

## SEGUNDAS COSECHAS BAJO UN SISTEMA POLICÍCLICO DE MANEJO PARA BOSQUES HÚMEDOS TROPICALES. REGIÓN HUETAR NORTE, COSTA RICA

Víctor H. Meza<sup>1</sup>, Johnny Méndez<sup>2</sup>

### RESUMEN

En Costa Rica los ciclos de corta son legalmente definidos en períodos de 15 años; siempre y cuando no se cuente con información proveniente de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) que demuestren lo contrario. No obstante, hoy en día cerca de 40.000 ha de bosques que fueron intervenidos a través de planes de manejo en la Región Huetar Norte durante los 90, están llegando al plazo estipulado por la norma. Lo que abre la posibilidad de realizar nuevas intervenciones en esas áreas. Es por esta razón, que la discusión sobre el tema de las “segundas cosechas” ha cobrado vigencia entre los actores que participan en la gestión de los bosques naturales. Tres de estos casos lo constituyen la Legua, la Montura y San Jorge, fincas ubicadas en la Provincia de Alajuela, Región Huetar Norte, que en el año de 1992 sufrieron un aprovechamiento mejorado que consistió en una selección y marcación de los árboles a extraer, el trazado técnico de las vías de saca, así como el seguimiento y la evaluación de las operaciones. Posteriormente, en el año 1993, se aplicaron tratamientos silviculturales, para San Jorge se aplicó una Liberación normal, un Refinamiento y se los comparó con el Testigo, con repeticiones cada uno. Se presenta el resultado de once años de monitoreo continuo de la dinámica y el crecimiento del bosque proveniente de Parcelas Permanentes de Muestreo, establecidas por la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA) en el año 1992.

Se evaluó en la Legua y la Montura la producción del volumen comercial y del número de individuos a partir del diámetro mínimo de corta para nuevas intervenciones que es fijado por norma en 60 cm de dap; es así como la Legua a los nueve años después del aprovechamiento supera con 52,83 m<sup>3</sup>/ha al volumen presente antes del aprovechamiento (47,14 m<sup>3</sup>/ha); La Montura es capaz de cumplir con el volumen a los once años con 32,59 m<sup>3</sup>/ha, en comparación con los 30,82 m<sup>3</sup>/ha del año inicial; lo que sugiere, una mayor disponibilidad de volumen comercial en una nueva cosecha. Para el número de árboles disponibles en nuevas intervenciones, se observa que a los once años después del aprovechamiento ambos sitios han igualado o superado el número de individuos iniciales, en el caso de la Montura es capaz de superar los 15 individuos/ha a los nueve años de observaciones; la Legua lo logra a los once años con diez árboles/ha. Por otra parte, para determinar la importancia de la aplicación de tratamientos silviculturales se identificó la Finca San Jorge, en la cual al evaluar el incremento corriente anual (ICA) por tipo de tratamiento, no se observaron diferencias significativas ( $P = 0,5256$ ) para ninguno de los períodos de evaluación. En contraste los tratamientos con áreas basales remanentes (después del aprovechamiento) menores a los 20 m<sup>2</sup>/ha si mostraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos con áreas basales superiores a los 20 m<sup>2</sup>/ha, para una  $P = 0,0168$ ; así en promedio el grupo con menos de 20 m<sup>2</sup>/ha es capaz de producir un 42% (7,6 m<sup>2</sup>/ha) del área basal remanente, en contraste, el grupo de tratamientos con áreas basales mayores a 20 m<sup>2</sup>/ha solamente fue capaz de producir el 29% (6,7 m<sup>2</sup>/ha) en un período de diez años de observaciones, lo que representa 0,9 m<sup>2</sup>/ha más para los tratamientos con menos de 20 m<sup>2</sup>/ha

Para la selección de una nueva cosecha forestal, es necesario comprender que la productividad es propia de cada tipo de bosque y que la definición del ciclo de corta estará sujeta a una serie de características que diferencian a un tipo de bosque con respecto a otro, por lo que no se debe hablar de un “único” ciclo de corta para todos los tipos de bosque que, en la mayoría de los casos, es fijado por las normas. El ciclo de corta debería ser definido por las características propias de cada caso; tales como, dominancia de especies comerciales, suelo, clima, entre otras.

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional (INISEFOR-UNA), Costa Rica. vmezap@una.ac.cr

<sup>2</sup> CODEFORSA, Costa Rica. mendezjh@racsa.co.cr

## SECOND HARVESTS UNDER A POLICYCLICAL MANAGEMENT SYSTEM TROPICAL HUMID FORESTS. NORTH HUETAR REGION, COSTA RICA

Víctor H. Meza<sup>3</sup>, Johnny Méndez<sup>4</sup>

### SUMMARY

In Costa Rica the felling cycle are legally defined in periods of 15 years; nevertheless there is not information originated from Permanent Sample Plots (PSP) that demonstrate the opposite. However, nowadays almost 40,000 hectares of forests that were improved harvested under Forestry Management Plans in North Huetar Region are arriving at the term stipulated by the norm, opening the possibility of making one second intervention in those areas. That's why at the present time, the discussion on the subject of the "second harvests" has received an important relevance, at all the levels between the actors who participate in the management of the natural forests. Three cases of study are La Legua, La Montura and San Jorge, those are properties located in Alajuela Province, Huetar North Region. Which in 1992 it has underwent an improved harvest consisting in a selection and marking of trees to be extracted, the technical layout of the extraction routes, as well as the pursuit and evaluation of those operations. In 1993 silvicultural treatments were applied, for San Jorge was applied Liberation, Refinement and those were compared with witness, with repetitions for each one. It was showed the results of eleven years of continuous monitoring of the dynamics and growing of the forest coming by Permanent Sample Plots (PSP) established by Forestry Development Commission of San Carlos (CODEFORSA) in 1992.

It was evaluated in La Legua and la Montura the commercial volume production and the individuals number based in the minimum felling diameter to new interventions, which is fixed by legal norm in 60 cm of DBH (diameter at breast height). The results show that la Legua, after 9 years of the harvest have surpassed with 52,83 m<sup>3</sup>/ha (cubic meters per hectares) the present volume before the harvest (47,14 m<sup>3</sup>/ha); La Montura was able to recuperate that volume at eleven years with 32,59 m<sup>3</sup>/ha, compared with the 30,82 m<sup>3</sup>/ha from the initial year; that suggest a major commercial volume availability for a new harvest. For the individual number available in a new harvest, it's showed that at eleven years after the harvesting, both sites have raising or past the initial number of trees, for La Montura, this was able to surpass the 15 individuals per hectare at 9 monitoring years; La Legua raise that situation at eleven years with 10 trees per hectare. On the other hand, to determine the importance of the silvicultural treatments, the San Jorge site was identified where was evaluated the current annual increase (CAI) by type of treatment which didn't showed significant differences ( $P = 0,5256$ ) for any evaluation period. In contrast, the treatments with remaining basal areas (after the harvest) lower than 20 m<sup>2</sup>/ha, showed significant difference compared with the treatments with basal areas higher than 20 m<sup>2</sup>/ha, for a  $P = 0,0168$ ; As a result, in average, the group with less than 20 m<sup>2</sup>/ha is able to produce a 42% (7,6 m<sup>2</sup>/ha) of the remaining basal area, opposing to that, the group with remaining basal area major to 20 m<sup>2</sup>/ha is just able to produce the 29% (6,7 m<sup>2</sup>/ha) in a monitoring period of ten years, that represents 0,9 m<sup>2</sup>/ha more for the treatments with less than 20 m<sup>2</sup>/ha.

For the selection of a new forestry harvest, is necessary to understand that productivity is *own* for every kind of forest and in the definition of the felling cycle, it will depend on several characteristics that distinguish one forest with respect to another, so it is not possible to take about one "only" cutting cycle for every kind of forest, which in mostly cases is fixed by norms. The felling cycle should be defined by the own characteristics of every case, likes: dominance of commercial species, soil, and climate, among others.

<sup>3</sup> Forestry Research and Service Institute, National University (INISEFOR-UNA), Costa Rica. vmezap@una.ac.cr

<sup>4</sup> CODEFORSA, Costa Rica. mendezjh@racsa.co.cr

## INTRODUCCIÓN

El manejo forestal y la silvicultura, hoy en día, tratan de jugar un papel más relevante en la economía y en los medios de vida de las comunidades, basándose en el principio de la multifuncionalidad de los bosques y asumiendo que la sostenibilidad del bosque considera los usos, creencias y costumbres de las personas, así como la necesidad de generar beneficios económicos y sociales a diferentes escalas que logren competir con los usos alternativos del suelo. El manejo forestal sostenible pretende establecer un balance entre los factores ecológicos, económicos y sociales; por lo tanto, la sostenibilidad de los bosques se basa, en primera instancia en garantizar su permanencia. En Costa Rica, la silvicultura de bosques naturales afronta una serie de presiones externas, promovidas principalmente por grupos ambientalistas que luchan para que esos ecosistemas no sufran ningún grado de intervención forestal y por otro lado, están las políticas estatales, que han eliminado el Pago de Servicios Ambientales para el manejo de los bosques, lo que ha contribuido a que el manejo forestal no se considere como una inversión más en los sistemas de producción de la finca, sino como un gasto innecesario; lo que ha puesto, en muchos casos, en peligro la permanencia del recurso. La relevancia del manejo forestal se ve plasmada, en el hecho de que actualmente en la Región Norte y Atlántica del país, se estén llevando a cabo segundas cosechas en aquellos bosques que habían tenido una primera intervención forestal a través de planes de manejo elaborados por la Comisión para el Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA) y por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) en la Región Norte y Atlántica, respectivamente, y que han asumido ciclos de corta cercanos a los 15 años. Partiendo del hecho de que los bosques tropicales entresacados todavía tienen altos valores de conservación (Hartshorn 2002) y que los servicios ambientales prestados por parte de estos ecosistemas -sin lugar a dudas- logran mantener una alta calidad aún después del aprovechamiento.

En este trabajo se buscará evaluar el crecimiento post-aprovechamiento de bosques intervenidos cercanos a cumplir un ciclo de corta de 15 años, así como conocer la producción forestal de estos bosques de acuerdo a la aplicación de diferentes tratamientos silviculturales y a diferentes tasas de reducción de las áreas basales. Pretendemos fijar valores empíricos de tasas de cosecha de acuerdo a los principios de aprovechar sólo lo que crece el bosque a partir de un diámetro mínimo de corta o de esperar que el bosque iguale el volumen comercial presente antes del aprovechamiento. Aunado a estos criterios, bastaría incluir el de cosechar cuando se de una recuperación aceptable de la composición florística y el de que la cosecha sea financieramente rentable para asegurar, con la combinación de estos criterios, la sostenibilidad del recurso.

## METODOLOGÍA

CODEFORSA instaló una serie de ensayos en bosques naturales en el año 1992 en la Región Huetar Norte de Costa Rica, en donde se montaron una serie de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM). Tres de estos sitios son: La Legua y La Montura que tienen una parcela de una hectárea (100 m x 100 m), en cada caso y San Jorge, aquí se llevó a cabo un ensayo de manejo silvicultural, con repeticiones y tres tratamientos. Cada parcela del ensayo tiene una extensión de un cuarto de hectárea (50 m x 50 m) y está subdividida en 25 subparcelas de 0,01 ha (100 m<sup>2</sup>). Dentro de las mismas se midió, con cinta diamétrica, todos los árboles desde 10 cm de diámetro a la altura de pecho (dap) en adelante y se les asignó una numeración independiente para cada subparcela. En los tres bosques se realizó un aprovechamiento mejorado en el año 1992, que toma como base el censo comercial para planificar y controlar las operaciones, con el fin de reducir costos y daños al bosque. Actividades como trazo y construcción de caminos, tala dirigida, arrastre y transporte controlado y medidas post-aprovechamiento, como clausura de caminos, limpieza de cursos de agua, recolección de desechos inorgánicos, son parte del aprovechamiento mejorado denominado también de bajo impacto (Solano y Méndez 1998). En el año 1993 se aplicaron tratamientos silviculturales, orientados a favorecer el establecimiento de la regeneración de especies maderables y a disminuir la competencia con el fin de impulsar el crecimiento de los árboles elegidos para la futura cosecha. En San Jorge los tratamientos empleados fueron Liberación, Refinamiento y el Testigo, con repeticiones cada uno. Que son definidos por Quirós (2001) como:

- a) La liberación consiste en eliminar la vegetación que impide a los árboles de futura cosecha recibir una iluminación adecuada. Con la liberación se busca favorecer árboles prometedores como productores de madera que se encuentran en una posición desfavorable de competencia, el tratamiento se dirige específicamente a los individuos seleccionados, eliminando árboles circundantes inmaduros generalmente a partir de 10 cm de diámetro hasta el diámetro mínimo de corta (DMC), aplicado en las PPM 7, 8 y 9.
- b) El refinamiento busca eliminar todos los árboles de una o más especies no deseables a partir de un diámetro mínimo determinado, que correspondieron a las PPM 4, 5 y 6.
- c) Testigo: bosque aprovechado en las PPM 1 y 2.

Las mediciones y observaciones fueron realizadas por CODEFORSA en los años 1992, 1993, 1994, 1996, 1997 y 1998; la medición del 2003 la realizó el INISEFOR. Con los datos acumulados, se determinó el incremento corriente anual diamétrico promedio (ICA) con los valores del árbol promedio por cada clase, sobre una base anual; esto requirió la conversión de los incrementos periódicos (ip) a incrementos anuales (ICA), para cada periodo de comparación y por tipo de tratamiento. Luego con los icas por parcela, por periodo y por tratamiento se procedió a realizar el análisis de varianza y la prueba de medias de (Duncan) con el programa estadístico *Infostat*. Posteriormente, se determinó el ICA de cada clase para el árbol medio para diez años de medición y según su posición de copa, procediéndose a calcular los “tiempos de paso”. Para cada bosque en estudio, se calculó la recuperación del área basal, el número de individuos y el volumen comercial a partir de los 10 cm de dap y del diámetro mínimo de corta (DMC). Además del incremento bruto y el incremento neto para cada una de las variables anteriormente mencionadas.

### Área de estudio

El estudio fue desarrollado en tres sitios de la Región Huetar Norte de Costa Rica, aprovechados en el año de 1992 a través de la ejecución de planes de manejo, tanto San Jorge como La Legua son caracterizados dentro de la clasificación de zonas de vida de Holdridge como bosques húmedos tropicales, para el caso de la Montura fue clasificado como bosque muy húmedo premontano, transición a basal, con precipitaciones que oscilan desde los 2500 mm hasta los 3107 mm y temperaturas medias que va de los 21,2 °C hasta los 27,5 °C. En los tres bosques se aprovechó en promedio por hectárea un número de árboles que va de los 2,48 árboles/ha hasta los 6,72 árboles/ha.

Cuadro 1. Descripción y volúmenes aprovechados por sitio, Región Huetar Norte, Costa Rica.

Sitio	San Jorge	La legua	La Montura
Altitud (msnm)	60	80	70
Zona de vida	Bosque húmedo tropical	Bosque húmedo tropical	Bosque muy húmedo premontano, transición a basal
Precipitación media anual (mm)	2999,0	2500	3107,8
Temperatura media °C	25,6	27,5	21,2
Unidad de manejo (ha)	55	50	73,09
Especies comerciales	19	13	26
Volumen total (m <sup>3</sup> )	709,05	258,56	1119,16
Nº árboles totales	196	117	376
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	14,29	5,48	20
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	1,89	1,05	
Árboles/ha	3,95	2,48	6,72
m <sup>3</sup> /árbol	3,62	2,21	2,98
Periodo de observación	1992-2003	1992-2004	1992-2005

## RESULTADOS

El estudio del crecimiento y de la producción presente y futura de los árboles y de los rodales forestales es básico y fundamental para la planificación y la administración forestal (Moscovich 2004), es por esto, que resulta indispensable contar con buenas herramientas en la predicción de tasas de cosechas que apoyen la toma de decisiones. Este mismo autor menciona que los modelos de crecimiento y de producción son universalmente aceptados como instrumentos de incontrastable utilidad para la planificación forestal. Sin embargo, es importante pensar que el uso de modelos busca simplificar los procesos ecológicos que influyen en el desarrollo de los árboles y de los rodales y los cuales pueden resultar bastante complejos cuando se toma en cuenta la competencia por luz y nutrientes del sitio, entre otros factores que obviamente influyen en el crecimiento de los árboles. Otra herramienta de altísima importancia para la toma de decisiones silviculturales corresponde a las PPM, que en este caso son la base en el cálculo de los valores observados obtenidos en cada año de medición para las diferentes variables evaluadas dentro de un ciclo de corta.

### Recuperación del área basal y del número de individuos por hectárea para un primer ciclo de corta

En términos silviculturales, Dawkins (1958) citado por Méndez y Solano (1998) desarrolló el criterio de área basal limitante, la cual representa el nivel de ocupación donde el crecimiento neto se aproxima a cero, en esta relación actúan la competencia y la supresión de individuos, lo que da origen a una disminución en el crecimiento de los árboles individuales, inducida principalmente por el grado de ocupación y de los valores del área basal que estos bosques puedan alcanzar después del aprovechamiento. Por otra parte, el análisis en la distribución diamétrica (representada por el número de individuos en cada clase diamétrica) permite precisar los efectos de los principales factores ambientales o de la intervención forestal sobre la estructura del rodal.

En cuanto a reducción de la masa remanente, la Montura fue el sitio que sufrió la mayor disminución del área basal, producto del aprovechamiento, con un 27% del valor inicial, ya que para la Legua fue de apenas un 6%. En el número de individuos la disminución fue de un 21% en la Montura y un 4% en el caso de la Legua. A pesar de que ambos sitios presentan áreas basales similares antes del aprovechamiento, que en el caso de la legua es de 29,05 m<sup>2</sup>/ha y de 29,77 m<sup>2</sup>/ha en la Montura, el área basal remanente es menor para la Montura con 21,75 m<sup>2</sup>/ha en comparación a la Legua que fue de 27,27 m<sup>2</sup>/ha (Cuadro 2); situación que es significativamente relevante en las tasas de crecimiento para cada bosque, ya que el criterio de reducción de la densidad es un elemento que puede ensombrecer el efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales si la disminución del área basal es muy baja.

Cuadro2. Número de árboles y área basal remanente en el aprovechamiento por PPM en cada sitio. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

Sitio	La legua	La Montura
Area basal		
Antes (m <sup>2</sup> /ha)	29,05	29,77
Después (m <sup>2</sup> /ha)	27,27	21,72
Diferencia (m <sup>2</sup> /ha)	1,78	8,04
Diferencia (%)	<b>6</b>	<b>27</b>
<b>Nº de individuos</b>		
Antes (Nº/ha)	286	406
Después (Nº/ha)	276	322
Diferencia (Nº/ha)	10	84
<b>Diferencia (%)</b>	<b>4</b>	<b>21</b>

En ambos casos las PPM fueron establecidas antes del aprovechamiento forestal, representando en las figuras como el año cero; partiendo de este momento se observa para cada una de las curvas una pendiente negativa producto de la disminución de individuos en los primeros cuatro años de observaciones (aprovechamiento, mortalidad y tratamientos silviculturales), seguidamente las curvas presentan pendientes positivas hasta los ocho años, las que se tornan más horizontales en edades superiores. Para el número de individuos por hectárea mayores a 10 cm de dap (Figura 1), la Legua -dos años después- llega a superar el valor inicial de 286 individuos/ha en 5 árboles/ha, ya que alcanzó los 291 individuos/ha, pero, a los once años de observaciones presentó 38 individuos/ha más que en el año inicial. La Montura superó el número de árboles iniciales (406 individuos/ha) a los cinco años de observaciones con 411 individuos/ha. No obstante, el número de individuos por hectárea como indicador de recuperación del bosque no es un buen criterio para la toma de decisiones con respecto a la posibilidad de una nueva intervención forestal, ya que es necesario conocer como se recuperan las clases diamétricas mayores a 60 cm (DMC), que son las clases cosechables.

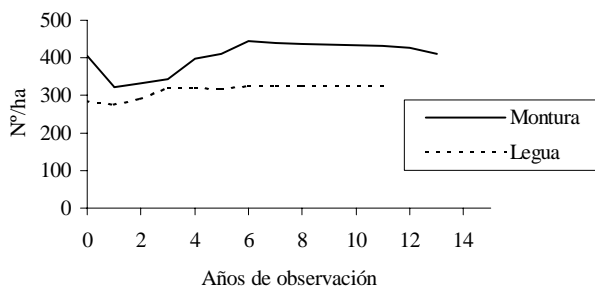


Figura 1. Número de árboles por hectárea para cada sitio durante el período de mediciones. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

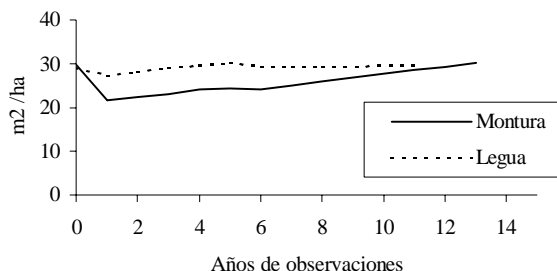


Figura 2. Área basal por hectárea para cada sitio durante el período de observaciones. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

El área basal por hectárea para los árboles mayores a los 10 cm de dap (Figura 2), en La Legua llega a superar con  $0,05 \text{ m}^2/\text{ha}$  a los tres años ( $29,10 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) el área basal antes del aprovechamiento con  $29,05 \text{ m}^2/\text{ha}$ . La montura con  $30,22 \text{ m}^2/\text{ha}$  a los trece años de observaciones es capaz de superar a los  $29,77 \text{ m}^2/\text{ha}$  de área basal inicial. De manera general, se observa que ambos bosques son capaces de recuperar los valores iniciales del área basal aún antes de los 15 años, fijado como ciclo de corta; no obstante, este parámetro es incompleto si no se analiza lo que pasa en las clases mayores al diámetro mínimo de corta, ya que estos son los tamaños comerciales de los árboles que busca la industria.

Producción del volumen comercial y del número de individuos a partir del diámetro mínimo de corta para nuevas intervenciones

El volumen de corta permisible se calcula con base en el potencial del bosque para producir en forma sostenida la madera de las especies y calidades requeridas por el mercado (Louman *et al.* 2006), por lo que, la definición del ciclo de corta estará ligada a la capacidad productiva de cada bosque en particular a partir de un diámetro mínimo de corta (DMC), dando como resultado diferentes ciclos de corta y diferentes tasas de cosecha de acuerdo a las características productivas de cada tipo de bosque. El volumen comercial y el número de individuos relacionados a ese volumen, son dos de los parámetros más importantes para la definición de la nueva tasa de cosecha, ya que definen la cantidad de madera comercial disponible en cada momento, que aunado al principio precautorio de cosechar sólo lo que el bosque es capaz de producir o crecer después del aprovechamiento, serán la base técnica para definir con mayor claridad la nueva intervención forestal, aunque es claro que la capacidad de recuperar valores aceptables de la biodiversidad y la composición florística presentes antes del aprovechamiento son elementos fundamentales para precisar un ciclo de corta más sostenible. Es por esto, que si tanto el principio de cosechar solo lo que crece el bosque a partir del DMC o de esperar que el bosque iguale el volumen comercial presente antes del aprovechamiento, son parte de las principales normas de sostenibilidad; entonces, a partir de los 60 cm de dap, La Legua está cumpliendo con la segunda norma a los nueve años después del aprovechamiento, con  $52,83 \text{ m}^3/\text{ha}$  que supera en  $5,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  al volumen presente antes del aprovechamiento ( $47,14 \text{ m}^3/\text{ha}$ ); La Montura es capaz de cumplir con la medida a los

once años con 32,59 m<sup>3</sup>/ha en comparación de los 30,82 m<sup>3</sup>/ha del año inicial (Figura 3). Lo que sugiere, una mayor disponibilidad de volumen comercial para una nueva cosecha.

Para el número de árboles disponibles en nuevas intervenciones (Figura 4), se observa que a los once años después del aprovechamiento ambos sitios han igualado o superado el número de individuos iniciales. La Montura es capaz de superar los 15 individuos/ha a los nueve años de observaciones; la Legua lo logra a los once años con diez árboles/ha.

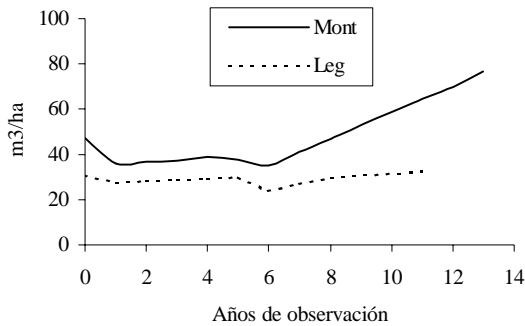


Figura 3. Volumen comercial a partir del DMC para cada sitio. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

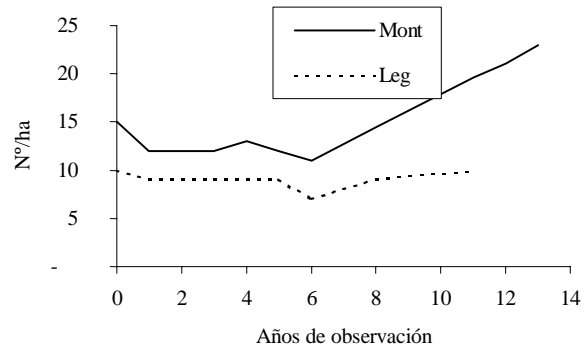


Figura 4. Número de árboles comerciales a partir del DMC para cada sitio. Región Huetar Norte y Atlántica. Costa Rica.

### Efecto de la aplicación de tratamientos silviculturales en la producción forestal para nuevas intervenciones

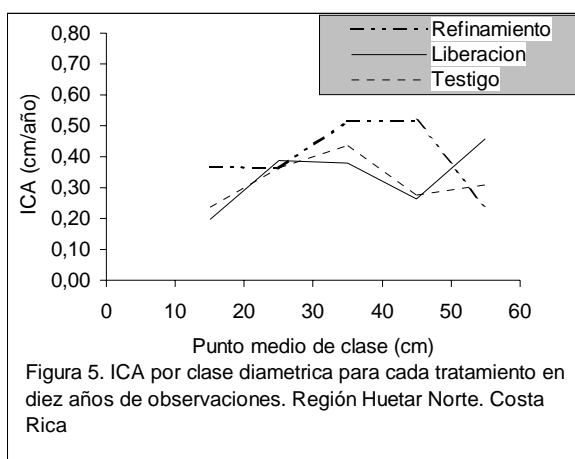
La clave de la producción forestal según Wadsworth (2000) no se debe centrar en el ecosistema, sino en el crecimiento del árbol, ya que en la medida en que se favorezca el incremento de los mismos, también se contribuirá con el crecimiento del bosque. Por lo que para fijar nuevas tasas de cosecha de árboles o ciclos de corta no deberán aceptarse –entre otras cosas- el crecimiento natural mostrado por el bosque, ya que con intervenciones silviculturales será posible reducir aún más la rotación natural de cosecha. La liberación, como ejemplo, ha triplicado el crecimiento en árboles individuales en Puerto Rico (Wadsworth, 2000); por lo que, la dasonomía tropical sostenible podría convertirse en una herramienta para ayudar a salvaguardar los bosques en las próximas décadas (Hartshorn 2002) y si las oportunidades están en un mejor uso de la masa forestal para producción de madera, la silvicultura será una estrategia importante para mantener y aprovechar esas oportunidades (Louman 2001). No obstante, para la definición de una nueva cosecha forestal, es necesario comprender que la productividad es propia para cada tipo de bosque y que la definición del ciclo de corta, estará sujeta a una serie de características que diferencian a un tipo de bosque con respecto a otro, por lo que no se debería de hablar de un “único” ciclo de corta para todos los tipos de bosque, que es fijado en la mayoría de los casos por leyes, sino el ciclo de corta definido por las características propias en cada caso; tales como: dominancia de las especies comerciales, suelo, clima, entre otras.

En este estudio fue necesario trabajar con los individuos de las clases que van de 10cm de dap o más, ya que el futuro de los árboles con estos tamaños es mucho más seguro que el de aquellos con menor diámetro, que son considerados como “regeneración no establecida”. Por otro lado, los árboles mayores a 60cm son eliminados, ya que resulta poco probable esperar que con el lento crecimiento de los árboles mostrado por estos ecosistemas se trate de producir árboles superiores a este diámetro. Por ello, para determinar la importancia de la aplicación de tratamientos silviculturales se identificó la Finca San Jorge, que en el año 1992 sufrió un aprovechamiento mejorado. Posteriormente, en el año 1993, se aplicaron tratamientos silviculturales, los que consistieron en una Liberación, un Refinamiento y el Testigo, con repeticiones cada uno.

### Crecimiento diamétrico por tratamiento

El crecimiento de un árbol es su aumento en tamaño durante el tiempo, que se puede expresar en términos del diámetro, altura, área basal o volumen y es el principal proceso que se busca influir con la silvicultura, pues conlleva al producto deseado: madera de ciertas dimensiones y de cierta calidad (Louman *et al* 2001), además se busca potencializar el crecimiento de las especies de mayor interés comercial. Al evaluar el crecimiento, por tipo de tratamiento, no se observaron diferencias significativas ( $P = 0,5256$ ) para ninguno de los períodos de evaluación. Lo que sugiere que el efecto del aprovechamiento mejorado, por sí solo, provocó un impacto equivalente sobre el crecimiento del total de las especies en el bosque, como el efecto combinado del tratamiento y el aprovechamiento, ensombreciendo así, el peso que deberían tener los tratamientos silviculturales como catalizadores del desarrollo del bosque, o bien que la reducción del área basal no fue similar para todos los sitios como para diferenciar la aplicación de los tratamientos, en donde esta reducción podría tener un peso mayor que la aplicación de los tratamientos sobre las tasas de crecimiento mostradas por los bosques.

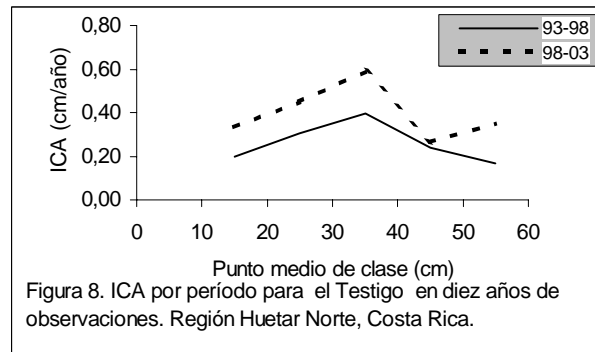
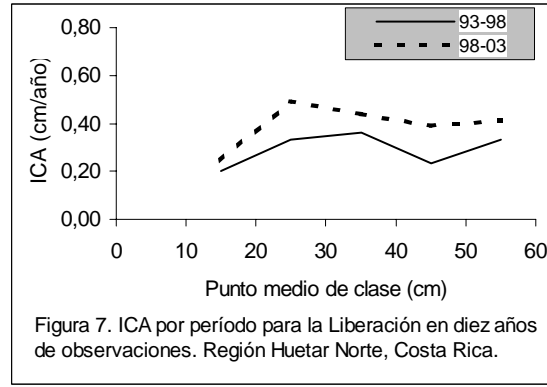
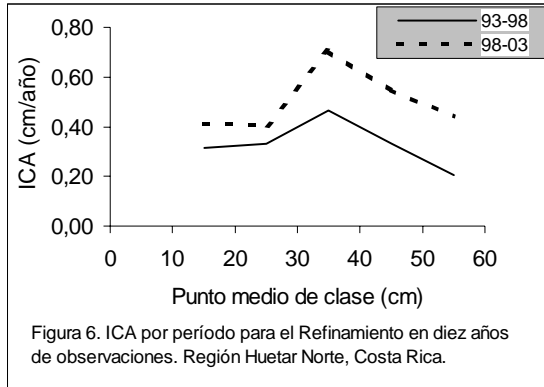
Al analizar el comportamiento de los ICA por tratamiento para el bosque en su conjunto, basta observar en la Figura 5 que las curvas muestran una pendiente positiva hasta las clases que van de 20 cm a los 39,9 cm de diámetro; a partir de este tamaño las curvas tienden a presentar pendientes negativas. Respecto a lo anterior se desprende que el Refinamiento presenta la curva más alta con respecto a las curvas de la Liberación y la del Testigo, que muestran los menores ICA por clase diamétrica. El ICA máximo durante los diez años de observaciones para el bosque en su conjunto es alcanzado primeramente por el Testigo en la clase de 30 a 39,9 cm con 0,44 cm/año, le sigue el Refinamiento con 0,52 cm/año en la clase de 40 a 49,9 cm y por último la Liberación con 0,46 cm/año en la clase de 50 a 59,9 cm.



### Evaluación del crecimiento diamétrico entre dos periodos de evaluación

Es recomendable pensar que el crecimiento de los árboles después del aprovechamiento no será el mismo durante el nuevo ciclo de corta. Es así como Primack *et al.* 1985, Sánchez 1995, Silva *et al.* 1995, citados por Camacho y Finegan (1997) han demostrado que después de un cierto tiempo, que puede ser tan corto como tres años, el incremento declina a medida que el dosel se cierra. En contraste, es necesario destacar que después del aprovechamiento las condiciones de sitio pueden variar a favor o en contra según gremio el ecológico, es así como puede mejorar para el grupo de las heliófitas, que necesitan claros para crecer. Debido a que con la formación de claros en el dosel se dan las condiciones necesarias para el establecimiento de especies de rápido crecimiento que contribuyen con mayores incrementos a favor del último de período de evaluación.





Para este caso, el período de observaciones que comprende los diez años de mediciones (1993 a 2003) se analizó en dos períodos: a) un primer período que va desde el año uno después del aprovechamiento hasta el año cinco (1993 a 1998) y b) un segundo período que comprende desde el año seis hasta el año diez después del aprovechamiento (1999 al 2003). El análisis de varianza indicó que existen diferencias significativas del ICA, por clase diamétrica, entre el período uno con respecto al período dos ( $P = 0,0131$ ), sin importar el tipo de tratamiento; destacándose el segundo período como el de mayor crecimiento diamétrico. Con relación a la división en dos períodos, se observó (Figuras 6, 7 y 8) que el segundo período presentó una curva que se encuentra –siempre– por encima de la curva del primer período, con máximas diferencias entre los ICA de las clases que van de 20 cm a 39,9 cm de diámetro. Para el caso del Refinamiento, esta diferencia entre los ICA se da en la clase que va de 30 a 39,9 cm que reportó 0,24 cm/año más que en el período uno. En la Liberación la máxima diferencia se da en la clase de 20 cm a 29,9 cm que presentó 0,16 cm/año más que el período uno y en el caso del Testigo la mayor diferencia a favor del período dos se consiguió en la clase diamétrica que va de 30 cm a 39,9 cm con 0,19 cm/año. Estas máximas diferencias entre períodos corresponden al ICA máximo del período dos para cada tratamiento. Con base a lo anterior, los individuos en el Refinamiento son los primeros en alcanzar el “ICA máximo” con 0,49 cm/año en la clase de 20 cm a 29,9 cm, le siguen la Liberación y el Testigo, con 0,70 cm/año y 0,59 cm/año, respectivamente, ambos tratamientos lo logran en la clase de 30 cm a 39,9 cm.

#### Crecimiento diamétrico por posición de copa

La posición de desventaja de un árbol se determina observando la copa, puede ser que esté a la sombra de otro árbol o que las copas de otros árboles compiten por la luz (Quirós 2001), donde la disminución de la luz provoca la supresión de árboles (Wadsworth 2000), que varía de acuerdo a espacios reducidos en el sentido horizontal y a la estructura del rodal, la cual a su vez depende del tipo de bosque y de la fase de desarrollo en que se encuentre (Lamprecht 1990). En este aspecto, se analizó en el año 1996 (4 años después del aprovechamiento) la posición de copa para cada individuo en todas las PPM de acuerdo a: 1) Copa completamente liberada con insolación vertical y lateral; 2) Copa liberada con insolación vertical; 3) Copa con insolación parcialmente vertical; 4) Copa con insolación únicamente

lateral y 5) Copa sin insolación. Se agruparon los copa uno y copa dos en C1, los copa tres en C3 y los copa cuatro y cinco en C4; para el promedio de todas las PPM se comprobó la presencia de 219 árboles/ha en la posición de C1; 130 árboles/ha en la posición de C3; y en la posición C4 se encontraron 152 árboles/ha, indicando que el 44% de los individuos por hectárea se encuentran creciendo en buenas condiciones de iluminación.

Los árboles C1, presentaron los mayores ICA con relación a los mostrados por los C3 y C4, y, que para algunas clases diamétricas la diferencia entre los iCA alcanzan a ser relativamente grandes (Cuadro 3), como por ejemplo: la que va de 30 cm a 39,9 cm, donde los C1 (0,51 cm/año) crecen 0,28 cm/año más que los C3 (0,23 cm/año) y 0,34 cm/año más que los C4 (0,17 cm/año). Mostrándose, las mayores diferencias observadas de los ICA entre los individuos C1 y los C4. Por otra parte, al evaluar el tiempo que le demanda al árbol promedio por clase diamétrica llegar al límite inferior de la siguiente clase (llamado tiempos de paso) se determinó que los C1 tardan alrededor de 139 años en pasar de la clase de 10 cm hasta los 59,9 cm de diámetro, fijado como diámetro mínimo de corta; a pesar de esto, es importante mencionar que este valor es sólo una aproximación y que debe tomarse con cierta reserva, ya que un valor mas ajustado a la realidad sería el que se pueda obtener a partir de la agrupación de las especies por grupo comercial, que son al fin los individuos promovidos por los tratamientos silviculturales, siendo este el dato más realista y que se acercaría al verdadero potencial de crecimiento de los árboles tratados. Con respecto a lo anterior, es necesario recalcar que los C1 necesitaran 77 años para llegar a la clase de 30 a 39, 9cm; esto es 33 años menos que para los C3 (110 años) y 74 años menos que los C4 (151 años), estas diferencias son las que sustentan la filosofía de la aplicación de tratamientos y de la manipulación de la masa forestal en procura de mejorar las condiciones de iluminación de los individuos.

Cuadro 3. Tiempos de paso y edades acumuladas por posición de copa. Región Huetar Norte. Costa Rica.

Punto medio de clase (cm)	Posición de copa								
	C1 (C1 y C2)			C3			C4 (C4 y C5)		
	ICA (cm/año)	Tiempos de paso (años)	Edad acumulada (años)	ICA (cm/año)	Tiempos de paso (años)	Edad acumulada (años)	ICA (cm/año)	Tiempos de paso (años)	Edad acumulada (años)
15	0,30	32,80		0,24	40,92		0,20	49,26	
25	0,41	24,64	57,44	0,38	26,32	67,24	0,23	43,92	93,18
35	0,51	19,70	77,13	0,23	43,10	110,34	0,17	58,25	151,43
45	0,39	25,54	102,67	0,23	44,12	154,46			
55	0,27	36,42	139,10						

### Manejo de la densidad del rodal y su efecto en la producción forestal en nuevas cosechas

#### Crecimiento bruto

Como ya se mencionó no se encontraron diferencias significativas de los ICA por tipo de tratamiento. Por lo que cabe la necesidad de analizar la producción forestal de acuerdo al manejo de la densidad para cada PPM. Para lo que se asigno a cada PPM su correspondiente código de acuerdo con: a) Testigo, parcelas 1 y 2 (T1 y T2); b) Refinamiento, parcelas 3, 4, 5 y 6 (R3, R4, R5 y R6); y c) Liberación, parcelas 7, 8 y 9 (L7, L8 y L9). Las parcelas tratadas muestran una producción bruta periódica del área basal (PBP) igual o mayor que las parcelas testigo (Figura 9), a partir de 10 cm dap; sin embargo, las de Liberación presentaron un mayor valor promedio con 7,75 m<sup>2</sup>/ha, en comparación al resto de los tratamientos, con 6,83 m<sup>2</sup>/ha en el Refinamiento y 6,73 m<sup>2</sup>/ha en el Testigo, que significa cerca de un metro cuadrado más de área basal durante los diez años de observaciones.

La PBP para todos los tratamientos ( $7,16 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) representa en promedio más del 294% ( $5,26 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) si se compara a la tasa de cosecha  $1,89 \text{ m}^2/\text{ha}$  para el bosque en estudio, que se aprovechó durante la primera intervención, esto a partir de un diámetro mínimo corta. Al sumar el área basal removida por los tratamientos, con la cosechada e impacta por el aprovechamiento (total de área basal impactada), esta llega alcanzar unos  $4,18 \text{ m}^2/\text{ha}$ , que sigue siendo menor a la PBP promedio para todos los tratamientos que la supera en  $2,98 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Al comparar las tasas de cosecha con el PBP por tratamiento, se observó que L8 con  $9,41 \text{ m}^2/\text{ha}$  es cinco veces mayor que el área basal removida por la cosecha ( $1,89 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) y dos veces mayor que el total de área basal impactada, siendo este el mejor de los casos. En contraste, el peor de los casos (T1) llegó a superar levemente con  $1,38 \text{ m}^2/\text{ha}$  al total del área basal impactada (Figura 9).

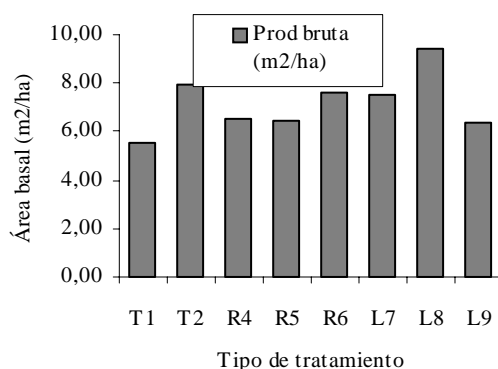


Figura 9. Producción bruta periódica de área basal por tipo de tratamiento en once años de mediciones. Región Huetar Norte, Costa Rica.

La PBP capaz de producirse a partir del área basal remanente después del aprovechamiento por los tratamientos con áreas básicas menores a los  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  (T1, T2, R6 y L8) muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos con áreas básicas superiores a los  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  (R4, R5, L7 y L9) para una  $P = 0,0168$ . Así, en promedio, el grupo con menos de  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  es capaz de producir  $7,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ , en contraste el grupo de tratamientos con áreas básicas mayores a  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  solamente será capaz de producir  $6,7 \text{ m}^2/\text{ha}$  en un período de diez años de observaciones, lo que representa  $0,9 \text{ m}^2/\text{ha}$  más para los tratamientos con menos de  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Esto implica que la mayor producción forestal se encontró por debajo de los  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$ . El tratamiento con la mayor área basal inicial de  $25,92 \text{ m}^2/\text{ha}$  (R4) es el que presenta la menor capacidad de PBP con apenas un 25% ( $6,49 \text{ m}^2/\text{ha}$ ), mientras que el mejor tratamiento (L8) es capaz de producir el 51,1% que corresponde a  $9,41 \text{ m}^2/\text{ha}$  de los  $18,43 \text{ m}^2/\text{ha}$  reportados después del aprovechamiento (Cuadro 4). Por otra parte, al evaluar el porcentaje de PBP con respecto al área basal del año inicial (1992); no se observaron mayores diferencias entre las parcelas tratadas y las parcelas testigo; donde en promedio para todos los tratamientos es capaz de producir un 36,0% de los valores iniciales de área basal equivalentes a  $7,16 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

Cuadro 4. PBP del área basal con respecto al año de aprovechamiento (1992). Finca San Jorge, Región Huetar Norte. Costa Rica.

Parcela	Tratamiento	Área basal Inicial ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	PBP (%)	PBP <sup>1</sup> ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )
1	T1	16,89	32,9	5,56
2	T2	17,77	44,4	7,90
4	R4	25,92	25,1	6,49
5	R5	21,02	30,8	6,48
6	R6	17,98	42,5	7,64
7	L7	22,91	32,7	7,50
8	L8	18,43	51,1	9,41
9	L9	22,20	28,5	6,33
	<b>Promedio</b>	<b>20,39</b>	<b>36,0</b>	<b>7,16</b>

<sup>1</sup>: Producción bruta de área basal para el período de once años de observaciones

Sin embargo, el manejo silvicultural en este bosque busca obtener mayores volúmenes de especies forestales comerciales; por lo que, al evaluar la importancia que tienen las especies comerciales en la PBP (Cuadro 5) se obtuvo que el Refinamiento presentó los mayores valores de producción del área basal de especies aceptables y deseables (comercial) que oscilan entre el 49% y el 61% de la PBP total –que incluye no comerciales y palmas-, tratamiento que es capaz de producir más de la mitad de la PBP total en área basal comercial. En el caso del Testigo y la Liberación, ambos tratamientos llegan a obtener valores similares al 30% de la PBP total en área basal comercial, que están por debajo de los obtenidos en el Refinamiento.

Cuadro 5. Producción bruta periódica del área basal por grupo de interés comercial y por tratamiento. Finca San Jorge, Región Huetar Norte. Costa Rica.

Tratamiento /grupo	Aceptables		Deseables		No comercial		Palmas	Vedadas	PBP total
	(m <sup>2</sup> /ha)	(%)	(m <sup>2</sup> /ha)	(%)	(m <sup>2</sup> /ha)	(%)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)
<b>T1</b>	1,47	26,4	0,33	5,98	3,42	61,63	0,33		5,56
<b>T2</b>	2,39	30,2	0,45	5,67	4,12	52,23	0,94		7,90
<b>R4</b>	3,69	56,9	0,38	5,91	1,63	25,14	0,75	0,04	6,49
<b>R5</b>	3,18	49,1	0,18	2,84	2,65	40,93	0,46		6,48
<b>R6</b>	4,69	61,4	0,23	3,04	2,04	26,77	0,67		7,64
<b>L7</b>	2,56	34,2	0,56	7,52	3,10	41,39	1,27		7,50
<b>L8</b>	3,05	32,4	0,56	5,95	5,14	54,61	0,66		9,41
<b>L9</b>	2,00	31,6	0,68	10,74	3,41	53,82	0,24		6,33

#### Crecimiento neto

Todo crecimiento implica un estado inicial mensurable y cambios en ese estado con el paso del tiempo (Louman *et al.* 2001), el crecimiento neto corresponde al valor de área basal del año del aprovechamiento (1992) y el último año de medición (2003). En promedio, los tratamientos crecieron 2,48 m<sup>2</sup>/ha con respecto al año inicial (Cuadro 6), durante los once años de mediciones, lo cual corresponde en un 36% (0,88 m<sup>2</sup>/ha) a especies comerciales. Nuevamente, el incremento neto promedio (5,74 m<sup>2</sup>/ha) de los tratamientos con las áreas basales iniciales menores (L8, T2 y R6) superaron en promedio con 5 m<sup>2</sup>/ha a los de áreas basales superiores a 20 m<sup>2</sup>/ha (R4, R5, L7 y L9) que obtuvieron 0,68 m<sup>2</sup>/ha. Lo implica una mayor recuperación del área basal en L8, T2 y R6, con incrementos netos de 7,30 m<sup>2</sup>/ha, 5,68 m<sup>2</sup>/ha y 4,24 m<sup>2</sup>/ha, respectivamente; además de una mayor disponibilidad de volumen para nuevas intervenciones.

Cuadro 6. Incremento neto del área basal por tratamiento once años después del aprovechamiento. Finca San Jorge, Región Huetar Norte. Costa Rica.

Tratamiento	Aprovechamiento (1992)	Última medición (2003)	Incremento neto (m <sup>2</sup> /ha)
	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)		
<b>T1</b>	16,89	16,78	-0,10
<b>T2</b>	17,77	23,45	5,68
<b>R4</b>	25,92	25,66	-0,26
<b>R5</b>	21,02	23,10	2,08
<b>R6</b>	17,98	22,23	4,24
<b>L7</b>	22,91	25,21	2,30
<b>L8</b>	18,43	25,74	7,30
<b>L9</b>	22,20	20,80	-1,39
<b>Promedio</b>	<b>20,39</b>	<b>22,87</b>	<b>2,48</b>

#### CONCLUSIONES

- La Legua supera los 47,14 m<sup>3</sup>/ha de volumen comercial inicial (antes del aprovechamiento) nueve años después del aprovechamiento con 52,83 m<sup>3</sup>/ha; La Montura lo logra a los once años con 32,59 m<sup>3</sup>/ha a los 30,82 m<sup>3</sup>/ha del año inicial.

- Al evaluar el incremento corriente anual por tipo de tratamiento, no se observaron diferencias significativas ( $P = 0,5256$ ) para ninguno de los períodos de evaluación.
- El análisis de varianza indicó que existen diferencias significativas del ICA por clase diamétrica, entre el período que va de 1993 a 1998, con respecto al que va de 1998 al 2003 ( $P = 0,0131$ ), sin importar el tipo de tratamiento; destacándose el segundo período como el de mayor crecimiento diamétrico.
- Los árboles C1 (copa 1 y 2), presentaron los mayores ICA con relación a los mostrados por árboles C3 (copa 3) y los C4 (copa 4 y 5), donde para algunas clases diamétricas la diferencia -entre los iCA- llega a ser relativamente grande.
- Los tratamientos con áreas basales menores a  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  (L8, T2 y R6) muestran diferencias significativas con respecto a los que presentaron áreas basales superiores a  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  (R4, R5, L7 y L9) con una  $P = 0,0168$ .
- La mayor producción forestal se encuentra por debajo de los  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$  de área basal, ya que en promedio la PBP de este grupo de tratamientos sobrepasó en  $0,9 \text{ m}^2/\text{ha}$  al de áreas basales superiores a  $20 \text{ m}^2/\text{ha}$ , de igual forma su incremento neto superó en promedio con  $5 \text{ m}^2/\text{ha}$  al de estos últimos.
- La definición de una nueva cosecha con base en el principio de cosechar hasta que los volúmenes se igualen a los que se tenían antes del aprovechamiento, estará ligada a la capacidad productiva de cada bosque en particular, dando como resultado diferentes ciclos de corta y diferentes tasas de cosechas de acuerdo al tipo de bosque.

## BIBLIOGRAFÍA

Camacho, M; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del Noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 54.

Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los tropicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y método para un aprovechamiento sostenido. Trad. A. Carrillo. DE, GTZ. 335 p.

Louman, B. 2001. Sistemas silviculturales *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 79-130 (Serie técnica manual técnico N° 46)

Louman, B; Valerio, J; Jiménez, W. 2001. Bases ecológicas *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 19-78 (Serie técnica manual técnico N° 46)

Méndez, J; Solano, G. 1998. Estructura horizontal de bosques húmedos tropicales, en la Zona Norte de Costa Rica. Ciudad Quesada, CR, CODEFORSA. 27 p. (Colección Técnica de Manejo de Bosque Natural no. 14).

Moscovich, F. 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal. INTA. Montecarlo-Misiones, Argentina. 39 p. (Informe Técnico N° 55).

Quirós, D. Tratamientos silviculturales *In* Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. Turrialba, CR, CATIE. p. 131-155 (Serie técnica manual técnico N° 46)

Wadsworth, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Washington, DC. 563 p.

Hartshorn, G. 2003. La importancia de manejar los bosques tropicales en América Latina *In* Memoria especies Forestales Nativas. INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 156 pp.