

## Influencia del manejo silvicultural en la producción de madera rolliza y leña de *Eucalyptus camaldulensis*: estudios de casos de 17 plantaciones bajo sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua

Nieto Margarita\*; Villalobos Roger\*\*; Escobedo Adriana\*\*; Johnson Andrea\*\*; Soto Iván\*\* y Paredes Daniel\*\*

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León)

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Docente departamento de Biología

e-mail: margarita.nieto@catie.ac.cr

<sup>2</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

e-mail: www.catie.ac.cr

Recibido: 30/04/2016

Aceptado: 20/06/2016

### Resumen

En el presente estudio se analiza el manejo de las plantaciones de eucalipto dado por los productores. La investigación inicio en el 2013 por el proyecto Finnfor el cual estableció 17 parcelas permanentes de monitoreo agrupados en 4 categorías en función del potencial de producción de madera en rollo. Se dio seguimiento a las mismas variables crecimiento, aprovechamiento y sanidad, además del desempeño de las parcelas y posibles enseñanzas de las parcelas. Entre los resultados obtenidos están que el primer aprovechamiento se da a los 3 años (alfajillas y algunas soleras) posteriormente realizan el manejo de los rebrotes y ralean cada 6 u 8 meses. Éste es selectivo (2 a 3 cortes/año) o tala rasa (4 o 6 años) y todos los años le dan mantenimiento a la propiedad (plantación). El crecimiento, altura, diámetro y área basal estuvo dentro de los rangos citados por la literatura. En base a las entrevistas aplicadas a los productores y al análisis financiero, la corta selectiva es más efectiva y rentable. El mayor volumen (medición 2015) registrado fue la parcela número 13 con 51 m<sup>3</sup>/ha en la que se manejaban 2 rebrotes/tocón y la altura promedio de los tocones osciló entre los 5 cm y 17 cm.

**Palabras claves:** Plantaciones, Crecimiento, rebrotes, *Eucalyptus camaldulensis*.

### Abstract

The present study analyzes the management of eucalyptus plantations given by the producers. The research started in 2013 by the Finnfor project which established 17 permanent monitoring plots grouped into 4 categories based on the potential for production of roundwood. The same growth, utilization and sanitation variables were followed up, as well as the performance of the plots and possible lessons from the plots. Among the results obtained are that the first use is given at 3 years (alfajillas and some soleras) later manage the regrowth and thin each 6 or 8 months. This is selective (2 to 3 cuts / year) or clear cut (4 or 6 years) and every year they give maintenance to the property (plantation). The growth, height, diameter and basal area were within the ranges cited by the literature. Based on interviews with producers and financial analysis, selective cutting is more effective and profitable. The largest volume (measured in 2015) was plot 13 with 51 m<sup>3</sup> / ha in which 2 shoots / stump were handled and the average height of the stumps ranged between 5 cm and 17 cm.

**Keywords:** Plantations, Growth, Outbreaks, *Eucalyptus camaldulensis*.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que Nicaragua cuenta con aproximadamente 6.2 millones de hectáreas de vocación forestal (53 % del territorio nacional), actualmente solo 3.2 millones de hectáreas corresponden a bosques y barbechos forestales y la tasa anual de deforestación que se reporta a nivel nacional es 50/ha/año, mientras el área reforestada alcanza aproximadamente 75 mil hectáreas en los últimos 10 o 15 años. Aunque este último dato no es preciso, ya que no existe un inventario de plantaciones ni planes de manejo sistematizados (Fundación Desarrollo Integral Asociado 2008).

Las plantaciones de eucalipto establecidas en el Occidente de Nicaragua tenían como finalidad mitigar el proceso de degradación (Fundación Desarrollo Integral Asociado 2008). Los municipios que presentaban este tipo de situación eran principalmente León, Chinandega, Managua, Carazo y Rivas todos con escaso desarrollo forestal y biodiversidad. Según Álvarez (2000), en los departamentos de León y Chinandega se reforestaron 8231 ha de eucalipto en bloques compactos de y 900 m lineales de cortinas rompe vientos (establecidas en las partes altas, medias y bajas de las microcuencas Cristo Rey, Los Portillos y Las Colinas). Los proyectos financiadores son Los Maribios (FAO/Holanda), Ingenio San Antonio de Chinandega, Pro-Casitas y Cuenta Reto del milenio, todos ejecutados en un periodo de 22 años (1989-2011).

El eucalipto fue una de las especies seleccionadas para reforestar por su versatilidad, su importancia recae en sus múltiples usos, esto lo hace un árbol único desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial, su sostenibilidad social y su rentabilidad económica (Ence 2009).

Vignote *et al.* (sf), señala algunos tratamientos silviculturales posterior al establecimiento, entre ellas las más relevantes son: los turnos de cosecha, marco de plantación, podas, riego y sanidad de las masas forestales. Estos varían de acuerdo con el tipo de producto que se desee obtener y las consideraciones técnicas, ecológicas, económicas y financieras.

En el 2013 el proyecto Finnfor creó 17 parcelas permanentes de monitoreo en Cristo Rey, Quezalguaque con la finalidad de sistematizar el manejo de los productores para ellos se clasificaron cuatro categorías de manejo representativas de la comunidad con el propósito de identificar las técnicas silviculturales más eficientes que incrementan la producción de madera rolliza y leña proveniente de *Eucalyptus camaldulensis* bajo manejo de rebrotes. También, el proyecto se ha orientado en el manejo sostenible de las plantaciones y ha invertido en el desarrollo de las capacidades de los comunitarios en aspectos de manejo silvicultural y enfoque de cadena.

Lo anterior, es fundamental ya que los bosques bajo aprovechamiento y las plantaciones son las principales fuentes de madera en el país, estos ofrecen servicios ecosistémicos y generan ingresos. Por lo tanto, mientras más rentable sean serán conservados como un modo de vida y además las áreas plantadas podrían llegar a aumentar a nivel local y nacional.

## METODOLOGÍA

### Descripción del área

La investigación se desarrolló en la Comunidad Cristo Rey perteneciente al municipio de Quezalguaque, departamento de León, Nicaragua. Se encuentra localizada a 118 km de Managua y 15 km al Norte de la ciudad de León (INIDE/MAGFOR 2013)

La comunidad de Cristo Rey es una de las zonas de acción desde el 2013 del proyecto Finnfor/CATIE (Bosques y Manejo Forestal en América Central/Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Ha apoyado a los productores en el manejo forestal sostenible con enfoque de cadena y en la legalización de las plantaciones. Además, ha invertido, también, en la mejora del capital humano y natural de la comunidad.

La zona en estudio tiene una precipitación promedio anual de 1827 mm con valores mínimos de 1200 mm/año y máximos de 2492 mm/año. Cuenta con dos estaciones bien marcadas: el periodo de lluvia denominado "invierno", desde mediados de mayo o inicios de junio, hasta finales de octubre o inicios de noviembre; y el periodo seco denominado "verano", que se prolonga de noviembre a mayo. La temperatura media absoluta es de 39°C, con máximos de 42 °C y mínimos de 38 °C. La temperatura media es de 27 °C, con máximos de 28.9 °C y mínimas de 26 °C. La humedad relativa media anual es de 76 % las cifras máximas y alrededor de 86 % para el mes de

octubre y mínimos de 67 % para el mes de abril. Los vientos predominantes son de 1.8 m/s cuyos flujos van en dirección Este-Noreste de noviembre a agosto, con excepción de los meses de septiembre y octubre en los cuales se manifiesta un predominio con flujos del Sureste en toda la zona del pacífico (Magfor/Ineter 2010). Las clases de suelos van desde francos profundos a arcillosos tipos vertisoles; superficiales y pedregosos (MAGFOR *et al.* 2005). Las condiciones topográficas (>50%) hacen que la parte alta de la cuenca 69 sea apropiada para bosques de conservación.

Estas áreas son aptas, también, para la producción de maderas finas y de uso energético. La zona se caracteriza por periodos prolongados de sequía con afectación en el establecimiento de las plantaciones forestales y agrícolas. En el municipio de Quezalguaque el sector agropecuario ocupa un 73% del territorio (MARENA 2010). Sin embargo, este municipio posee suelos con vocación forestal que presentan características para una explotación forestal intensiva, producción energética, conservación y protección de laderas con severas pendientes con marcados riesgos de deslaves y erosión (Lezama 2008).

### Definición y manejo de las parcelas de monitoreo

Para la recolección de la información en las plantaciones de *E. camaldulensis* se contó con 17 plantaciones (fincas o propiedades) o parcelas permanentes de medición (PPM), cada una con un área 1000 m<sup>2</sup> (0,1 ha) de forma rectangular (25m x 40m). Todas las PPM totalizan 1.7 ha del área total de las 17 plantaciones o fincas pertenecientes a 16 propietarios. Sin embargo, estas 17 plantaciones no representan la superficie total plantada con eucalipto en Cristo Rey, dado que se georreferenciaron las plantaciones para calcular el volumen que ofrece la comunidad.

El total de plantaciones de eucalipto que se registró fue de 296 ha (no se está incluyendo plantaciones mixtas, ni linderos o cercas vivas, ni plantaciones establecidas en el 2015). Las 17 PPM se clasificaron dentro de cuatro categorías de manejo representativas de la zona: 5 PPM en sistemas manejados en forma adecuada, 4 PPM en sistemas manejados de manera regular, 4 PPM en plantaciones manejadas de manera inadecuada para fines de producción de madera rolliza para construcciones rurales y 4 PPM en fincas de producción de madera rolliza con sistemas silvopastoriles (SSP); todas con características similares entre sí (Detlefsen 2013).

En la tabla 1, se exponen los elementos específicos del diseño de muestreo y las categorías de manejo establecidas en este estudio. A continuación, se describe las categorías asignadas con base en los parámetros anteriores:

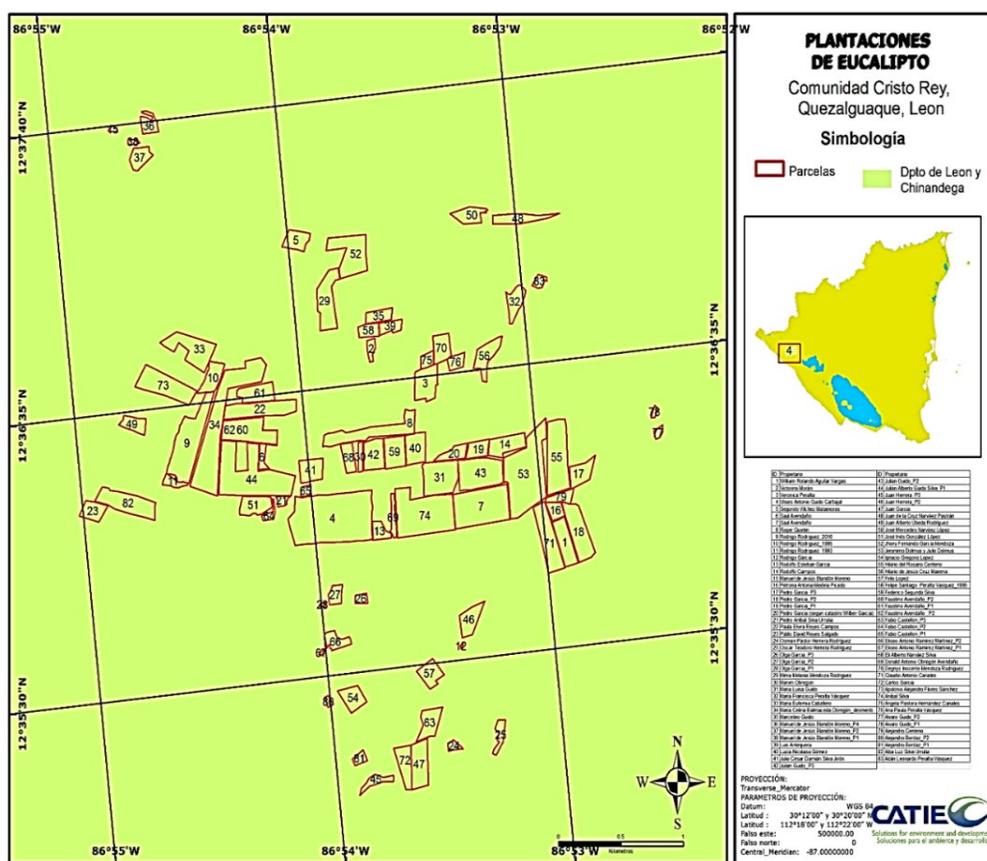
**Tabla 1.** Aspectos generales de las PPM en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* bajo manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua Fuente: (Detlefsen 2013).

Aspectos considerados	Categoría de manejo			
	Bueno	Regular	Malo	Madera rolliza con SSP
Limpieza del terreno (manejo de malezas)	Sí	Sí	No	Hace uso de pastoreo
Rondas cortafuegos en todo su perímetro	Sí	50 %	<50 %	Sí
Aprovechamiento con motosierra	Sí	Sí	No	Sí
Altura del tocón <0.3 m	Sí	No	No	Sí
Mayor porcentaje de fustes rectos y pocos bifurcados	Sí	Sí	No	Sí
Presencia de rebrotes que aseguren un próximo aprovechamiento	Sí	Sí	Baja presencia	Sí
Control de plagas	Sí	No	No	Sí
Mayor porcentaje destinado para madera en rollo que para leña	Sí	60/40	40/60	Sí
Combinación de plantación de eucalipto con pasturas	No	No	No	Sí

La clasificación de las categorías establecidas se fundamentó en el trabajo del proyecto Finnfor coordinado con los propietarios de las plantaciones. En conjunto acordaron que un buen manejo silvicultural para la producción de madera rolliza en plantaciones de *E. camaldulensis* conllevaría a lograr un tallo principal y/o rebrotes con las características para ser utilizado como materia prima para la construcción: pilares, soleras, alfajillas y varillas (Detlefsen 2013).

Las 17 propiedades donde están las PPM o estudios de casos suman 152 ha, de las cuales 87 ha están ocupadas por las plantaciones compactas de eucalipto, por lo tanto, la ocupación total de superficie plantada e inscrita ante el INAFOR con esta especie es de 57% del área de fincas o propiedades estudiadas. Las plantaciones oscilan entre 1 año y 26 años de edad.

De las 87 ha inscritas ante la ONRF-INAFOR se tienen bajo estudio 1,7 ha que la forman 17 unidades de registro o PPM (cada una con un área 1000 m<sup>2</sup> (0.1 ha) las parcelas tenían forma rectangular (25m × 40m), por lo tanto, en este estudio la intensidad de muestreo es de 1,95 % del área total bajo plantación con eucalipto en Cristo Rey. Ver la distribución en la figura 1.



**Figura 1.** Mapa de las plantaciones de eucalipto en Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua

La finalidad con la que se crearon las PPM y/o estudios de casos fue la generación de información que permitiera organizar el conocimiento de una manera lógica y estimar así el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones, como base para orientar el manejo sostenible (Marmillod 2012).

## Productos de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* en estudios de caso de 17 plantaciones bajo un sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua.

Las plantaciones de eucalipto ofrecen madera rolliza y leña, en el caso de madera en rollo los 7 productos que ofrecen son: varillas, varillón, alfajillas, soleras, tirantes, pilares y horcones, estos con dimensiones que oscilan entre los 4 a 30 y más cm de diámetro y de 2.3 a 9.0 m de largo. En el orden citado anteriormente se tienen las dimensiones diamétricas de cada producto, en donde las varillas y los varillones tienen menores diámetros y los pilares y horcones son las piezas que requieren de mayores diámetros, en este mismo orden se da el valor comercial, es decir, son más valiosas las alfajillas que las varillas y así sucesivamente.

En cuanto, a la leña se encontró que producen leña rajada y rolliza con dimensiones que van desde 5 a 30 cm de diámetro y de 0.35 a 3.0 m de largo utilizada para consumo general desde el hogar hasta hornos de cocción. También, se tiene el aprovechamiento de los denominados desperdicios que son piezas de dimensiones sin definir, cuyo uso principal es la producción de carbón y tortillerías.

La leña es la que se vende a menor precio comparado con las piezas para construcción, pero es el producto más fácilmente vendido, debido a que también es más demandado nacionalmente (Detlefsen 2013).

### Información recolectada

Es importante mencionar los criterios evaluados al momento de establecer las parcelas fueron: *volumen, condiciones de manejo y tipo de producto a extraer*.

Por esta razón, las PPM fueron establecidas en plantaciones con edades que oscilan entre los 5 y 26 años, y con variados fines de producción. En ellas se evaluaron las siguientes variables dasométricas a continuación se detallan (Detlefsen 2013):

- Número de árboles/ha: se determinó de acuerdo con la densidad de siembra dada originalmente al establecer la plantación.
- Número de rebrotes de árboles vivos/ha: consiste en los brotes que emergen de cada tocón ya sea que alcanzan la altura de medición (1.3 m) o no.
- Número de rebrotes de árboles cortados (denominados tocones)/ha: consiste en el número de brotes que emergen de cada tocón.
- Diámetro a la altura del pecho (dap): se midió a 1.30 m de la base del árbol.
- Altura en metros de los árboles y/o rebrotes: se hizo utilizando una vara calibrada en metros.
- Forma del fuste de los árboles y/o rebrotes: el puntaje fue determinado con base en lo observado (1=recto, 2=torcido, 3=Inclinado, 4= bifurcado, 5=enfermo).
- Sanidad del fuste de los árboles y/o rebrotes: el puntaje fue determinado con base en lo observado (1=podrido, 2=plagas, 3=incendio)
- Calidad del tocón: se evaluó en términos de cómo fue realizado el corte con moto sierra, con hacha o machete, y se calificó como bueno, regular y malo, esto en caso de que haya sido aprovechado un árbol en el pasado y existan rebrotes de un tocón.
- Sanidad del tocón: se evaluó si estaba podrido, con plagas y/o enfermedades.
- En el caso de las parcelas silvopastoriles: se cuantificó el área de sombra que proyecten los árboles al pasto, para ello se midió con una cinta métrica la sombra proyectada por la copa del árbol en sentido Norte-Sur y Este-Oeste.

Los resultados dasométricos y productivos obtenidos de las parcelas permitieron verificar la adecuada asignación de las parcelas a cada categoría de manejo y diferenciar aquellas prácticas de manejo que han incrementado los volúmenes de madera.

Las variables evaluadas para dar respuesta al objetivo del estudio fueron:

- Volumen: se utilizó para estimar el potencial productivo de la plantación considerando la madera rolliza y la leña. La unidad de medida fue  $m^3/ha$  y se obtuvo el volumen registrados en los años 2014 y 2015.
- Dap promedio: se determinó el dap promedio de la plantación en cm y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Dap mínimo: se determinó el dap mínimo de la plantación en cm y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Dap máximo: se determinó el dap máximo de la plantación en cm y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Altura promedio: se determinó la altura promedio de la plantación en m y se obtuvo para los registros del año 2015.

- Altura mínima: se determinó la altura mínima de la plantación en m y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Altura máxima: se determinó la altura máxima de la plantación en m y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Área basal: se determinó el área basal de la plantación en m<sup>2</sup>/ha y se obtuvo para los registros del año 2015.
- Estado de la plantación en las parcelas con sistemas silvopastoril: se evaluó de manera visual el estado de la plantación y del pasto y con los cálculos producto de las mediciones se obtuvo los volúmenes de madera presente en las plantaciones que incluyan el componente pasto y ganado.
- Estado de la sombra en las parcelas con sistemas silvopastoril: se evaluó la cobertura de sombra generada por la plantación.
- Condición de la pastura en las parcelas con sistemas silvopastoril: se evaluó de manera visual y se medirá la altura del pasto.
- Descripción de las prácticas de manejo aplicadas a la plantación desde su establecimiento en las diferentes categorías.

La medición de área basal del árbol y área de la copa de los árboles permitió evaluar la densidad de ocupación del árbol. Fue expresada en metros cuadrados por hectárea (m<sup>2</sup> /ha).

En cuanto al área basal a partir de ella, se programan las actividades de manejo (prescripción del rodal). El área basal/ha, es igual a la sumatoria del área del fuste de todos los árboles medidos a 1.30 m de altura (Vaidez 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se identificaron las mejores técnicas silviculturales que incrementan la producción de madera rolliza y leña. Por lo tanto, este apartado se enfoca en los resultados y análisis de estos aspectos:

- Prácticas silviculturales implementadas en las plantaciones
- Categorización del manejo que ejecutan los productores
- Productividad por unidad de área (m<sup>3</sup> o m<sup>2</sup> por hectárea)
- Potencialidades de producción
- Cuantificación y valoración de los tocones y rebrotes obtenidos y que son producto del sistema de manejo implementado
- Evaluación de los sistemas silvopastoriles (plantaciones de eucalipto en pasturas)
- Prácticas silviculturales implementadas en el manejo de las plantaciones en *Eucalyptus camaldulensis*

Las actividades silvícolas realizadas en las plantaciones se clasifican en pre y post establecimiento. En el presente trabajo se recolecto información de los productores por medio de entrevistas, la cual fue comparada con la información que se obtuvo de las parcelas. De las 17 plantaciones en estudio, el 100 % realiza chapoda o limpia del terreno, 12 % hacen destocoonado, 8 % desmatonado, 8 % alomillado de basura, 15 % quema de los rastrojos. El 15 % prepara el suelo con bueyes y rayado y el 85 % restante al momento de plantar solo realizan el hoyado y colocan la planta. El 15 % utilizó herbicida antes de haber establecido el pasto dentro de las plantaciones. Un 23 % fertilizan utilizando la fórmula completa 15N-15P-15K que va acompañado con urea durante o posterior al establecimiento, la dosis utilizada para una hectárea fue de 1.15 qq/ha de completo combinado con 1 qq urea.

Afirma Pozo (2005), que la fertilización es fundamental, pues la alta tasa de crecimiento y las cortas rotaciones provocan una captación muy alta de nutrientes del suelo. Esto se debe a que una plantación de eucalipto manejada intensivamente puede ser comparable a la de una cosecha agrícola y que las plantaciones jóvenes de *Eucalyptus camaldulensis* requieren fertilizarse con P y Ca, lo cual producirá notorios aumentos en el área foliar y una mayor producción de materia seca, pero estos efectos se anulan con la presencia de estrés hídrico.

En cuanto, al riego, el 30% de los productores entrevistados indicaron haber regado las plantas ya que no establecieron al inicio del invierno, reflejaron que el esfuerzo es mayor y se incurre en costos como el transporte del agua y mano de obra. La desventaja es que el crecimiento no es comparable con las plantaciones establecidas en época de lluvia (mayo-junio).

El 100% de los productores entrevistados utilizan las plantaciones con fines maderables y energéticos. El primer aprovechamiento lo realizan a los años 3 de edad. El número de aprovechamientos que han realizado los productores oscilan entre los 3 y 13 de acuerdo con la edad de la plantación.

En el estudio se cuenta con una parcela que no ha sido aprovechada, pero a la cual se le ha estado monitoreando su crecimiento. Los aprovechamientos tienen diferentes escenarios para producción de alfajillas es a los 3 años posterior al establecimiento; las soleras y tirantes se obtienen en el año 3 o 5; y los pilares u horcones son aprovechados a los 6 u 8 años. En cuanto, a las varillas estas se obtienen de los raleos que son realizados cada 6 u 8 meses se generan un ingreso extra, pero además es una técnica silvicultural donde se define el número de rebrotes a manejar propicios para el crecimiento de la plantación, al respecto Pozo (2005), menciona que los mayores incrementos en DAP y volumen se han registrado en plantaciones con fuertes aplicaciones de nitrógeno y raleos intensivos.

En las entrevistas se obtuvo que el 41% de los productores realizan aprovechamiento selectivo de baja escala, el 17% realizan aprovechamiento superior o igual al 50% de la plantación, el 35% realizan tala rasa y el 6% no ha hecho ningún aprovechamiento. Los productores aplican los dos tipos de métodos de aprovechamiento forestal, en el caso del método de corta selectiva lo aplican todos los años e intercalan el tipo de producto a extraer y en el caso de la tala rasa el productor hace un solo aprovechamiento sabiendo sí, que el próximo aprovechamiento se aplicará en un plazo de 3 a 8 años.

Previo al aprovechamiento se debe planificar y tener en cuenta que las condiciones bióticas y abióticas puede afectar tanto a las yemas que surgen de las cepas como al desarrollo posterior de los brotes. Con base en el método de aprovechamiento aplicado se podrá realizar obras de conservación que garanticen posteriores cosechas, entre ellas: medidas contra la erosión, rondas corta fuego, escarificación y/o limpia (Ence 2009).

El método ideal de aprovechamiento es el de tala rasa, realizándose esta con altura de corte de 0.1 m sobre el suelo y posteriormente manejar los rebrotes, seleccionando los dos o tres mejores para producción de leña y un rebrote para producción de madera (MARENA/INAFOR 2002). Otra recomendación es la de Ence (2009), quien sugiere que la altura del tocón no influye en la capacidad de rebrote. Suponen sí, una pérdida de rendimiento pues se disminuye la longitud de los fustes que se aprovecha.

Entre categorías no se tiene diferencias marcadas que den claridad entre uno y otro grupo, y dentro de cada categoría no hay uniformidad o estandarización de las actividades silvícolas aplicadas. El análisis de las actividades silvícolas ejecutadas revela que en esta región no se tiene un proceso claro del sistema silvicultural a aplicar, es decir, no hay procedimientos oficializados que le indiquen al productor la cronología y el momento para ejecutar determinada actividad de acuerdo con el producto final que se desea obtener.

Otro aspecto importante en la no implementación de un sistema silvicultural uniforme y completo en las plantaciones, es el hecho de las necesidades económicas que enfrentan constantemente los productores y a la postre repercuten en el uso y manejo de los recursos naturales con que cuentan. Por lo dicho, en la región el propietario no siempre puede cumplir con el plan silvicultural requerido por la plantación y lo que ocurre con frecuencia es la no realización o la realización parcial de las prácticas silviculturales y las prematuras e improvisadas cosechas.

### **Potencial de la producción de madera rolliza y leña proveniente de las 17 PPM de eucalipto**

El potencial que tienen las plantaciones para producir madera rolliza y leña de eucalipto se ha considerado y estimado con el volumen en pie y también con los crecimientos de diámetro, altura y área basal, en seguida se describe los resultados de dichos aspectos-variables.

### **Volumen de madera rolliza y leña en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis*, para los años 2014 y 2015 (tabla 2 )**

En el año 2014 la producción total fue de 902 m<sup>3</sup> de los cuales 676 m<sup>3</sup> eran de madera rolliza y 226 m<sup>3</sup> de leña, la producción promedio fue de 53 m<sup>3</sup>/ha/plantación con ello se determinó que el volumen aprovechado fue del 48 % del volumen total de las 296 ha (es decir 437 m<sup>3</sup> fueron cosechados). En el año 2015 el volumen/ha calculado de madera en pie fue de 574 m<sup>3</sup> de los cuales 431 m<sup>3</sup> de madera rolliza y 144 m<sup>3</sup> de leña, la producción promedio fue de 34 m<sup>3</sup>/ha/plantación. Entre el 2014 y 2015 hay una diferencia de madera en pie de 328 m<sup>3</sup> que en porcentaje corresponde a un 36% con respecto a la producción del año 2014. Estas diferencias de producción se deben a que no hay uniformidad en la programación de los productos y por ende en las cantidades de madera a aprovechar en cada año y a las

condiciones de manejo planteadas. Una debilidad de los productores que no tienen control de la producción en el tiempo y esto hace que la cantidad de madera disponible para la cosecha sea irregular año con año.

Se tiene también la estimación del volumen para el 2015 con el uso de una fórmula diseñada por Sandino (1997) para la especie en estudio y para la zona de trabajo, esta es el modelo B3 ( $V=0.0002063 \times \text{dap}^{1.467} \times H^{0.858}$ ) y se puede comparar con la fórmula tradicional utilizada por INAFOR (donde  $V=0.7854 \times \text{dap}^2 \times \text{ff} \times L$ ); donde  $\text{ff}=0,7$ .

Para efectos de comparación del volumen obtenido en el 2014 y en el 2015, se utilizó la fórmula de INAFOR citada por González y Cuadra (2004), y la de Sandino (1997). Se observa que con la fórmula actualizada el volumen obtenido es menor, totalizando 497 m<sup>3</sup> de los cuales 373 m<sup>3</sup> de madera rolliza y 123 m<sup>3</sup> de leña, la producción promedio fue de 29 m<sup>3</sup>/ha/plantación.

Entre los resultados obtenidos por las fórmulas hay una diferencia de producción de 78 m<sup>3</sup> que en porcentaje corresponde a un 13 %. Esta diferencia negativa hace que el uso de esa fórmula sea recomendada por ser la más conservadora y eso es conveniente para no sobre estimar los volúmenes y no crear falsas expectativas de producción. Para el año 2015 se tiene que el número de rebrotes productivos/ha para las 16 parcelas (excepto la parcelas número 9 la cual no ha sido aprovechada) en promedio es de 2278 rebrotes/ha/plantación en promedio.

Si se cuantifica la producción de madera rolliza y leña, se encuentra que de la producción total el 75 % de la materia prima se destina para madera en rollo o construcción y el 25 % restante se usa como leña. El aprovechamiento de la leña es un factor económico social importante en la región y en general en Nicaragua pues se tiene una alta demanda que a nivel nacional es de 6 millones m<sup>3</sup>/año. La madera para construcción es la que económicamente juega un papel protagónico, debido a que con las piezas de varilla, tirantes, soleras, horcones y otros se obtienen mayores ingresos.

El análisis por edad de las plantaciones no presentó ninguna relación con el volumen producido. Sin embargo, Vignote *et al.* (sf) señala que la productividad de las plantaciones tiene estrecha relación con la edad y con el aprovechamiento que se realiza por lo que siempre el segundo aprovechamiento va ser superior al primero, mientras que el tercero podría igualar al primero y en los ciclos sucesivos se producirá una progresiva disminución del volumen y calidad de la madera en un 20-30 % menos en la cuarta corta y más del 50 % en la quinta corta.

Es justo lo que se observa en las plantaciones de Cristo Rey, los volúmenes de las plantaciones en su mayoría las que superan los 16 años de edad se ve reducido el rendimiento de madera/ha, principalmente por dos factores la edad y la intensidad de los aprovechamientos.

### ***Diámetro, altura y área basal de los árboles-rebrotes de las plantaciones de Eucaliptus camaldulensis***

En la tabla 3 se muestra los valores de las variables dap, altura y área basal de las plantaciones; el grupo con mayor crecimiento en dap fue la categoría regular manejo, luego en su orden la categoría madera rolliza con SSP seguido por la categoría buen manejo y por último la categoría mal manejo. El dap promedio para todas las plantaciones es de 5.08 cm, solo las plantaciones mal manejadas están debajo de este valor promedio.

En cuanto a la altura la categoría buen manejo tiene una altura promedio de 6.46 m, en la de regular manejo se tiene 7.85 m, en la categoría SSP 6.80 m y en las plantaciones de la categoría mal manejo se obtuvo 4.80 m de altura.

En cuanto al área basal en la categoría buen manejo el promedio es de 5.92 m<sup>2</sup>/árbol, en la de regular manejo 7.26 m<sup>2</sup>/árbol, en la de mal manejo 3.83 m<sup>2</sup>/árbol y SSP tiene 3.76 m<sup>2</sup>/árbol, en este caso el grupo con mayor crecimiento en G es la categoría regular manejo, luego en el orden buen manejo, mal manejo y madera rolliza con SSP. El área basal promedio para todas las plantaciones es de 5.24 m<sup>2</sup>/árbol, aunque las plantaciones de SSP y mal manejo están debajo de este valor promedio, mientras que las de regular y buen manejo sobrepasan esta cifra.

**Tabla 2.** Volumen de madera rolliza y leña (m<sup>3</sup>/ha) de los años 2014 y 2015 de *Eucalyptus camaldulensis* en estudios de caso de 17 plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* bajo el sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua.

N°	Edad	Categoría	Volumen obtenido en la medición del 2014 <sup>1</sup>				Volumen obtenido en la medición del 2015 <sup>1</sup>			Volumen obtenidos en la medición del 2015 <sup>2*</sup>			No. rebrotes/ha mayores a 1.3 m de altura (rebrotos productivos).
			Madera rolliza	Leña	Total	% volumen aprovechado	Madera rolliza	Leña	Total	Madera rolliza	Leña	Total	
			m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	
1	16	Buen manejo	69,2	23,08	92,30	28,5	32,0	10,7	4,6	30,8	10,2	41,1	3330,0
3	21	Buen manejo	42,6	14,20	56,80	35,0	10,3	3,4	13,8	21,	7,0	28,0	1460,0
8	6	Buen manejo	58,2	19,40	77,60	38,0	27,5	9,2	36,7	16,5	6,0	22,05	2790,0
6	13	Buen manejo	57,3	19,13	76,50	17,0	12,9	4,3	17,2	18,0	6,0	24,0	2610,0
9	5	Buen manejo	44,3	14,78	59,10		38,0	12,7	50,6	34,0	11,0	45,0	1260,0
12	22	Regular manejo	96,8	32,28	129,10	37,8	16,5	5,5	22,1	31,0	10,0	41,0	1730,0
13	8	Regular manejo	20,4	6,83	27,30	25,0	14,7	4,9	19,6	38,0	13,0	51,0	1240,0
14	21	Regular manejo	17,1	5,73	22,90	50,0	14,3	4,8	19,1	24,0	8,0	32,0	2300,0
15	21	Regular manejo	77,5	25,85	103,40	51,0	49,7	16,6	66,3	33,0	11,0	44,0	2330,0
4	26	Mal manejo	8,9	2,98	11,90	10,0	13,2	4,4	17,6	16,0	5,0	21,0	2870,0
7	26	Mal manejo	14,3	4,78	19,10	55,0	20,9	7,0	27,9	17,0	6,0	23,0	2570,0
11	22	Mal manejo	22,8	7,60	30,40	100,0	37,1	12,4	49,5	17,0	6,0	23,0	4870,0
16	21	Mal manejo	25,2	8,40	33,60	100,0	50,0	16,7	66,7	10,0	3,0	13,0	4250,0
2	6	Madera rolliza con SSP	26,2	8,75		16,0				13,0	4,0	17,0	2330,0
					35,00		24,5	8,2	32,6				
5	21	Madera rolliza con SSP	29,4	9,80	39,20	50,0	42,5	14,2	56,7	28,0	9,0	37,0	1270,0
10	7	Madera rolliza con SSP	24,9	8,30	33,20	72,0	6,3	2,1	8,4	10,0	3,0	13,0	840,0
17	26	Madera rolliza con SSP	41,1	13,73	54,90	90,0	20,2	6,7	27,0	16,0	5,0	21,0	1010,0
Media	17			53,0		48,4	34,0			29,0			2297,6
TOTA				225,6					574,			123,	
L	4		676,7	2	902		430,6	143,8	4	373,3	2	496,6	

<sup>1</sup> Este volumen se calculó con la fórmula general o tradicional =  $0.7854 * \text{dap}^2 * \text{ff} * L$ ; donde  $\text{ff} = 0,7$ .

Se utilizó para efectos de comparación del volumen obtenido 2014 y en el 2015, dicha fórmula es la aprobada por INAFOR.

<sup>2</sup> Este volumen se calculó con la fórmula  $V = 0,0002063 * \text{dap} * 1,467 * H^{0,858}$ , la cual fue determinada y recomendada por Sandino 1997. Se hizo el cálculo con esta fórmula por estas razones: - Ofrece el menor volumen y esto es adecuado para ser conservadores y no crear falsas expectativas de producción existente. - Es la que recomienda el autor y está basado en los resultados y experiencias en la misma región de trabajo.

-Los modelos del autor son exclusivamente diseñados para *E. camaldulensis*, mientras que la fórmula general utilizada previamente se usa para cualquier y/o todas las especies sin un análisis detallado de la forma de fuste o factores de forma de la especie.

En todos los casos la categoría denominada regular manejo fue la que está entre los mejores resultados de crecimiento en dap, volumen y área basal. La asignación de las categorías de manejo dadas no presenta ninguna relación con el crecimiento en diámetro, altura y área basal, Si se hace un análisis por edad de las plantaciones, esta tampoco presentó ninguna relación con el crecimiento de dap, altura y área basal.

Los crecimientos promedios que se registraron para las 17 parcelas oscilan entre los 2.5 cm y 9 cm de dap y entre 4.1 – 10.2 m en altura. Los valores anteriores coinciden con los citados por Mesén *et al.* (2007) quien también registró crecimientos de 3.9 - 6 m en altura y de 4.1 – 5.6 cm en dap también en plantaciones de eucalipto.

Las plantaciones de eucalipto han dado buenos resultados al asociarse con pasto, sin embargo, hay que considerar lo que plantea Guevara-Escobar *et al.* (2012), tanto el eucalipto como las gramíneas en este caso (*Brachiaria brizantha*) y gamba (*Andropogon gayana* Kunth) son altamente competitivas y que el crecimiento de ambas va disminuir con la edad y la densidad poblacional.

Para estos estudios es recomendable utilizar las variables de incremento de diámetro, entre las cuales sobresalen el incremento corriente anual (ICA) y el incremento medio anual (IMA), en el presente trabajo no fue posible determinarlos, ya que no se contó con una serie de mediciones a través del tiempo (año a año), tampoco se tuvo a disposición árboles medibles con la edad de la plantación y no se realizaron estudios con anillos de crecimiento.

**Tabla 3.** Dap, altura y área basal para la producción de madera rolliza y leña de *Eucalyptus camaldulensis* en estudios de caso de 17 plantaciones bajo un sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalaguaque, Nicaragua.

No de parcela	Categoría	Edad	dap promedio/ rebrote (cm)	dap mínimo (cm)	dap máximo (cm)	Altura promedio/ rebrote (m)	Altura mínimo (cm)	Altura máximo (cm)	Área basal/ha (m <sup>2</sup> )
1	Buen manejo	16	4,6	1,0	14,5	6,3	2,8	16,0	7,0
3	Buen manejo	21	5,6	1,0	21,4	6,4	1,2	16,4	5,9
6	Buen manejo	6	4,0	1,0	10,0	5,7	2,5	11,0	4,2
8	Buen manejo	13	4,0	1,0	9,0	5,6	1,0	8,6	4,2
9	Buen manejo	5	8,0	2,0	21,0	8,3	1,9	16,0	8,3
12	Regular manejo	22	6,0	1,0	17,0	8,0	2,5	14,5	6,8
13	Regular manejo	8	9,0	3,0	18,0	10,2	5,0	15,0	8,6
14	Regular manejo	21	4,9	1,0	13,0	6,5	1,8	12,0	5,5
15	Regular manejo	21	5,5	1,0	20,0	6,7	1,7	16,2	8,1
4	Mal manejo	26	3,9	1,0	9,1	5,2	1,3	8,7	4,1
7	Mal manejo	26	4,0	1,0	9,0	5,4	2,5	9,2	4,2
11	Mal manejo	22	3,0	1,0	21,0	4,5	1,7	7,3	4,6
16	Mal manejo	21	2,5	1,0	9,0	4,1	2,7	8,5	2,5
2	Madera rolliza con SSP	6	3,9	1,0	8,8	5,2	2,3	8,5	3,3
5	Madera rolliza con SSP	21	6,7	1,0	18,0	8,2	2,0	15,5	6,0
10	Madera rolliza con SSP	7	5,0	1,0	14,0	6,5	0,7	17,0	2,1
17	Madera rolliza con SSP	26	5,8	2,0	22,0	7,3	1,5	16,0	3,7
<b>Promedio general</b>		<b>17</b>	<b>5,1</b>	----	----	<b>6,48</b>	----	----	<b>5,2</b>

### **Cuantificación y calificación del manejo de los tocones y los rebrotes en las plantaciones en estudio**

El estudio incluye, también, la cuantificación y calificación del estado de los tocones y rebrotes manejados, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Los resultados del estudio de tocones en las 17 PPM se muestran en la tabla 4, antes de analizar la cantidad y calidad de corte de los tocones es necesario mencionar que las plantaciones contaban con una densidad inicial de siembra que oscilaba de 820 a 2060 árboles/ha, en promedio las plantaciones tenían 1314 árboles/ha y la cantidad de tocones están en un rango de 400 a 1740 árboles/ha teniendo en promedio 1219 tocones/ha. Se aprecia que las bases productivas han disminuido si se compara lo plantado con lo existente.

Las plantaciones de regular manejo tienen densidades de siembra desde 750 a 1520 árboles/ha y el promedio de las densidades de siembra es de 1088 árboles/ha. Actualmente tocones están en un rango de 110 a 1800 tocones/ha y el promedio es de 1288 tocones/ha, en este caso las bases productivas han aumentado si se comparan con lo plantado. Las plantaciones de mal manejo tienen densidades de siembra desde 710 a 1770 árboles/ha y el promedio es de 1265 árboles/ha. Además, los tocones tienen un rango de 2050 a 3390 tocones/ha y el promedio de las 17 de esta categoría es de 2890 tocones/ha. En la categoría de SSP las plantaciones tienen densidades de siembra desde 380 a 960 árboles/ha y el promedio de las densidades de siembra es de 670 árboles/ha. En las 17 parcelas se tienen un rango de 290 a 1210 tocones/ha y el promedio es de 722 tocones/ha, en este caso las bases productivas han aumentado.

El aumento de las bases productivas o tocones se ha dado en los grupos de manejo excepto en las plantaciones de buen manejo que indican una disminución. Para todas las plantaciones de eucalipto se tenían edades promedio de 17 años y densidades de siembra de 1098/ha, 1512 tocones/ha u una altura de los tocones de 9.3 cm.

En las plantaciones se han realizado enriquecimiento, esto se hace cuando el propietario determina que se ha reducido el número de árboles o rebrotes. No se tiene determinado la densidad de siembra de estos enriquecimientos, pero esto repercutió directamente en el número de tocones registrados (ver tabla 4.1).

La edad de la plantación no es un criterio que determine la cantidad de tocones con rebrotes, por lo tanto esta variable no ofrece información confiable para decir si a una u otra edad se puede tener una u otra cantidad de tocones.

De la tabla 4 se extrae la tabla 4.1 que contiene por categoría de manejo los porcentajes de calidad y daños de los cortes de los tocones aprovechados en el pasado.

### Cantidad y calidad de los tocones aprovechados

**Tabla 4** Cantidad de tocones (N/ha), % de calidad de cortes y % de daños en los tocones aprovechados en el pasado, determinados para la producción de madera rolliza y leña de eucalipto en estudios de caso de 17 plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* bajo el sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua.

No. de parcela	Edad	Categoría	Densidad inicial	N° de tocones que cuentan con rebrotes/ha	Altura promedio de los tocones (cm)	% de la calidad de corte según herramienta de los tocones aprovechados en el pasado						% de daños en el corte de los tocones aprovechados en el pasado			
						Con Motosierra			Con machete			Podrido	Plagas	Incendios	% total
						Bueno	Regular	Mal	Bueno	Mal	% total				
1	16	Buen manejo	1380	1710	8	90,1			9,9		100	3,5	9,9	86,5	100
3	21	Buen manejo	820	400	8	100,0					100			100,0	100
8	6	Buen manejo	1280	1740	7	90,2	2,3	0,6	6,9		100	3,4	2,9	93,7	100
6	13	Buen manejo	2060	1230	6	78,9	13,8	2,4	4,1	0,8	100	2,4	11,4	86,2	100
9	5	Buen manejo	1030												
12	22	Regular manejo	920	1800	11	100,0					100	10,6	20,6	68,9	100
13	8	Regular manejo	750	110	12	72,7			27,3		100		9,1	90,9	100
14	21	Regular manejo	1160	1520	12	84,2	7,9	5,9	2,0		100	20,4	34,9	44,7	100
15	21	Regular manejo	1520	1720	11	64,5	14,0	19,8	1,7		100	23,3	17,4	59,3	100
4	26	Mal manejo	1090	3080	12	61,0	23,7			15,3	100	15,9	23,4	60,7	100
7	26	Mal manejo	710	2050	10	95,1	1,0	3,4	0,5		100	9,3	1,0	89,8	100
11	22	Mal manejo	1490	3040	11	100,0					100	16,8	4,9	78,3	100
16	21	Mal manejo	1770	3390	12	100,0					100	23,3	15,3	61,2	100
2	6	Madera rolliza con SSP	870	780	6	100,0					100		16,7	83,3	100
5	21	Madera rolliza con SSP	960	610	7	86,9	13,1				100	11,5	9,8	78,7	100
10	7	Madera rolliza con SSP	380	290	8	93,1			6,9		100			100,0	100
17	26	Madera rolliza con SSP	470	1210	17	76,9	18,2	3,3	1,7		100	5,8	20,7	73,6	100
Mediana	-	-	1097.65	1511.53	9.29	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----

Nota: importante destacar que en estas plantaciones se hacen labores de enriquecimiento, principalmente cuando el propietario determina que se ha reducido el número de árboles o rebrotes. No se tiene determinado la densidad de siembra de estos enriquecimientos. En la tabla 4 se muestra que los cortes de los tocones en las 17 parcelas se realizaron con motosierra y machete, la primera herramienta es la más utilizada con un 95.5 % y con machete 4.5 %. Mirando cada una de las categorías se tiene que en buen manejo el 96% de los cortes se hizo con motosierra, cortes regulares y malos suman 4 %.

Con respecto a los daños en los tocones, la categoría buen manejo tiene los mayores daños (92 %) provocados por incendios producto de las casería y/o quema no controladas en las propiedades vecinas. Daños de pudrición y plagas no son significativos en ninguna de las categorías. Pero sí es importante y necesario tomar medidas de protección y control de fuegos para reducir los incendios que atentan contra el buen estado de los tocones y de la plantación en general.

Acompañando los resultados obtenidos surgen estas consideraciones silviculturales, a saber: el 100% de los productores en estudio están realizando aprovechamientos con motosierra lo cual permite que el corte sea hecho a una medida uniforme en algunos casos se reportan cortes malos, pues en ocasiones contratan personal para que les realicen el aprovechamiento y estos al no ser vigilados descuidan el realizar cortes a una misma altura lo que provoca que el tocón no se regenere y/o se pudra.

Inta (1995), recomienda que el corte se realice de 10 - 15 cm de altura del suelo para favorecer el rebrote de las cepas; en cambio Ence (2009), señala que el corte no influye en la capacidad de rebrote, pero que una altura excesiva de las cepas o rebrotes podría llegar a dificultar el movimiento de la maquinaria en la plantación. Además, supone una pérdida de rendimiento pues disminuye la longitud de los fustes que se aprovechan. Es importante, también, considerar la época de corta, misma que debe ser planificada teniendo en cuenta la climatología que puede afectar tanto a las yemas que surgen de las cepas como al desarrollo posterior de los brotes.

Según Wightman *et al.* (2015), un buen corte es una forma de asegurar futuros aprovechamientos, también, agrega que la producción continua de grandes cantidades de madera y más aún de alta calidad le permitirá al productor financiarse el equipo y los insumos que se necesitan para el proceso de transformación de los árboles con calidad y además mantener la sanidad de la plantación. Por consiguiente, también, deben planificarse programas intensivos de control, campañas de incendios; así como diseñar y preparar planes para prevenir, controlar y combatir los incendios, previendo que las condiciones físicas y económicas pueden variar de una a otra plantación o de un propietario a otros (Conif 1998).

#### Cantidad y calidad de los rebrotes

En la tabla 5 se muestran los valores de los rebrotes por parcela, con respecto a la categoría *buen manejo*, el promedio de tocones totales es de 2360/ha de los cuales 2290 son mayores a 1.30 m altura y se consideran ejes productivos y 70 rebrotes menores a 1,3 m de altura. Dentro de esta categoría la parcela 1 es la que tiene más rebrotes (3380/ha).

En la categoría *regular manejo* se tiene en promedio 2023 rebrotes totales/ha de ellos 1900 son mayores a 1.30 m altura y 123 son menores a 1.3 m de altura.

La categoría *mal manejo* tiene un promedio de tocones totales de 3730 árboles/ha de los cuales 3640 son mayores a 1.30 m altura y 90 rebrotes son menores a 1.3 m de altura

**Tabla 4.1** Porcentaje de calidad de cortes y de daños en los tocones aprovechados en el pasado, según categoría para la producción de madera rolliza y leña de *Eucalyptus camaldulensis* bajo el sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua.

No. de parcela	Categoría de manejo	% de la calidad de corte según herramienta, de los tocones aprovechados en el pasado					%	% de daños en el corte de los tocones aprovechados en el pasado			%
		Motosierra			Machete			Podrido	Plaga	Incendio	
		Bueno	Regular	Malo	Bueno	Malo					
1, 3, 6, 8 y 9	Bueno	91,0	4,1	0,6	4,2	0,2	100,0	1,9	6,5	91,6	100,0
12,13,14 y 15	Regular	80,4	5,5	100,0	7,6	0,0	100,0	13,6	20,5	66,0	100,0
4, 7, 11 y 16	Malo	89,0	6,2	100,0	0,1	3,8	100,0	16,3	11,2	72,5	100,0
2, 5, 10 y 17	SSP	89,0	7,8	100,0	2,2	0,00	100,0	4,3	11,8	83,9	100,0
	<b>Promedio</b>	<b>95,5</b>			<b>4,6</b>						

En las 17 parcelas se tiene en promedio 2.5 rebrotes/tocón y analizando la forma de los rebrotes se tiene que la clase torcidos es la que concentra más individuos (40,1%), lo siguen en orden de clases: recto (24.9 %), inclinado (20.5 %), bifurcado (14.4 %) y enfermo (0.1 %), hay que prestar atención a los fustes inclinados y bifurcados ya que juntos suman el 35% de las existencias y por supuesto hay que trabajar en la mejora de los fustes torcidos y en prácticas silviculturales, así como en la densidad poblacional.

Un análisis por edad de las plantaciones indica que no se puede relacionar esta variable con la cantidad de rebrotes producidos, pues estos van a estar en dependencia del objetivo de manejo. Mercedes y Hernández (1996), señalan que el número de rebrotes a manejar por tocón va estar en función del destino del rebrote, el cual puede ser para la producción de combustible (leña y carbón) a lo que recomienda dejar 3 brotes/tocón y para madera sugiere dos rebrotes esto permitirá conseguir piezas para construcción, por ejemplo horcones.

En cuanto, a la calidad de los fustes, los mejores son para venderse como madera en rollo, siendo este precio superior al de la leña. Los fustes rectos son utilizados para alfajillas, soleras y pilares (piezas que tiene como requisito principal la rectitud del eje, pero también pueden obtenerse fustes torcidos, de los cuales con mayor esfuerzo se extrae piezas como alfajillas o soleras y el porcentaje restante es utilizado para leña.

En la categoría *mal manejo* la parcela 11 es un caso ejemplar donde el productor realizó tala rasa con el propósito de tener una plantación más uniforme. En la categoría *madera rolliza* con sistema silvopastoril la parcela 5 tiene 96 ejes, de ellos un 24 % tiene fustes rectos y 68 % de fustes torcidos. Las plantaciones de esta categoría son destinadas a la producción de leña, madera rolliza y el componente ganado, lo que le permite al productor aumentar sus ingresos familiares.

En todas las plantaciones en estudio el objetivo fundamental es la producción de madera en rollo, por lo tanto, se recomienda trabajar en el tipo de aprovechamiento que mejore la estructura y composición de la plantación, también, es necesario trabajar en el árbol como individuo. En este caso, la poda, sería un tratamiento silvicultural complementaria que permitiría obtener un tronco recto, con madera sin nudos, por lo menos en los primeros 3.5 m de altura del árbol, pues la parte basal del árbol es la más valiosa, es allí donde se concentra la mayor cantidad de madera y la mayor ganancia en dinero que puede producir el árbol (Wightman *et al.* 2015).

La categoría de SSP en Cristo Rey persigue dos propósitos, ellos son producción de madera y de pasto. El asocio de las plantaciones de eucalipto con pasto mejorado. Las 4 parcelas en estudio se diferencian por el tipo de establecimiento utilizado en el caso de la parcela 2, 5 y 17 idearon un sistema silvopastoril en donde la finalidad es la producción de madera en rollo, y en la parcela 10 un sistema de plantación en callejones con el propósito de dar condiciones óptimas al componente ganado sin causar afectaciones en la plantación.

Las mediciones de altura del pasto que se presentan se realizaron en el periodo de febrero a marzo. En las parcelas en estudio se tenían dos tipos de pastos; en el caso de la parcela 10 el pasto utilizado fue toledo mejorado (*Brachiaria brizantha*) su altura era de 0.35 m, siendo esta la mayor altura de las 4 parcelas, y tenía una cobertura arbórea de 2.95 m<sup>2</sup> en esta plantación las alturas promedio fue de 6.5 m y el diámetro promedio de 5 cm; dicha plantación fue establecida con una densidad de 380 árboles/ha.

A diferencia de las parcelas 2, 5 y 17 las cuales presentaron alturas de pasto que oscilan entre los 0.20 m a 0.25 m con una cobertura arbórea de 1.90 m<sup>2</sup> a 4.50 m<sup>2</sup> y alturas promedio de 5.2 m a 7.3 m con diámetros que oscilaban entre los 3.9 y 6.7 m, en este caso la densidad que manejaban era de 470 árboles/ha a 960 árboles/ha combinado con los pastos toledo (*Brachiaria brizantha*) y gamba (*Andropogon gayana* Kunth). Para plantaciones con sistemas silvopastoriles las filas de la plantación aumentan de 6 a 8 m, y 2 a 2,3 m entre plantas. Esto proporciona unas 625 plantas/ha y resulta más interesante para el productor, pues el sistema ofrece una diversidad de productos que lo hacen económicamente más estable (Abc Rural 2014).

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles son sistemas más complejos por su composición y estructura. Poseen características o necesidades diferenciadas para evitar la competencia por espacio y nutrientes. Además, generan beneficios económicos-sociales por ser sistemas productivos más diversificados. Las plantaciones de eucalipto, también, pueden ser empleadas como monte de reparo para el ganado, o bien como cortina rompe vientos en cultivos intensivos como los cítricos en estos casos se plantan de 1 a 2 m entre hileras y entre plantas de 2 a 3 m a los cuales no se les requiere podar para que conserven su follaje protector (Inta 1995).

Las plantaciones (donde están las parcelas silvopastoriles) son alquiladas para pastoreo privado y en ocasiones del propio, manejan de 1 unidad animal (450 kg) a 1.5 unidad animal/ha por un periodo de 6 a 8 meses. El ganado lo retiran cuando el pasto está a una altura promedio de 0.15 m de otra manera su regeneración sería muy lenta.

**Tabla 5.** Cantidad de rebrotes (N/ha), promedios/tocón y % de calidad de fuste de los rebrotes, determinados para la producción de madera rolliza y leña de *Eucalyptus camaldulensis* en estudios de caso de 17 plantaciones bajo un sistema de manejo de rebrotes en la comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua.

Número de parcela	Edad	Categoría de manejo	No de tocones que cuentan con rebrotes/ha	No de rebrotes / ha productivos mayor o igual a 1,3 m de altura	No de rebrote s/ ha menores a 1,3 m de altura	No. de rebrote s/ ha	Promedio de rebrote s/ cepa	% de la calidad de fuste de los rebrotes					% Total	
								1	2	3	4	5		
								Recto	Torcido	Inclinado	Bifurcado	Enfermo		
1	16	Buen manejo	1710,0	3330,0	50,0	3380,0	2,5	70,0	19,0	3,0	8,0	0	100	
3	21	Buen manejo	400,0	1460,0	20,0	1480,0	1,8	62,0	30,0	0,0	8,0	0	100	
6	6	Buen manejo	1740,0	2790,0	280,0	3070,0	1,5	40,1	36,2	17,2	6,5	0	100	
8	13	Buen manejo	1230,0	2610,0	0,0	2610,0	2,0	9,0	41,0	39,0	10,0	0	100	
9*	5	Buen manejo	1260,0					33,0	35,0	1,0	32,0	0	100	
13	22	Regular manejo	1800,0	1730,0	170,0	1900,0	2,1	14,0	57,0	13,0	15,0	0	100	
12	8	Regular manejo	110,0	1240,0	10,0	1250,0	1,7	29,0	60,0	4,0	6,0	0	100	
14	21	Regular manejo	1520,0	2300,0	50,0	2350,0	2,0	13,0	50,0	12,0	24,0	0	100	
15	21	Regular manejo	1720,0	2330,0	260,0	2590,0	1,7	8,0	60,0	10,0	21,0	0	100	
4	26	Mal manejo	3080,0	2870,0	50,0	2920,0	2,7	14,0	33,0	36,0	16,0	0	100	
7	26	Mal manejo	2050,0	2570,0	0,0	2570,0	3,6	13,0	53,0	24,0	10,0	0	100	
11	22	Mal manejo	3040,0	4870,0	80,0	4950,0	3,3	36,0	14,0	46,0	3,0	0	100	
16	21	Mal manejo	3390,0	4250,0	230,0	4480,0	2,5	29,0	34,0	29,0	7,0	0	100	
2	6	Madera rolliza con SSP	780,0	2330,0	0,0	2330,0	2,7	2,0	20,0	55,0	23,0	0	100	
5	21	Madera rolliza con SSP	610,0	1270,0	50,0	1320,0	1,4	24,0	68,0	3,0	6,0	0	100	
10	7	Madera rolliza con SSP	290,0	840,0	10,0	850,0	2,2	14,0	37,0	38,0	10,0	1	100	
17	26	Madera rolliza con SSP	1210,0	1010,0	150,0	1160,0	2,5	12,0	33,0	18,0	38,0	0	100	
Media general														
1	16,9		1542,5	2297,6	82,9	2381,0	2,5							

\*No se manejan rebrotes ya que no ha tenido ningún aprovechamiento. Condición de las plantaciones de eucalipto en asociación con pasturas (SSP)

## CONCLUSIONES

Las parcelas en las que se registró el mayor volumen de madera en rollo se realizan las prácticas silviculturales rutinarias; en ellas se promueve la fertilización en el momento del establecimiento y el tipo de aprovechamientos es selectivo el sistema consiste en el entresacado ocasionalmente dos veces al año, su flujo de caja no se ve afectado por su programación de corte, lo que les permite obtener ingresos cada año. La edad de la plantación se evidencia como una variable relevante que afecta el desempeño de esta, por cuanto, se recomienda que después del quinto aprovechamiento (con una periodicidad entre 7 y 10 años) se haga renovación, es decir, luego de los 25 o 30 años de edad.

Los productores no eran conscientes del volumen de madera que estaban dejando de percibir al hacer cortes a alturas del tronco superiores o iguales a los 0.3 m. Sin embargo, actualmente realizan aprovechamientos más vigiladas pensando en evitar cortes bajos o demasiado altos en los tocones, lo cual permite garantizar la continuidad en la producción de rebrotes a mediano plazo, así como, aumentar los volúmenes de madera o leña durante el aprovechamiento ya que la bibliografía recomienda 0.11 m en la altura de los tocones.

Los productores establecieron las plantaciones con fines energéticos, por lo tanto, la densidad inicial y la cantidad de rebrotes que manejaban era alta y enfocada en la producción de volumen, más que de calidad de fustes. Actualmente, están enfocados en la producción de madera, y este estudio demuestra la importancia de capacitarles para que su manejo se oriente al manejo de 2 o 3 rebrotes por tocón, lo que les permitirá cumplir con los requisitos del mercado ofreciendo piezas rectas para construcción, más un segundo producto que en esta ocasión sería la leña, ya no como producto de árboles defectuosos y restos del árbol, si no de fustes que tienen como fin la producción de leña.

No es aconsejable establecer categorías de parcelas utilizando como criterio únicamente la producción de madera en rollo, cuando hay otros factores que no permiten comparar más a profundidad cada parcela o cada categoría. Desde un punto de vista de eficiencia y rentabilidad, resulta aconsejable incrementar la inversión en prácticas silviculturales en esta zona, tales como análisis de suelos y fertilización, preparación de suelos, podas, etc. Se requiere la creación de una asociación u otra forma de asociación para el gremio forestal de la zona, que les permita coordinar procesos legales y de aprovechamiento, de tal manera que todos se vean beneficiados. Los productores requieren ser capacitados e incentivados en pro de mejorar el sistema silvícola y por ende las condiciones de sus plantaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, DC, G; Mendizábal, R; Roggero, M. (2000)., Seminario de Agro negocios eucalipto. 54 p.

CATIE (1994)., Camaldulensis: *Eucalyptus camaldulensis* Dehn Myrtaceae. Un árbol de uso múltiple (Colecciones materiales de extensión). Costa Rica. 15 p.

Ceccon, E. (1999)., Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. Revista Interciencia. Vol. 24 No 5.

CONIF (1998)., Pautas para la sostenibilidad de plantaciones forestales en Colombia (Serie de documentación). 34 p. Consultado: 18 de septiembre del 2015. Disponible en [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-1%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-1%20rev%201%20(F)%20s.pdf).

Detlefsen, G. (2013)., Propuesta de evaluación silvicultural para mejorar el crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis* en plantaciones puras y sistemas silvopastoriles en Cristo Rey, Nicaragua. Nicaragua, 5 p.

ENCE (2009)., La gestión forestal sostenible y el eucalipto. España, 71 p. Consultado: 05 de septiembre del 2015. Disponible en [http://www.ence.es/pdf/El\\_Eucalipto.pdf](http://www.ence.es/pdf/El_Eucalipto.pdf)

FONAM (2007)., GUIA PRÁCTICA PARA LA INSTALACION Y MANEJO DE PLANTACIONES FORESTALES (Unasyuva). 47 p. Consultado: 19 de septiembre del 2015. Disponible en <http://www.fonamperu.org/general/bosques/documentos/GuiaPracticaVersionfinal.pdf>

Fundación Desarrollo Integral Asociado. (2008)., Diagnostico forestal del municipio de León, Nicaragua. Nicaragua, 31 p. Consultado: 4 de septiembre del 2015. Disponible en <http://www.milieuentrumutrecht.nl/dynamic/media/8/documents/DIAGNOSTICO%20FORESTAL%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20LEON.pdf>

Gobby, J; Casasola, F. (2003)., Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. Agroforesteria en las Américas 1039-40:52-60. Consultado: 9 de octubre del 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6383s/x6383s00.pdf>

González-Río, F; Castellanos, A; Fernández; Gómez, C. (sf)., Manual técnico de selvicultura del eucalipto. Consultado 17 de noviembre del 2014. Disponible en <http://www.agrobyte.com/publicaciones/eucalipto/indice.html>

Guevara-Escobar; Cervantes-Jiménez; Suzán-Azpiri; González-Sosa; Saavedra, I. (2012)., Producción de pasto Rhodes en una plantación de eucalipto. Agrociencia 462:14. Consultado 15 de septiembre del 2015. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000200007)

INIDE; MAGFOR (2013)., IV Censo Nacional Agropecuario Nydia Icaza ed. Nicaragua, 96 p.

INTA (1995)., Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina Trad. G Forestal. Argentina, 171 p. Consultado: 17 de septiembre del 2015. Disponible en [http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-productores-de-eucaliptos-de-la-mesopotamia-argentina/at\\_multi\\_download/file/manual%20para%20productores%20de%20eucaliptos%20de%20la%20mesopotamia.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-productores-de-eucaliptos-de-la-mesopotamia-argentina/at_multi_download/file/manual%20para%20productores%20de%20eucaliptos%20de%20la%20mesopotamia.pdf)

Lezama, J. (2008). Plan ambiental municipal 2008-2018. Alcaldía Municipal de León. 99 p.

MAGFOR; PROFOR; BM; MARENA (2005)., Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono en Nicaragua. 1 ed. Nicaragua, La Prensa. 164 p. Consultado: 6 de septiembre del 2015. Disponible en <http://www.magfor.gob.ni/descargas/libros/POTENCIAL%20DE%20PLANTACIONES%20FORESTAL%20Y%20FIJACION%20DE%20CARBONO.pdf>

MAGFOR/INAFOR (2007-2008)., Resumen de resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008. Nicaragua, 16 p. Consultado 03 de diciembre del 2014. Disponible en <http://www.inafor.gob.ni/inventario/Pdfs/Resumen%20Ejecutivo.pdf>

MAGFOR/INETER (2010). Uso potencial de la Tierra. Compendio de Mapas. 149 p. Consultado 05 de enero del 2014. Disponible en <http://www.magfor.gob.ni/descargas/publicaciones/mapas/CompendioMapas.pdf>

MARENA (2010). Caracterización de la cuenca No. 64. Entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo. Managua, Nicaragua, 42 p.

Marmillod, D. (2012)., La red de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones, bosque natural latifoliado y de coníferas en Guatemala. Diagnóstico del estado actual. (Boletín técnico). 1 ed. Costa Rica. 46 p. Consultado 06 de septiembre del 2015. Disponible en <file:///E:/Descargas/Red%20de%20parcelas%20Completo.pdf>

Martínez Ruiz; Aspiros-Rivero; Rodríguez; Cetina-Alcala; Gutiérrez-Espinoza. (2006)., Importancia de las plantaciones forestales de eucalyptus. Ra Ximhai 23:815-846. Consultado 13 de octubre del 2014. Disponible en <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-06articulosPDF/ART%2013%20eucalipto.pdf>

Mesén, F; Vásquez, W; Víquez, E. (2007). Ensayos de familias f2 de *Eucalyptus deglupta* y *E. grandis* con fines de conversión en huertos semilleros. Agronomía Costarricense 312:1:20.

Vaidez, E. (2014)., Cuaderno de Dasometria. Ed. UR Landivar. (Cuaderno de Dasometria). Guatemala, 92 p.

Vignote; Martínez-Rojas; Villasante. (sf)., La silvicultura y calidad de la madera. Madrid, 46 p. Consultado 06 de septiembre del 2015. Disponible en [http://www.upm.es/sfs/E.T.S.I.%20Montes/La%20Escuela/ActosInstitucionales/Lecciones/Ficheros\\_Est%C3%A1ticos/LECCI%C3%93N%20INAUGURAL%202013-S.VIGNOTE.pdf](http://www.upm.es/sfs/E.T.S.I.%20Montes/La%20Escuela/ActosInstitucionales/Lecciones/Ficheros_Est%C3%A1ticos/LECCI%C3%93N%20INAUGURAL%202013-S.VIGNOTE.pdf)