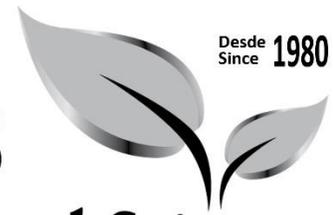




Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



Diferencias volumétricas en cuatro sistemas de medición de trozas de madera

Volumetric Differences in Four Measuring Systems of Wooden Logs

Orlando Chinchilla^a y Marianela Gómez^b

^{a y b} Los autores son ingenieros forestales e investigadores en la Universidad Nacional, Costa Rica.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



AMBIENTALES



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

DIFERENCIAS VOLUMÉTRICAS EN CUATRO SISTEMAS DE MEDICIÓN DE TROZAS DE MADERA

RESUMEN

Se muestra las diferencias volumétricas al utilizar cuatro sistemas de medición de trozas provenientes de plantaciones forestales de *Gmelina arborea* (melina), *Acacia mangium* (acacia) y *Terminalia ivorensis* (terminalia). Se evaluaron 416 trozas distribuidas así: 294 trozas de melina, 97 trozas de acacia y 25 trozas de terminalia. Los diámetros oscilaron entre 11,5 cm y 37,9 cm para la primera especie, 17,2 cm y 31,2 cm para la segunda y 22,3 cm y 48,9 cm para la tercera. Los volúmenes obtenidos en *Gmelina arborea* fueron: 0,0773 m³ con Smalian, 0,0759 m³ con Huber, 0,0825 m³ con a metro y 0,0539 m³ bajo el sistema de medición a mecate. En *Acacia mangium* se obtuvo los siguientes resultados: 0,1158 m³ con Smalian, 0,1111 m³ con Huber, 0,1167 m³ con a metro y 0,0739 m³ con a mecate. *Terminalia ivorensis* registró los siguientes volúmenes: 0,2564 m³ con Smalian, 0,2474 m³ con Huber, 0,2387 m³ con a metro y 0,1735 m³ con a mecate. Las especies melina y acacia registraron los mayores volúmenes bajo el sistema de medición a metro, mientras que en terminalia el mayor volumen se obtuvo aplicando Smalian. Las tres especies registraron el menor volumen utilizando el sistema a mecate.

The present study shows the differences in volume when using four systems of logs mensuration coming from plantations of Gmelina arborea (melina), Acacia mangium (acacia) y Terminalia ivorensis (terminalia). 416 distributed logs in the following way was evaluated: 294 logs of melina, 97 logs of acacia and 25 logs of terminalia. The diameters oscillated between 11,5 cm and 37,9 cm for the first specie, 17,2 cm and 31,2 cm for the second and 22,3 cm and 48,9 cm for third specie. The volumes obtained in Gmelina arborea were the following: 0,0773 m³ with Smalian, 0,0759 m³ with Huber, 0,0825 m³ with a meter and 0,0539 m³ low with the mensuration system a mecate. In Acacia mangium the following results were obtained: 0,1158 m³ with Smalian, 0,1111 m³ with Huber, 0,1167 m³ with a meter and 0,0739 m³ with a mecate. Terminalia ivorensis registered the following volumes: 0,2564 m³ for Smalian, 0,2474 m³ using the formula of Huber, 0,2387 m³ with a meter and 0,1735 m³ applying the formula a mecate. The species melina and acacia registered the largest volumes under the mensuration system a meter, while in terminalia the largest volume was obtained applying Smalian. The three species registered the smallest volume using the system a mecate.

por ORLANDO CHINCHILLA Y
MARIANELLA GÓMEZ

La Dirección General Forestal determinó desde 1986 la forma de medición de los distintos productos forestales, las normas de clasificación, garantías y otras especificaciones para la comercialización interna y externa de los mismos. Esto significa que en el país la forma de medir y comercializar el recurso forestal se encuentra debidamente instituida, sin embargo la práctica es otra, puesto que existen numerosas formas de cuantificación del producto, entre las cuales menciona Wiessel (1975), citado por Bravo *et al.* (1988), métodos volumétricos para la comercialización de trozas redondas, de trozas labradas y de trozas para contrachapados así como también para exportar, transportar y aserrar, entre otros.

A pesar de que la legislación y los reglamentos forestales establecen el sistema métrico decimal como unidad de medida, ninguno establece una norma para la cubicación de la madera en rollo. El sistema establecido en la práctica es el de la troza cubicada a mecate en pulgadas madereras ticas (*pmt*) (1 *pmt* es una sección sólida de 1" x 1" x 4 varas = 2,54 cm x 2,54 cm x 3,36 m), sistema que se legalizó en Costa Rica mediante el decreto gubernamental 12067-Meic de 1980, y se caracteriza por una metodología heterogénea en la ubicación del diámetro de referencia con respecto a la longitud de las trozas y otras atribuciones en la medición que introducen errores de alta magnitud en las estimaciones de volumen, haciendo por lo general una subestimación de éste y, finalmente, sus unidades de medición no son admitidas por el Sistema Internacional de Unidades (SIU). Esto hace que en Costa Rica no sea un sistema oficial (Lega 1997).

De esta forma, la existencia de factores de conversión no constantes de m³ a *pmt* se calcula subestimando en un 32 por ciento el volumen real de la madera rolliza, lo cual implica un problema para el propietario

Orlando Chinchilla (ochinchi@una.ac.cr) y Marianela Gómez (mgomez@una.ac.cr), ingenieros forestales, son investigadores en la Universidad Nacional.

del bosque, ya que entrega más madera de la que se le está pagando, puesto que se le deduce el desperdicio en castigos (Jiménez 1988 citado por Bravo *et al* 1988). Y, como dice Bravo (Ibid.: 12), "la *pmt* es un sistema de relativa sencillez y por todos conocido, mientras que el sistema métrico decimal es inaplicable, puesto que las máquinas de aserrío existentes en el país se encuentran graduadas en pulgadas y para poder sacar medidas en centímetros es necesario hacer una transformación a pulgadas, además siempre hay desperdicio porque las relaciones no son exactas por los redondeos".

Para cubicar trozas utilizando el sistema métrico decimal, generalmente se utilizan las fórmulas de Smalian, la de Huber y la de Newton, de las que la más común es la de Smalian, por ser fácil de aplicar en cuanto a la toma de datos (diámetros en los extremos de las trozas) y por considerar que su imprecisión en la determinación del volumen no es tan significativa desde el punto de vista económico y comercial. En la de Huber, la toma de datos (diámetro en la parte media de la troza) se dificulta más, sobre todo cuando la troza está apilada. La fórmula de Newton se considera la más exacta de las tres, pero requiere de más mediciones en las trozas que no justifican en forma práctica el trabajo adicional en cuanto a precisión comparada con la de Smalian.

El método costarricense de medición de trozas a *mecate* puede describirse con propiedad de la siguiente manera: se mide la circunferencia de la troza en el extremo inferior, con la ayuda de un mecate, se divide esa circunferencia en cuatro partes iguales y se multiplica por sí misma. Ese resultado se multiplica por la longitud de la troza medida en varas y se divide entre cuatro (Wiessel 1975).

Sin embargo, en nuestro país la diferencia en volumen entre un sistema de medición y otro no ha sido analizado, por lo que el objetivo fundamental del presente estudio es determinar las diferencias volumétricas existentes al utilizar diversos sistemas de medición de trozas en tres especies provenientes de plantaciones forestales.

Materiales y métodos

Especies utilizadas

Gmelina arborea

Se cubicaron 294 trozas de melina prove-

nientes de una plantación de ocho años de edad ubicada en Río Grande de Paquera, Puntarenas, Costa Rica. Los diámetros oscilaron entre 11,5 cm y 37,9 cm medidos con cinta diamétrica en ambos extremos de la troza. La longitud de las trozas osciló entre 1,25 m y 3,49 m.

Acacia mangium

Se evaluaron un total de 97 trozas de acacia procedentes de una plantación de seis años de edad ubicada en Finca La Tite, San Carlos, Costa Rica. Los diámetros se situaron entre 17,2 cm y 31,2 cm medidos con cinta diamétrica en los dos extremos de la troza. La longitud de las trozas varió entre 2,15 m y 3,62 m.

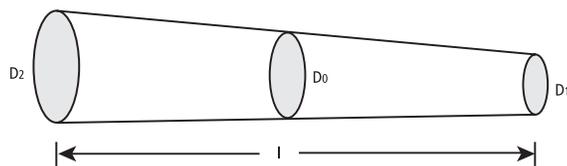
Terminalia ivorensis

Se midieron 25 trozas de terminalia producto de un raleo comercial realizado en una plantación de seis años de edad ubicada en Finca La Tite, San Carlos, Costa Rica. Los diámetros oscilaron entre 22,3 cm y 48,9 cm medidos en el extremo inferior y superior de la troza con cinta diamétrica. La longitud de las trozas osciló entre 2,25 m y 3,60 m.

Cubicación de las trozas

A continuación se presentan tres figuras que ilustran la forma en que cada una de las trozas fue cubicada de acuerdo a los cuatro sistemas de medición analizados, así como las fórmulas que se emplearon para obtener el volumen respectivo.

Figura 1. Medición de la troza utilizando los sistemas de cubicación Smalian y Huber.



a) Smalian: $V = [(D_1^2 + D_2^2) / 2] \times \pi / 4 \times L$

b) Huber: $V = D_0^2 \times \pi / 4 \times L$

Donde:

V = Volumen de la troza en metros cúbicos.

D₁ = Diámetro de la sección de menor grosor de la troza en mts.

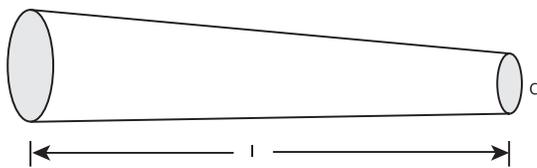
D₂ = Diámetro de la sección de mayor grosor de la troza en mts.

D₀ = Diámetro de la sección media de la troza en mts.

$\pi / 4 = 0,7854$.

L = Longitud de la troza en mts.

Figura 2. Medición de la troza utilizando el sistema de cubicación a mecate.



$$c) \text{ A mecate: } V = \left(\frac{C}{4} \right)^2 \times \frac{L}{4}$$

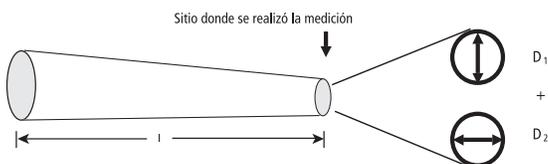
Donde:

V = Volumen de la troza en pulgadas madereras ticas (pmt).

C = Circunferencia medida en el extremo más delgado de la troza en pulgadas.

L = Longitud de la troza en varas (1 vara = 0,84 m).

Figura 3. Medición de la troza utilizando el sistema de cubicación a metro.



$$d) \text{ A metro: } V = \left[\left(\frac{D_1 + D_2}{2} / 4 \right)^2 \right] \times \frac{L}{4}$$

Donde:

V = Volumen de la troza en pulgadas madereras ticas (pmt).

D₁ = Diámetro 1 medido en el extremo más delgado de la troza en pulgadas.

D₂ = Diámetro 2 medido en el extremo más delgado de la troza en pulgadas.

L = Longitud de la troza en varas (1 vara = 0,84 m).

Es importante destacar que los sistemas de medición utilizados en el presente trabajo corresponden a diferentes intereses: por un lado, los sistemas de Smalian y Huber están aceptados para determinar el volumen total de trozas; y, por otro, los sistemas de medición en pulgadas madereras ticas que se valen de varias modalidades, entre ellas la de usar una cuerda para hacer la llamada *medida a mecate* (sistema *a mecate*), y la de usar una cinta métrica y medir *en cruz* (sistema *a metro*), que expresan un interés industrial: buscan cuantificar el volumen útil, eliminando el área de las costillas y los defectos existentes en las trozas. Esto hace que, al compararse el volumen dado en los cuatro sistemas de medición, se presenten distorsiones por los siguientes efectos:

1. *Efecto medida*: como se mencionó anteriormente, los sistemas de medición Smalian y Huber atienden a estimar el volumen total de la troza, por lo que realizan mediciones en los extremos de la misma para obtener un valor promedio y en el centro para registrar un único valor que represente el diámetro promedio de la troza, respectivamente. Mientras que los sistemas a metro y a mecate se diseñaron para estimar el volumen útil de la troza, por lo que realizan sus mediciones en el extremo inferior de la misma. Esto da como resultado que el volumen representado por las "costillas" haya sido cuantificado en Smalian y Huber y no así en a metro ni en a mecate, por lo que se esperaría que estos últimos expresen un menor volumen. Sin embargo, existe un efecto que altera este resultado y que no ha sido discutido anteriormente, se trata del efecto redondeo.

2. *Efecto redondeo*: en el caso de Smalian y Huber, al utilizarse una cinta diamétrica graduada en centímetros la medición de los extremos y el centro de la troza, respectivamente, hace que no existan problemas en cuanto a pasar estas unidades a metros. La lectura en la cinta diamétrica se hace en forma exacta; es decir, si el diámetro en un extremo de la troza fue de 25,6 cm se registra entonces 25,6 cm, por lo que el redondeo no ejerce ningún efecto sobre el volumen. Sin embargo, para la medición a metro, donde se registra el diámetro promedio resultante de dos mediciones en el extremo inferior de la troza, utilizando una cinta métrica graduada en pulgadas, si una medición fue de 10 pulgadas y la otra de 11,7 pulgadas, el promedio resultante debe ser de 10,85 pulgadas que equivale a 27,56 cm, sin embargo en la práctica se registra como 11 pulgadas, aplicando el redondeo para un resultado final de 27,94 cm que afecta indudablemente el volumen real de la troza, ya que en solo una medición se está alterando el resultado final en 0,38 cm y esta diferencia acumulada a lo largo del proceso modifica el volumen, logrando una sobreestimación del mismo. Esta misma situación se da en la medición a mecate, pero, en lugar de redondear sobre el valor real obtenido, se redondea por debajo del valor real obtenido. Por ejemplo, si se cuenta con una troza cuya medición en su extremo inferior fue de 10,4 pulgadas, en lugar de registrarse como 10,4 pulgadas (26,42 cm), se redondea a 10 pulgadas que equi-

vale a 25,40 cm. En este caso, la diferencia es de 1,02 cm que en forma acumulada representa una seria subestimación del volumen real de la troza.

3. *Efecto fórmula:* originalmente las fórmulas dadas por Smalian y Huber no sufrieron modificación alguna; es decir, fueron el resultado de ecuaciones matemáticas ajustadas específicamente para obtener el volumen total de la troza, por lo que se puede decir con toda propiedad que la aplicabilidad de la fórmula para cada caso no ejerce ningún efecto sobre el volumen. No

diamétrica graduada en pulgadas y con a mecate se utiliza una cuerda o mecate.

Conversión de unidades

Para poder realizar una comparación entre los volúmenes obtenidos, utilizando las cuatro fórmulas correspondientes a los cuatro sistemas de medición de trozas, se procedió a realizar lo siguiente:

1. Para Smalian y Huber no se realizó ninguna conversión debido a que sus fórmulas utilizan el metro cúbico como unidad de medida, por



Plantación de laurel. (A. Mata)

obstante, las fórmulas utilizadas en los sistemas a metro y a mecate sí sufrieron modificaciones y fueron derivadas de otras fórmulas ya establecidas. Por ejemplo, la fórmula a mecate se derivó de la regla Doyle, donde en lugar de dividir entre π , o sea, 3,14, se divide entre 4, generando de esta forma una subestimación del volumen real de la troza, además de expresar la longitud en varas y no en metros. La fórmula utilizada en el sistema a metro es la misma que la dada a mecate. En este caso la diferencia de un sistema a otro radica en la forma de medir el diámetro en punta delgada, ya que con a metro se utiliza una cinta

lo que trabajan con áreas expresadas en metros cuadrados y longitudes en metros.

2. En la obtención del volumen en m^3 para la medición de trozas a mecate se utilizó la relación $1 m^3 = 330 pmt$ para melina, $1 m^3 = 317 pmt$ para terminalia y $1 m^3 = 301 pmt$ para acacia. Esta relación se obtuvo de dividir el volumen en pmt dado por la medición a mecate entre el volumen en m^3 dado por Smalian.

3. En la obtención del volumen en m^3 para la medición de trozas a metro se utilizó la relación $1 m^3 = 500 pmt$ para melina, $1 m^3 =$

449 *pmt* para terminalia y $1 \text{ m}^3 = 468 \text{ pmt}$ para acacia. Esta relación se obtuvo de dividir el volumen en *pmt* dado por la medición a metro entre el volumen en m^3 dado por Smalian. En este caso, se siguió el mismo procedimiento que en el punto 2. Sin embargo, es importante aclarar que las relaciones m^3/pmt expresadas en este punto 3 no se han tratado en ningún otro estudio, por lo que solo tienen validez para las especies y los datos analizados en el presente trabajo.

Volumen promedio

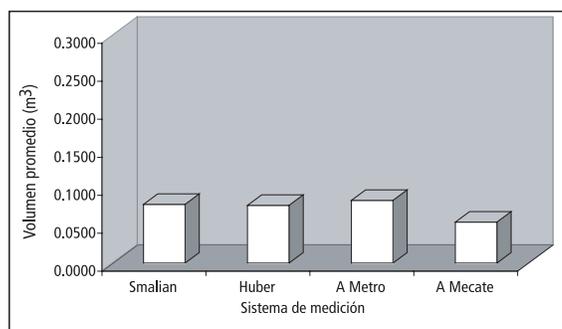
A cada una de las trozas pertenecientes a las tres especies evaluadas se les calculó el volumen utilizando el programa Microsoft Excel y se procedió a obtener el volumen promedio para cada sistema de medición de trozas y por especie. De esta forma se produjo un único volumen para Smalian, uno para Huber, uno para a mecate y uno para a metro para melina, acacia y terminalia.

Resultados y discusión

En la figura 4 se observa el volumen promedio en m^3 para *Gmelina arborea* utilizando diferentes sistemas de medición de trozas. Los resultados fueron los siguientes: $0,0773 \text{ m}^3$ utilizando la fórmula de Smalian; $0,0759 \text{ m}^3$ con Huber; $0,0825 \text{ m}^3$ cubicando a metro, y $0,0539 \text{ m}^3$ bajo el sistema de medición a mecate.

En este caso, se puede apreciar que el mayor volumen se alcanzó cubicando las trozas a metro y el menor volumen se logró midiendo las trozas a mecate, con una diferencia máxima en volumen de $0,0286 \text{ m}^3$. Este resultado se vio afectado por el efecto del redondeo que se consideró a la hora de medir las trozas con ambos sistemas y a la subestimación que se refleja con el sistema a mecate cuando se aplica la fórmula.

Figura 4. Volumen promedio en m^3 para *Gmelina arborea* bajo diferentes sistemas de medición de trozas.



Es importante anotar que el volumen obtenido a mecate representó un 35 por ciento menos que el volumen dado por la medición a metro. En este caso, se comprobó que el sistema a mecate subestima el volumen de la troza en comparación con otros sistemas de medición. Por ejemplo, al compararlo con el volumen dado por Smalian representó un 30 por ciento menos y con Huber un 29 por ciento menos.

En el caso de Smalian y Huber se observa que el volumen promedio fue muy similar, esto es $0,0773 \text{ m}^3$ para el primero y $0,0759 \text{ m}^3$ para el segundo, lo que produjo una diferencia de únicamente $0,0014 \text{ m}^3$, por lo que se puede deducir que, aplicando cualquiera de estos dos métodos, se puede obtener el volumen total de la troza en forma precisa.

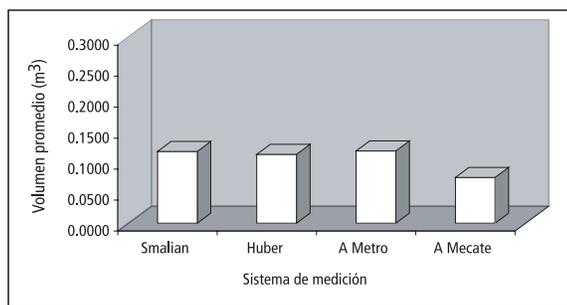
El volumen registrado por Smalian fue menor en un 6 por ciento con respecto al volumen a metro y Huber fue menor en un 8 por ciento. Este resultado se vio afectado por el efecto que tiene el redondeo con la medida a metro a la hora de realizar la medición del diámetro en el extremo inferior de la troza. Las dos mediciones realizadas fueron reportadas en pulgadas y en términos de redondeo se trabajó con pulgadas enteras; por ejemplo, si se midió 9,65 pulgadas (24,51 cm), por efectos de redondeo se reportó 10 pulgadas (25,4 cm). Además, la presencia de irregularidades en los extremos de las trozas afectó el volumen de la misma debido a que, en algunas ocasiones, las mediciones no se realizaron con exactitud en la parte de menor y mayor anchura, lo que facilitó la obtención de un mayor volumen con respecto a los otros sistemas de medición empleados. Para Smalian, en la mayoría de los casos las mediciones no se lograron realizar exactamente en los extremos de las trozas por la presencia de irregularidades, y se tuvieron que realizar alejándose un poco de los extremos con dirección hacia el centro de cada troza, mientras que por Huber las mediciones se realizaron en el centro cuando fue posible y, cuando se presentaron abultamientos u ondulaciones, se realizaron alejándose de estos defectos, tratando de acercarse en la medida de lo posible al centro de la troza. Es decir, se buscó un diámetro muy cercano al real.

En general, las diferencias obtenidas en los volúmenes reportados para los cuatro sistemas de medición en melina obedecieron a efectos de

redondeo y a la posición donde fueron tomadas las mediciones en las trozas, considerando lógicamente que cada uno de los métodos de cubicación empleados atienden a diferentes intereses y sus fórmulas consideran diversas variables que las diferencian entre sí.

En la figura 5 se presenta el volumen promedio en m^3 para *Acacia mangium* bajo cuatro sistemas de medición de trozas. En este caso, se presentó el mismo comportamiento que en *Gmelina arborea*, donde el sistema a metro reportó el mayor volumen y el sistema a mecate el menor. Los resultados fueron los siguientes: $0,1158 m^3$ con Smalian; $0,1111 m^3$ para Huber; $0,1167 m^3$ cubicando a metro, y $0,0739 m^3$ bajo el sistema de medición a mecate.

Figura 5. Volumen promedio en m^3 para *Acacia mangium* bajo diferentes sistemas de medición de trozas.



El volumen obtenido a mecate representó un 37 por ciento menos que el volumen bajo el sistema a metro, un 33 por ciento menos que el volumen con Huber y un 36 por ciento menos que el volumen obtenido con Smalian. De esta forma, se comprobó una vez más que el volumen con a mecate subestima el volumen real de la troza.

Si se comparan los volúmenes dados por Smalian y Huber se tiene que el primero fue mayor que el segundo en $0,0047 m^3$, lo que representó una diferencia de un 4 por ciento. No obstante, si se comparan estos dos volúmenes con el obtenido con a metro se tiene que Smalian fue menor en un 1 por ciento y Huber en un 5 por ciento. Al igual que en melina, este resultado en el volumen obtenido con el sistema a metro se debió al efecto del redondeo y a las irregularidades presentadas en los extremos y el centro de las trozas.

En la figura 6 se muestra el volumen promedio en m^3 para *Terminalia ivorensis* a partir

de la aplicación de cuatro sistemas de medición de trozas. El volumen dado por Smalian fue de $0,2564 m^3$, con Huber se obtuvo un valor de $0,2474 m^3$, bajo el sistema de cubicación a metro se logró un volumen de $0,2387 m^3$ y con a mecate $0,1735 m^3$.

A diferencia de las dos especies anteriores, el mayor volumen está representado por Smalian y, como era de esperar, el menor volumen se obtuvo por medio del sistema a mecate. En este caso, la diferencia porcentual entre ambos volúmenes fue de un 32 por ciento

La diferencia entre el volumen con Smalian en comparación con los volúmenes dados por Huber y con a metro fue de un 3 por ciento en el primer caso y de un 7 por ciento en el segundo. En este caso, que el volumen obtenido por Smalian y Huber haya sido mayor que el reportado con a metro tiene una explicación relacionada directamente con el tamaño y forma de las trozas. En *Terminalia ivorensis* las trozas presentaron menos irregularidades en sus extremos y en el centro en comparación con las trozas de *Gmelina arborea* y *Acacia mangium*. Por lo tanto, las mediciones realizadas con a metro se vieron afectadas únicamente por efectos de redondeo y las mediciones realizadas con Smalian y Huber se lograron efectuar exactamente en los extremos y el centro de cada troza, por lo que se obtuvo un volumen muy cercano al real.

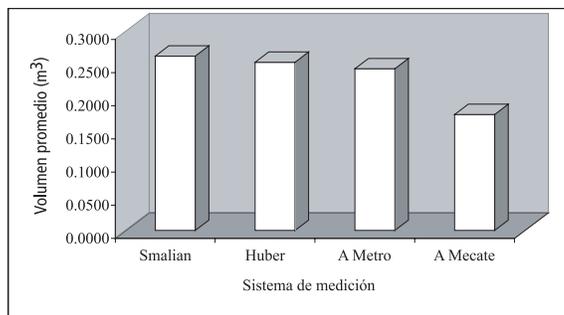
El volumen con a mecate también fue menor al ser comparado con el volumen obtenido con Huber y con a metro. En el primer caso, la diferencia fue de un 30 por ciento y en el segundo caso de un 27 por ciento. Esta situación evidencia nuevamente que si se utiliza el sistema de medición a mecate siempre se va a obtener un volumen muy por debajo del real.

Desde el punto de vista práctico, se ha comprobado que el sistema de medición a mecate es el más fácil de implementar en el campo; sin embargo, es el sistema que más subestima el volumen real de la troza. El problema de una subestimación en el volumen de la troza radica en el hecho de que el dueño de la madera recibe menos dinero por el volumen que representa cada troza cosechada y es en este punto, precisamente, donde se dan los mayores desacuerdos a nivel comercial.

Es importante destacar que las mayores diferencias en el volumen se obtuvieron entre el

sistema con a mecate y los otros tres sistemas analizados. En este caso, se percibe una subestimación importante en el volumen real de cada troza. Mientras, las evidentes diferencias entre los sistemas Smalian, Huber y a metro no son significativas desde el punto de vista práctico, ya que estos tres sistemas pueden utilizarse en la cubicación de las trozas con resultados similares en la estimación del volumen de la madera en rollo. Esta aclaración permite deducir que el sistema de medición de trozas más conveniente para el dueño de la madera estaría representado por Smalian, Huber y a metro. Mientras que el sistema de medición más conveniente para el que compra la madera respondería a la cubicación de las trozas a mecate. En este sentido, es importante que tanto el dueño de la madera (productor) como el comprador (intermediario-industrial) lleguen a un acuerdo y definan de antemano el sistema de medición de trozas a emplear, de modo tal que todos los actores involucrados en el proceso se vean beneficiados.

Figura 6. Volumen promedio en m³ para *Terminalia ivorensis* bajo diferentes sistemas de medición de trozas.



Conclusiones

- En general, las diferencias obtenidas en los volúmenes reportados para los cuatro sistemas de medición en las tres especies obedecieron a efectos de redondeo y a la posición donde fueron hechas las mediciones en las trozas debido a las irregularidades presentadas en las mismas, tomando en cuenta además que cada uno de los métodos de cubicación empleados atienden a diferentes intereses y sus fórmulas consideran diversas variables que las diferencian entre sí.
- Es necesario que el propietario de la madera conozca con mayor detalle la aplicación de

los cuatro sistemas de medición analizados en el presente estudio, ya que si utiliza el sistema a mecate existe el inconveniente de que solo esté vendiendo la madera útil, sin tomar en cuenta las costillas que, a pesar de que de ellas no se obtiene productos de interés comercial, son madera que al propietario le ha costado producir.

- Es difícil recomendar un sistema de medición en particular, ya que desde el punto de vista del dueño de la madera (productor) el sistema de medición de trozas más conveniente sería la cubicación de las trozas por Smalian, Huber y a metro. Mientras que desde el punto de vista del comprador (intermediario/industrial) el sistema más conveniente sería la cubicación de las trozas a mecate. Debido a que el precio de la madera se fija en función del sistema de medición que se utilice y que ningún comprador paga por la madera que no tendrá uso industrial, tanto el comprador como el dueño de la madera deben definir de antemano cuál sistema van a aplicar en la medición de las trozas, de modo que ambos se vean beneficiados en este acuerdo comercial.

Referencias bibliográficas

- Lega, Francisco. 1997. *Cálculo de volumen de madera en troza mediante el Método Estéreo*. Coseforma-GTZ. Documento del proyecto # 50. Costa Rica.
- Bravo, V. et al. 1988. *Unidades de medición utilizadas en la comercialización de la madera*. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Costa Rica.
- Wiessel, Carlos. 1975. *Sistemas tradicionales de medida de trozas*. Segundo Seminario Industrialización de la Madera. Aserrijo de Maderas. Compendio de conferencias. ITCR. Costa Rica.