posible, entonces este mismo número de árboles deben de estar presentes durante toda la rotación. Debe señalarse que este tipo de variables cualitativas no son dependientes de la edad una vez que la plantación haya sobrepasado la altura suficiente para producir las 3 ó 4 trozas. Con esta especie se puede realizar el control de calidad después de los 4 años de establecida.

Si una plantación no reúne este número de árboles por hectárea entonces será de segunda o tercera clase. Sin embargo, si se le suman los árboles con 2

trozas de óptima calidad presentes en la misma plantación, se logra un total promedio de 1197 trozas de óptima rectitud por hectárea. De igual manera se presenta el puntaje ponderado correspondiente para cada clase de árbol por hectárea.

Este sistema de comparación con respecto al valor medio del conjunto de plantaciones de su unidad o estrato ambiental, permite que sea dinámico y ajustado a la realidad existente. De modo que conforme mejore la tecnología de manejo de las plantaciones forestales en ese mismo estrato, el valor medio subirá y así también se podrá guardar la relación

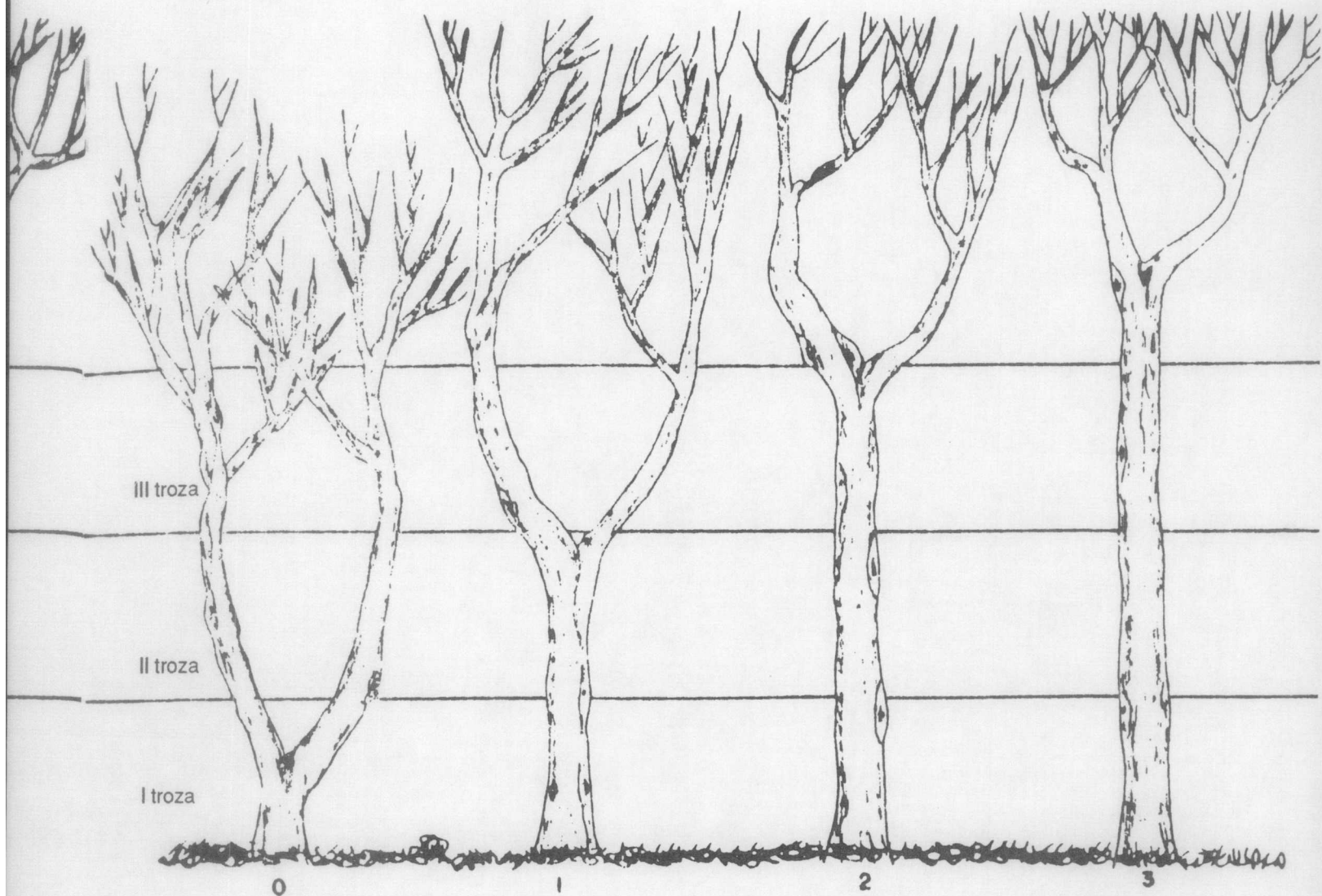


FIGURA 6. Diagrama de calificación de la bifurcación del fuste en árboles de melina (*Gmelina arborea*) en plantación (Merayo y Murillo, 1990).

de calificación de una plantación de alta, media y baja calidad.

Podemos entonces generar un código que represente la calidad de una plantación. En la Figura 7 se propone a manera de ejemplo una codificación de la calidad de rectitud de plantaciones de teca en Guanacaste.

Finalmente, en el Cuadro 4 se presenta la categorización correspondiente para una plantación de teca, con base en el sistema de códigos propuestos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología propuesta pretende ser una contribución al control de calidad en plantaciones forestales, y generar las bases para una mayor discusión futura en esta importante área. Es necesario continuar trabajando con las variables de evaluación así como en los criterios de comparación y categorización de plantaciones forestales.

Variables de tipo económico, como número mínimo de trozas o árboles de buena calidad por hectárea para lograr una

1

Arboles por hectárea
con rectitud óptima
en 3 trozas
1 = > 300
2 = 150 - 300
3 = < 150

1

Arboles por hectárea
con rectitud óptima
en 2 trozas
1 = > 450
2 = 300-450
3 = < 300

1

Suma de trozas
por hectárea
de rectitud
óptima
1 = > 1400
2 = 1100-1400
3 = < 1100

FIGURA 7. Codificación de la calidad de rectitud de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Costa Rica.

rentabilidad dada con la plantación, son una de las áreas por mejorar en futuros trabajos.

Debe tenerse presente que este trabajo se centra mayoritariamente en el control de la calidad fustal de plantaciones

forestales, por lo que es necesario desarrollar todo un índice de calidad de plantaciones forestales con base en la calidad en velocidad de crecimiento, dimensiones de los árboles o piezas, sanidad del fuste, otras variables de la calidad externa y las variables de la calidad interna de la madera. Por lo tanto debe considerarse este trabajo como un primer aporte y a la vez parcial, hacia el desarrollo de verdaderos índices de control de calidad en plantaciones forestales de regiones tropicales.

CUADRO 4. Categorización de la calidad en rectitud de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Costa Rica.

Categoría	Código	Objetivos de producción para aserrío
Excelente	111	Cumplimiento óptimo. Altamente rentable.
Alta	121	Buen cumplimiento.
	211	Plantación rentable.
Media	122	Aceptable cumplimiento.
	222	Plantación rentable.
	212	
Baja	Las demás	No cumple con objetivos de producción. No rentable su aprovechamiento para aserrío.

LITERATURA UTILIZADA

- Gómez, L.D. 1986. **Vegetación y clima de Costa Rica**. Vol. 1. Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 327 p.
- Merayo, O. y O. Murillo. 1990. **Establecimiento de rodales semilleros de *Tectona grandis* y *Pochota quinatum* en la Península de Nicoya, Guanacaste**. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. Informe Técnico. (sin publicar). 125 p.

3. Navarro, C. y H. Martínez. 1989. **El Pocho-
te (*Bombacopsis quinatum*) en Costa
Rica. Guía silvicultural para el estable-
cimiento de plantaciones.** CATIE,
Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica.
Informe Técnico No. 142. 38 p.
4. Ramírez, M.H. y J.M. Torres. 1985. *Análisis
del desarrollo y estado actual de las ex-
periencias prácticas y técnicas en la eva-
luación de plantaciones.* En: **III Reunión
Nacional sobre Plantaciones Foresta-
les.** Instituto Nacional de Investigacio-
nes Forestales. Publicación Especial
No. 48. México, D.F. 1984: 757-768.
5. Steel, R. y J. Torrie. 1980. **Principles and
procedures of Statistics: a biometri-
cal approach.** Second edition. McGraw
Hill. 633 p.