

EVALUACION ECOLOGICA Y ECONOMICA DE LOS RECURSOS FORESTALES DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DE RIO CONCHAS

Ramos Mejía Sebastián¹, Olivera Serrano Pablo Andres², Ponce Coila Juan Edgar³,
Soto Cortez Jorge Rodrigo⁴ y Aramayo Lozano Daniel Alberto⁴

¹Profesor Titular, ²Profesor A ³Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales,
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

³Investigador

⁴Investigador Junior

Dirección para correspondencia: Sebastián Ramos Mejía, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Av. Víctor Paz, Zona el Tejar, Campus Universitario, Tarija, Bolivia.
Correo electrónico: sebasrm@uajms.edu.bo

RESUMEN

La incertidumbre en la estimación de la biomasa, es una de las limitaciones para determinar el flujo de carbono en los bosques de la Selva Tucumano Boliviana, por ello, fue necesario desarrollar modelos para estimar las tasas de producción de biomasa, en respuesta al manejo y uso de la tierra, por ello, ésta investigación tuvo el propósito de conocer las características ecológicas y económicas de la vegetación arbórea en la Estación Experimental de Río Conchas, localizado al sur del departamento de Tarija.

Para este cometido, se instalaron parcelas de 0.25 has, para levantar árboles con diámetros entre 10 y 39.9 cm (clases inferiores) y se hizo un censo forestal en 135.9 ha para árboles con diámetro de referencia mayores a 40 cm. (clases superiores). A partir de los resultados dasométricos se determinó que la distribución de frecuencia y área basal por hectárea y por clase diamétrica, presentan buen ajuste con modelos exponenciales. Las alturas, presentaron altos niveles de variabilidad, que ha requerido efectuar correcciones con el modelo logarítmico encontrándose alturas asíntóticas de 9.6 y 22.5 m.

La biomasa aérea estimada fue 137.9 t/ha, lo que significa un contenido de carbono de 68.97 t/ha; donde las especies que aportan mayores cantidades de biomasa aérea son Tipa blanca, Cebil colorado y Suiquillo. Los ingresos por el almacenamiento de carbono son \$345/ha, \$689/ha y \$1379/ha para precios de \$5/t, \$10/t y \$20/t. El valor neto presente para un horizonte de 100 años es \$2867/ha. Con estos valores, es importante difundir las características ecológicas de la EERC para entrar en el mercado del carbono, ya que es el único mercado de servicios ambientales que actualmente está operando y que tiene un alcance global.

Palabras clave: Evaluación ecológica, Biomasa, Río Conchas, Evaluación económica, Carbono

ABSTRACT

The uncertainty in the estimate of the biomass, is one of the limitations to determine the flow of carbon in the forests of the Forest Bolivian Tucumano, for it, it was necessary to develop models to estimate the rates of production of biomass, in answer to the handling and use of the earth, for it, this investigation had the purpose of knowing the ecological and economic characteristics of the arboreal vegetation in the Experimental Station of River Shells, located to the south of the department of Tarija.

For this made, they settled parcels of 0.25 there are, to lift trees with diameters between 10 and 39.9 cm (inferior classes) and a forest census was made in 135.9 there are for trees with diameter of more reference to 40 cm. (superior classes). Starting from the results dasométric it was determined that the distribution of frequency and basal area for hectare and for class diamétric, they present good adjustment with exponential models. The heights presented high levels of variability that it has required to make corrections with the logarithmic pattern being heights of 9.6 and 22.5 m.

The dear air biomass was 137.9 t/ha, what means a content of carbon of 68.97 t/ha; where the species that contribute bigger quantities of air biomass are white Tipa, Cebil and Suiquillo. The revenues for the storage of carbon are \$345/ha, \$689/ha and \$1379/ha for prices of \$5/t, \$10/t and \$20/t. The value net present for a 100 year-old horizon is \$2867/ha. With these values, it is important to diffuse the ecological characteristics of the EERC to enter in the market of the carbon, since it is the only market of environmental services that at the moment is operating and that he/she has a global reach.

Keywords: Ecological evaluation, Biomass, River Shells, economic Evaluation, Carbon

INTRODUCCION

En Bolivia y en particular en Tarija, hay una carencia de información científica con respecto al conocimiento del contenido de carbono en bosques naturales, por falta de investigaciones específicas. Por lo tanto, se considera pertinente desarrollar estudios con el fin de estimar el contenido de carbono en estos bosques.

A partir de estos estudios se tendrán pautas necesarias para dar inicio a las propuestas del mercado del carbono y para la creación de instrumentos jurídicos nacionales dentro del contexto de un mecanismo de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) o bien un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Motivados por estas oportunidades, este proyecto se implementa en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquia que tiene influencia con el Corredor Ecológico Barifú de la República Argentina, por lo que es imprescindible contar con información relevante acerca de los recursos naturales que posee y las potencialidades que presenta, con la finalidad de tomar decisiones adecuadas en el marco de las políticas de conservación de los recursos naturales y su biodiversidad.

Sustentando lo anterior, el estudio de Zonificación Agroecológica del Departamento de Tarija, propuso el año 2001, efectuar estudios de biodiversidad y conservación de flora y fauna, enfatizando en las acciones tendientes a controlar el aprovechamiento clandestino de especies maderables de acuerdo a lo estipulado en la Ley Forestal 1700.

Sin embargo, no se han efectuado las acciones necesarias para dar cumplimiento a estas directrices técnicas. En contraste, en las áreas de influencia de Río Conchas, los pobladores siguen efectuando extracciones selectivas de las especies valiosas, especialmente cedro, nogal y quina, las cuales son explotadas en forma irracional e intensiva por falta de conocimiento en manejo forestal de este tipo de bosque.

Por lo tanto, es importante mejorar el conocimiento del bosque en términos de diversidad, servicios ambientales, existencias maderables actuales y potenciales y aprovechamiento sostenible de productos secundarios del bosque.

Asimismo, esta investigación pretende brindar la información para elaborar un Plan Maestro de Uso y Manejo de la EERC, ya que es importante contar con un plan estratégico en el corto y mediano plazo. La UAJMS a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales,

ha realizado algunas investigaciones en relación a las características y manejo de los recursos naturales en la EERC.

Sin embargo, existen todavía vacíos de conocimiento para elaborar un Plan Maestro de Uso y Manejo de los Recursos Forestales de la EERC, con el fin de conservar la diversidad del bosque y apoyar el desarrollo sostenible de la región.

Por lo anteriormente expuesto esta investigación pretende evaluar ecológica y económicamente los recursos forestales actuales y potenciales de la Estación Experimental de Río Conchas (EERC) con el fin de elaborar un Plan Maestro de Uso y Manejo donde se definan las acciones para la investigación, capacitación y difusión de la conservación de los recursos naturales en el ecosistema forestal de la Selva Tucumano Boliviana.

AREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el predio denominado Estación Experimental Río Conchas (EERC) de propiedad de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), localizado al margen derecho del Río Conchas.

Las coordenadas geográficas de la EERC son: 22°20'59,44" de latitud sur, 64°25'28,45" de longitud oeste y 22°19'59,21" latitud sur y 64°23'49,36" longitud oeste. Presenta una altitud entre 800 a 1000 m.s.n.m. La EERC se encuentra en la comunidad denominada Conchas del Cantón de Tariquía perteneciente a la Provincia Arce del Departamento de Tarija, a una distancia aproximada de 150 Km al sur de la Ciudad de Tarija.

De acuerdo a las características climáticas, la zona corresponde a clima templado cálido semihúmedo, con veranos lluviosos, siendo los meses con mayor precipitación de enero a marzo y una temperatura media anual de 19.5°C, que alcanza la temperatura máxima extrema de 40°C.

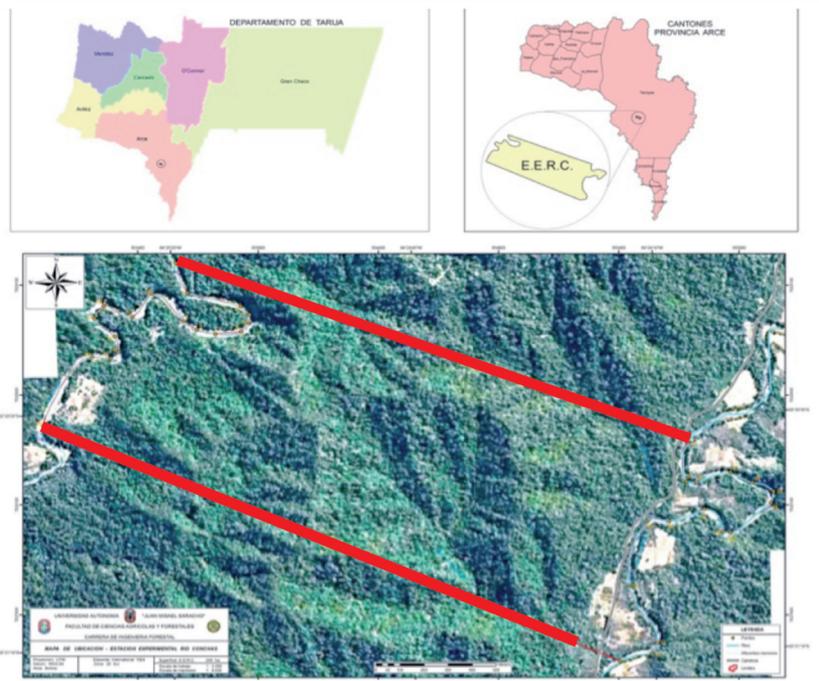


Figura 1. Localización de la zona de estudio (EERC)

El bosque está constituido por árboles que sobrepasan los 20 m de altura, conformando un bosque denso siempre verde semidecídulo submontano, en donde sobresalen en el dosel superior especies de los géneros *Tabebuia*, *Cedrela*, *Tipuana*, *Myroxylon*, *Anadenanthera* y otros.

MATERIALES Y METODOS

Se ha trabajado con tres programas informáticos: a) ArcGis Versión 9.3, b) Erdas Imagine Versión 9.3, c) Infostat versión 2010. También se ha utilizado imágenes de satélite de la plataforma LANDSAT y CBERS para la generación de mapas temáticos.

Material/Equipo	Actividad
GPS MAP Garmin 76CSx	Geoposicionamiento de puntos
Brújula Suunto KB 14	Orientación de línea base y picas
Clinómetro Suunto	Medición de pendientes en línea base y picas
Cinta diamétrica	Medición de diámetros
Distanciómetro Tree Laser TLM 300	Medición de altura de árboles muestra

Para el levantamiento de la información de campo, se optó por un censo forestal en 135.9 ha de las 240.87 del área total, para los árboles con diámetros mayores a 40 cm. El método utilizado fue el sistemático, abriéndose una línea base de Este a Oeste con una orientación de 280°, que cruzó longitudinalmente el área de la EERC. Posteriormente se abrieron picas cada 100 m con rumbo de 10° hacia el Norte y 190° hacia el Sur. Durante la

apertura de la línea base como de las picas se fueron colocando jalones cada 25 m, y se anotaron la distancia horizontal acumulada en una cinta de color naranja. Asimismo, en los puntos de intersección entre la línea madre y las picas se fueron poniendo postes de 2 m. de longitud en los cuales se anotó el inicio o el fin de las picas y el número de pica.

En adición, se efectuaron mediciones con el GPS para conocer las coordenadas de amarre en los puntos de intersección. En el levantamiento de datos de los árboles se registró el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura de fuste, altura total, calidad de fuste, las coordenadas X e Y en relación a los puntos de amarre, y el nombre común de la especie. Con esta información se generó una base de datos de 3084 árboles para el área censada.

Para recolectar información acerca de los árboles con diámetros entre 10 y 40 cm, se ha utilizado un conglomerado de parcelas de 0.25 ha, 0.5 ha y 1 ha. La superficie total de estas parcelas fue de 4 ha. La información obtenida en estas parcelas fue la misma que para los árboles con diámetros a partir de 40 cm, registrándose a 1220 árboles en las parcelas de muestreo.

Los parámetros calculados fueron: a) abundancia, b) diámetro promedio, c) área basal/ha, d) volumen/ha. Efectuándose un análisis por especie y por clase diamétrica. Para determinar la altura del árbol, se ha efectuado la medición con el distanciometro en algunos árboles, y sobre la base de estos las alturas han sido estimadas durante el censo forestal. Con los datos de DAP y Altura comercial del Fuste, se ha calculado el volumen de los fustes utilizando un coeficiente de forma de 0,7. La estructura del bosque se analizó en función de la distribución diamétrica y se generaron tablas de frecuencia con intervalos de clase de 5 y de 10 cm de diámetro. El conocimiento de la distribución de los árboles en cada una de las clases permitió determinar el rendimiento del bosque en biomasa y en carbono.

Para estimar la biomasa aérea se utilizaron: a) la densidad de la madera (DM) en Kg/m³, b) el diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm, y c) la altura total (Ht) en m. La biomasa aérea para cada árbol se estimó utilizando las ecuaciones propuestas por Brown et al. (1989), Chambers et al. (2001) y Chave et al. (2001).

Modelo de Brown et al. (1989)

$$Biomasa\ aérea\ (Kg) = \exp[-2.409 + 0.952 * \ln(DM * DAP^2 * Ht)]$$

Modelo de Chambers et al. (2001)

$$Biomasa\ aérea\ (Kg) = \frac{DM}{DP} * \exp(0.33 * [\ln DAP] + 0.933 * [\ln DAP]^2 - 0.122 * [\ln DAP]^3 - 0.37)$$

Modelo de Chave et al. (2001)

$$Biomasa\ aérea\ (Kg) = \frac{DM}{DP} * \exp(2.42 * [\ln DAP] - 2.00)$$

Para conocer el valor del bosque en el futuro se utilizó un horizonte de tiempo de 100 años y una tasa de interés del 12%. En adición, se utilizaron diferentes montos de pago por cada tonelada de carbono, esto es, 5 \$us/t de C, 10 \$us/t de C, y 20 \$us/t de C, debido a que estos precios son los que se han estado utilizando para valorar los bosques en Bolivia.

RESULTADOS

Composición y Estructura del Bosque

Para árboles con diámetros mayores a 40 cm, se han encontrado 3084 individuos en una superficie de 135,885 ha, (22,7 individuos/ha) agrupados en 24 familias botánicas, 35 géneros y 37 especies. Las familias con mayores abundancias son Mimosoideae (20.27%), Papilionoidea (17.54%), Boraginaceae

(10.96%), Bignoniaceae (9.86%), Sapindaceae (7.39%), Mediaceae (6.45%) y Polygonaceae (5.12%). La familia Mimosoideae está influenciada fundamentalmente por *Anadenanthera colubrina* (cebil colorado) y en menor grado por *Piptadenia viridiflora* (vilcaran). En cambio, la familia Papilionoideae tiene una buena abundancia por *Tipuana tipu* (tipa blanca) y en menor grado por *Myroxylon peruiferum* (quina colorada). Por su parte, la familia Boraginaceae es abundante por la densidad de la especie *Patagonula americana* (lanza blanca) y en menor grado por *Cordia trichotoma* (afata).

Para árboles con DAP entre 10 cm y 40 cm, las especies con mayores densidades son *Cupanea vernalis* (9.92%), *Urera* sp. (9.75%), *Phoebe porphyria* (7.87%), *Chrysophyllum gonocarpum* (7.13%), *Anadenanthera colubrina* (5.98%), *Allophylus edulis* (5.33%), *Eugenia* sp. (5.25%), *Inga* sp. (5.08%) y *Solanum riparium* (4.02%), las demás especies presentan densidad por debajo de 4%. Las especies *Blepharocalyx salicifolius* (barroso), *Duranta serratifolia* (espinillo), *Rapanea laetevirens* (Yuruma),

Cassia carnaval (carnaval), *Tecoma stans* (Guaranguay), *Fagara coco* (sauco), *Xylosma pubescens* (supa diablo), y *Astronium urundeuva* (urundel) presentan menores densidades.

Con respecto al Índice de Valor de Importancia (IVI) y al Índice de Sociabilidad (IS) para árboles con diámetros desde 10 hasta 39.9 cm, se tiene a la especie *Cupanea vernalis* con mayor peso ecológico con un IVI de 7.69%, seguido de las especies *Urera* sp. (7.62%), *Chrysophyllum gonocarpum* (6.93%), *Phoebe porphyria* (6.40%), *Anadenanthera colubrina* (5.71%), y *Eugenia* sp. (5.01%), las demás especies presentan valores de IVI inferiores al 5%. En relación al Índice de Sociabilidad (IS) la especie *Phoebe porphyria* presenta mayor agregación de los individuos. En un segundo grupo están las especies *Cupanea vernalis*, *Urera* sp., y *Anadenanthera colubrina*; mientras que las especies *Cassia carnaval*, *Tecoma*

stans, Fagara coco y Astronium urundeuva presentan los valores más bajos de IS.

Para arboles con diámetros a partir de 40 cm, las especies que tienen mayor peso ecológico son Tipuana tipu (15.24%), Anadenanthera colubrina (10.54%),

Patagonula americana (7.9%), Tabebuia heteropoda (7.61%), Piptadenia viridiflora (5.83%), Cedrela sp. (5.65%), Diatenopteryx sorbifolia (5.6%); las otras especies presentan valores de IVI inferiores a 5%. En contraste, las especies con menor peso ecológico son: Enterolobium contortisiliquum (0.08%) y Fagara coco (0.08%).

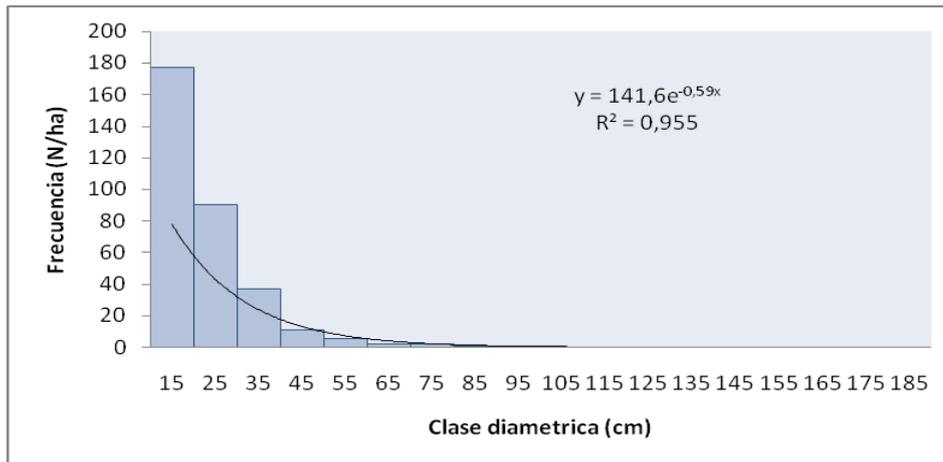


Figura 2. Distribución de los arboles por categorías diamétricas a partir de 10 cm de DAP.

La distribución por clases diamétricas de los individuos en el bosque, muestra una J-invertida, donde las frecuencias más altas se presentan en las clases diamétricas más bajas (10-20, 20-30, 30-40, y 40-50); mientras que en las clases diamétricas superiores el número de individuos es bastante bajo, especialmente a partir de la clase 70-80 donde la curva se estabiliza, esta distribución se ajusta al modelo exponencial con un coeficiente de determinación bastante alto, cuyo comportamiento es característico en bosques naturales poco intervenidos.

El diámetro a la altura del pecho presenta un promedio de 55.72 cm y una desviación estándar de 17.4 cm; mientras que la altura comercial presenta una media de 6.38 m y una desviación de 2.72 m. Por otro lado, la altura total tiene una media de 17.11 m y una desviación

de 3.49 m. La estadística descriptiva de los parámetros dasométricos, muestran que el volumen presenta el mayor coeficiente de variación, ya que sus valores varían de 0.08 m³ a 23.41 m³, mientras que la altura total presenta la menor variación con 20.37%.

Finalmente, se observa que la densidad específica de la madera presenta una variabilidad relativamente baja, ya que se tienen especies con densidades bajas de 0.32 t/m³ en el caso de Itapalla y especies con densidades altas de hasta 1.22 t/m³ del Urundel.

En adición, el 50% de los individuos presentan densidades menores o iguales a 0.78 t/m³ y un 75% presentan densidades menores o iguales a 0.96 t/m³, tal como se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de los parámetros dasométricos del censo forestal

Medidas	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)	Densidad de la madera (t/m ³)	Volumen (m ³)	Área basal (m ²)
Promedio	55.72	6.38	17.11	0.80	1.18	0.27
Desviación estándar	17.4	2.72	3.49	0.20	1.33	0.21
Varianza	302.65	7.42	12.15	0.04	1.78	0.04
Error estándar	0.31	0.05	0.06	0.003	0.02	0.004
Coefficiente de variación	31.22	42.72	20.37	24.65	113.22	78.43
Mínimo	40	1.00	4.00	0.32	0.08	0.13
Máximo	187.8	18.00	30.00	1.22	23.41	2.77
Mediana	50.77	6.00	18.00	0.78	0.79	0.20
Primer cuartil	44.00	4.00	15.00	0.70	0.51	0.15
Tercer cuartil	60.48	8.00	20.00	0.96	1.34	0.29

Debido a que el volumen comercial de los árboles permite calcular la biomasa del fuste con mayor confiabilidad y este valor sirve para comparar las ecuaciones alométricas, se ajustó las relaciones de DAP y altura comercial por un lado y DAP y altura total por otro. En el caso de la altura comercial la relación DAP y altura ha

presentado un buen ajuste al modelo logarítmico con un coeficiente de determinación de 0,85%, presentando una altura asintótica de 9,6 m. De la misma manera la altura total se ajusta al modelo logarítmico con un coeficiente de determinación de 0,83% y con una altura asintótica de 22,5 m.

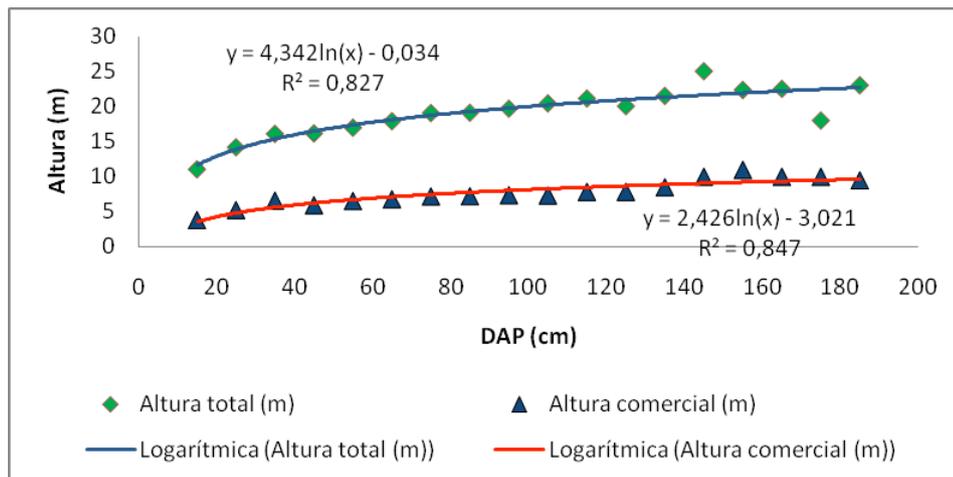


Figura 3. Ajuste de las variables DAP, altura comercial y altura total de los árboles

Biomasa aérea de la EERC

Los cálculos de la biomasa aérea reportan mayor promedio para la fórmula de Chambers et al. (2001) con 2,58 t/árbol, seguido de la fórmula de Chave et al. (2001) con 2,04 t/árbol y finalmente la fórmula de Brown et al. (1989) con 1,93 t/árbol. En relación a la presencia de valores extremos y a la asimetría, se observa que la fórmula de Chave presenta mayor cantidad

de observaciones con valores extremos superiores. Posteriormente, la fórmula de Brown y luego la fórmula de Chambers que presenta pocos valores extremos superiores. Con respecto a la asimetría, se observa que la fórmula de Chambers presenta una distribución más simétrica en comparación con los otros modelos, como se observa en la Figura 4.

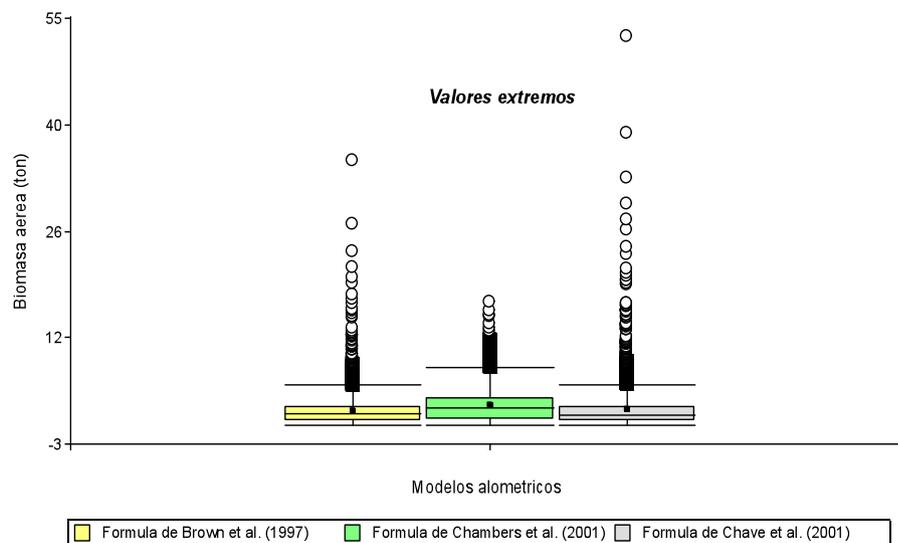


Figura 4. Comportamiento estadístico de los modelos utilizados

Comparando la relación DAP y biomasa aérea con los tres modelos, se presenta buen ajuste a un polinomio de segundo grado. De hecho, los modelos de Brown y Chave presentan un coeficiente de determinación (r^2) de 0.99; mientras que el modelo de Chambers presenta un r^2 de 0.98. Estos ajustes se han efectuado hasta la

clase de 120 a 130 cm ya que estos son los representativos por el número de individuos; mas allá de esta clase el ajuste puede variar, pero, existe una gran incertidumbre debido al escaso número de observaciones en clases superiores, como se observa en la Figura 5.

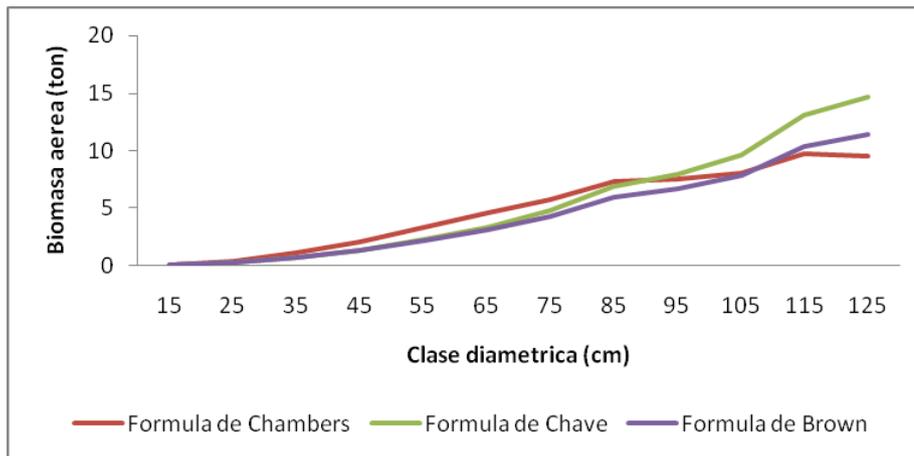


Figura 5. Relación clase diamétrica y biomasa aérea para los tres modelos utilizados

Comparando las tres ecuaciones alométricas se tiene una biomasa aérea de 137.95 t/ha para la fórmula de Brown, 185.11 t/ha para la fórmula de Chambers y 128.58 t/ha para la fórmula de Chave. Discriminando los valores por clase diamétrica se tiene que las mayores biomásas aéreas en t/ha se encuentran en diámetros de 20 a 30 cm y de 30 a 40 cm utilizando la fórmula de Chambers.

Asimismo, se observa mayores diferencias de biomasa entre los modelos en las clases diamétricas inferiores, las cuales van disminuyendo a medida que aumenta la clase diamétrica hasta llegar a la clase de 90 a 100 cm donde la biomasa de las tres ecuaciones presenta casi el mismo valor entre 2.5 y 3 t/ha.

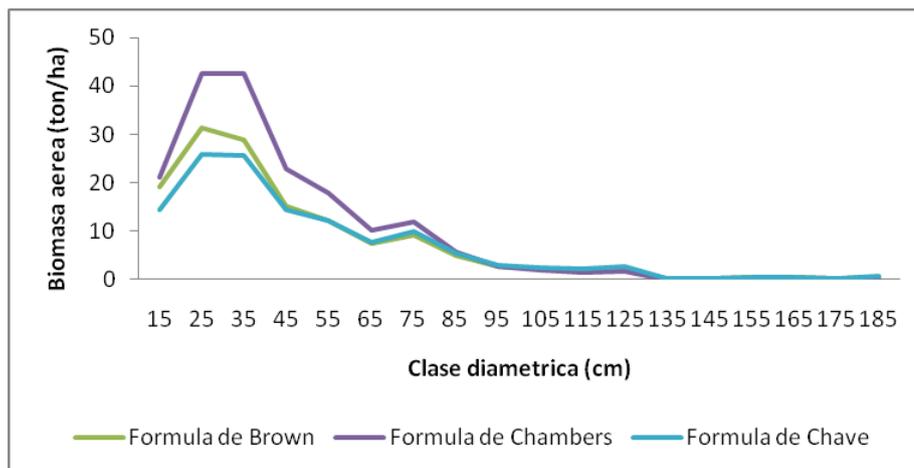


Figura 6. Relación clase diamétrica y biomasa aérea en t/ha para los modelos alométricos.

Selección del modelo de biomasa aérea de la EERC

Para la selección del modelo de biomasa aérea, se comparó la masa del cilindro con la biomasa de cada ecuación alométrica, ya que existe una relación directa entre la masa del cilindro y la biomasa aérea. Para la

ecuación Brown (1989), se tiene un coeficiente de determinación de 0.9987, y coeficiente de correlación de 0.99, esto significa, una alta relación lineal entre ambas masas. Asimismo, presenta un cuadrado medio del error de solo 0.01 (error estándar de 0.1). Comparando la biomasa aérea de Brown y la biomasa del fuste el

coeficiente de determinación y correlación son similares. Esto significa que ambos valores de la masa del cilindro y la biomasa del fuste presentan una alta relación lineal

con la biomasa aérea calculada con la fórmula de Brown et al. (1989).

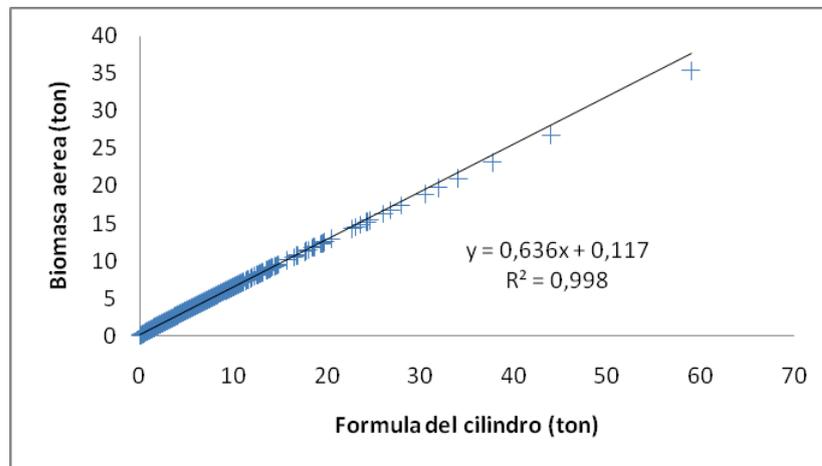


Figura 7. Comparación de las formulas del cilindro y de biomasa aérea de la fórmula de Brown et al.

La valoración económica de la biomasa aérea se ha realizado utilizando la ecuación de Brown et al. (1989), la cual reporta una biomasa de 137.95 ton/ha y un contenido de carbono de 68.97 ton/ha, por el aporte de las especies Cebil colorado y Tipa Blanca, luego se tiene un segundo grupo de especies como Suiquillo, Cóndor, Aguay, Lapacho amarillo, Laurel de la falda y Lanza blanca. El comportamiento del contenido de carbono es similar y se ha considerado que el contenido de carbono representa el 50% de la biomasa aérea.

Para el cálculo del valor del carbono en la EERC se han utilizado precios de referencia. De hecho, utilizando un valor de \$5/ton de carbono se tendría un ingreso de \$344.87 (2414.09bs) por ha. En cambio, si se utiliza un precio de \$10/ton de carbono se tendría un ingreso de \$689.74 (4828.18 bs) por ha y finalmente, si tenemos un precio de \$20/ton de carbono el valor total sería de \$1379.48 (9656.36 bs) por ha. En el caso de las dos especies con mayor contribución de biomasa Cebil colorado y Tipa blanca estos generan un valor de carbono de \$85.01/ha, \$170.02/ha y \$340.05/ha, representando casi el 25% del total.

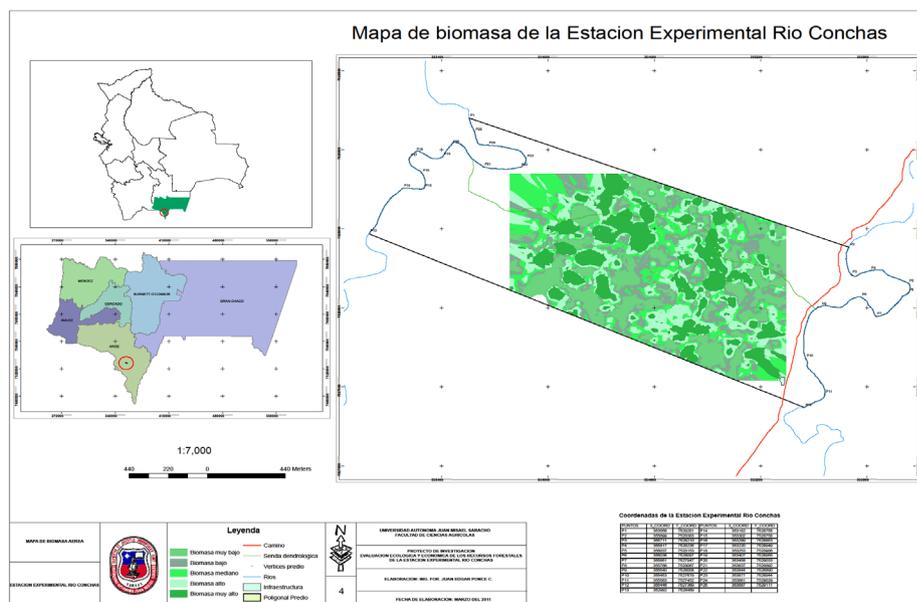


Figura 8. Distribución de biomasa aérea en la estación Experimental de Río Conchas.

Ahora bien, considerando un horizonte de tiempo de 100 años, y una tasa de incremento diamétrico de 0.5 cm/año que es un promedio estimado para las especies de la Selva Tucumano Boliviano de acuerdo a lo reportado por parcelas permanentes en la Reserva de Tariquia, se observa que si ahora se tiene una biomasa aérea de 137.95 t/ha y un contenido de carbono de 68.97 t/ha, estos valores van aumentando con el tiempo si no efectuamos ningún aprovechamiento o extracción de los árboles y dejamos que la masa forestal se vaya incrementando.

De hecho, a 20 años se tiene una biomasa aérea de 234 t/ha y un contenido de carbono de 117 t/ha; a los 50 años se tendría una biomasa de 434 t/ha y 217 t/ha de carbono. Finalmente, para el horizonte de tiempo de los 100 años se tendría 914 t/ha de biomasa y 457 t/ha de carbono.

DISCUSIÓN

La biomasa aérea estimada para La EERC de 137.9 t/ha es menor comparado con la biomasa aérea de los bosques densos húmedos tropicales de la Amazonia en el Brasil que presentan valores entre 185 t/ha y 228 t/ha (Higuchi et al. 1994) y con estimaciones de biomasa aérea en el Sur de la Amazonia en el Brasil que reporta 276 t/ha (Feldpausch et al. 2006).

Comparando con los valores reportados en Bolivia, se encuentra entre la biomasa aérea de la ecoregión de transición chiquitano amazónica de 97 t/ha y el de la Amazonía de 171 t/ha.

En adición, la biomasa estimada es menor a lo encontrado en los bosques subhúmedo y seco de la Chiquitania que presenta una biomasa aérea entre 160 a 170 t/ha (Mostacedo et al. 2008).

Estas diferencias pueden atribuirse a la diferencia en la estructura del bosque y a la composición botánica, ya que la altura del dosel superior es mayor en la Chiquitania.

Comparando con la biomasa aérea de 172.87 t/ha obtenidos para la Selva Tucumano Boliviana en la Argentina (Gasparri y Manghi, 2004), el valor de biomasa en la EERC también es menor, esto puede deberse al elevado número de individuos con dimensiones menores en comparación con los del sector correspondiente a la Argentina.

Esto también está relacionado con la biomasa de fuste ya que mientras la biomasa de fuste alcanza 45.62 t/ha; en la Argentina es de 57.08 t/ha. Asimismo, es necesario

incorporar la biomasa de la hojarasca y que no se ha efectuado en el presente trabajo.

A pesar del valor de biomasa obtenido, tampoco es muy bajo con respecto a otros ecosistemas, de modo que si se toma la decisión de dejar creciendo el bosque en su condición natural, se incrementará el contenido de carbono, por lo tanto aumentarían los pagos por la acumulación de carbono. De hecho, si se toma un horizonte de tiempo de 100 años, se tendría un valor neto presente de \$2867/ha, permitiendo a los actores del lugar a tener nuevas alternativas de uso por servicios ambientales que brindan estos bosques.

La composición botánica de los bosques de la EERC, reporta la presencia de 29 familias botánicas, 44 géneros y 48 especies para árboles a partir de 10 cm, donde las familias con mayor peso ecológico son las Sapindáceae para categorías diamétrica inferiores y las Mimosoideae para las categorías superiores.

Las variables de diámetro, altura comercial y altura total presentan altos niveles de variabilidad, por lo que es necesario efectuar correcciones. La corrección de alturas genera una altura asíntótica para la altura comercial de 9.6 m y para la altura total de 22.5 m observándose un buen ajuste al modelo logarítmico.

Los modelos de Brown y de Chave presentan un buen ajuste utilizando la biomasa aérea como variable dependiente y la masa del cilindro y biomasa del fuste como variable independiente. Seleccionándose el modelo de Brown como el mejor debido al menor error estándar de estimación en comparación con el modelo de Chave.

La biomasa aérea estimada es 137.9 ha, y un contenido de carbono de 68.97 t/ha, por tanto, los ingresos por almacenamiento de carbono son \$345/ha, \$689/ha y \$1379/ha para precios de \$5/t, \$10/t y \$20/t. El valor neto presente para un horizonte de 100 años es \$2867/ha. Si el 80% de la EERC está cubierto con vegetación arbórea, generaría ingresos de \$66215, \$132430 para precios de \$5/t y \$10/t

Sobre la base de estos valores, es importante generar mayor difusión acerca de las características ecológicas de la EERC para entrar en el mercado del carbono, ya que es el único mercado de servicios ambientales que actualmente está operando y que tiene un alcance global.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, I.G. 2004. Levantamiento Florístico Preliminar de la Estación Experimental de Rio Conchas. Informe Técnico. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS). Departamento de Fitotecnia. Tarija, Bolivia. 19 p.
- Araujo, M.A., Arroyo, P.L., Killeen, T.J., Saldias, P.M. 2006. Dinámica del Bosque, Incorporación y Almacenamiento de Biomasa y Carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. *Ecología en Bolivia* 41(1): 24-45.
- Brouwer, M., Manghi, E. 2006. Cambios Estructurales en la Selva Tucumano Boliviana entre 1975 y 2000 en la zona de Tartagal. Dirección de Bosques. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Salta, Argentina. 15 p.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) FAO Forestry. Paper 134, Illinois, USA. 55p.
- Brown S., Gallespie, A.J. Lugo, A. 1989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forest with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35(4):881-902.
- Chave, J., Riera, B., Dubois, M.A. 2001. Estimation of Biomass in a Neotropical Forest of French Guiana: Spatial and Temporal Variability. *Journal of Tropical Ecology* 17:79-96.
- Feldpausch, T.R., McDonald, A.J., Passos, C.A.M., Lehmann, J., Riha, S.J. 2006. Biomass, Harvestable Area, and Forest Structure Estimated from Commercial Timber Inventories and Remotely Sensed Imagery in Southern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 233: 121-132.
- Gasparri, I., Manghi, E. 2004. Estimación de Volumen, Biomasa y Contenido de Carbono de las Regiones Forestales Argentinas. Informe Final. Ministerio de Salud y Ambiente. Buenos Aires, Argentina. 26 p.
- Higuchi, N., dos Santos, J.M., Imanaga, M., Yoshida, S. 1994. Aboveground Biomass Estimate for Amazonian Dense Tropical Moist Forest. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 30: 43-54.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. Kanagawa, Japan.
- Mostacedo, B., Villegas, Z., Licona, J.C., Alarcón, A., Leaño, C., Peña, M., Porter, L. 2008. Documento Técnico No. 3. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF). Santa Cruz, Bolivia. 43 p.
- Pattie, P.S., Núñez, M., Rojas, P. 2003. Valoración de los Bosques Tropicales de Bolivia. Documento Técnico No. 130. Proyecto de Manejo Sostenible de Bosques (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 44 p.
- Zenteno, R.S., López, R.P. 2010. Composición, Estructura y Patrón Espacial de un Bosque Tucumano-Boliviano en el Departamento de Tarija (Bolivia). *Darwiniana* 48(1): 32-44.
- ZONISIG. 2001. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del Departamento de Tarija. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP). Prefectura del Departamento de Tarija. Tarija, Bolivia.