

Altura y diámetro de las plantas de *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahui) asociado con la producción de frutos. Distrito de San Juan Bautista, Loreto

Height and diameter of plants *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahui) associated with fruit production. District of San Juan Bautista, Loreto

Jorge Elías Alván Ruiz¹ y Vicky Ann Dávila Rojas²

Recibido: noviembre 2014

Aceptado: diciembre 2014

RESUMEN

El estudio se realizó en las comunidades Mishana y San Martín, dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, ubicada en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto. El objetivo fue definir la relación de las variables altura total y diámetro con la productividad de frutos de *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahui) en las comunidades Mishana y San Martín. Para la evaluación se utilizaron fajas de 20 m de ancho por 500 m de largo, distribuidas sistemáticamente en 3 ha de bosque en cada comunidad. Los resultados indican que se han registrado plantas de unguurahui con fruto, aproximadamente 20 individuos/ha en la localidad de Mishana y 35 individuos/ha en la localidad de San Martín; la relación altura total-producción de frutos de las plantas de unguurahui se ajustó al modelo de distribución de tipo cúbico, para ambas localidades, con excelente asociación ($J_I = 0,888$ - Mishana y $J_I = 0,867$ - San Martín); la relación diámetro-producción de frutos de las plantas de unguurahui se ajustó al modelo de distribución de tipo cúbico, con excelente asociación ($J_I = 0,877$ - Mishana y $J_I = 0,873$ - S. Martín).

Palabras claves: modelos matemáticos, relación, altura, diámetro, frutos.

ABSTRACT

The study was conducted in the communities of Mishana and San Martín, in the Allpahuayo-Mishana National Reserve, located in the district of San Juan Bautista, Maynas province, and Loreto department, Perú. The aim was to define the relationship of the variables total height and diameter productivity of fruits of *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahui) in the communities of Mishana and San Martín. For evaluation strips 20 m wide were used by 500 m long, systematically spread over 3 ha of forest in each community. The results show that there have been unguurahui plants with fruit, approximately 20 individuals/ha in the town of Mishana and 35 individuals/ha in the town of San Martín; total production of fruit-plants unguurahui height relative to the distribution model cubic type, for both locations was adjusted with excellent association ($J_I = 0,888$ - Mishana and $J_I = 0,867$ - San Martín); the ratio diameter-fruit production plants unguurahui adjusted to the distribution model cubic type, with excellent association ($J_I = 0,877$ - Mishana and $J_I = 0,873$ - S. Martín).

Key words: mathematical models, ratio, height, diameter, fruits.

INTRODUCCIÓN

Oenocarpus bataua Mart, es considerada como una fuente de proteína de muy alto

valor, comparable con la carne o con la leche; la pulpa de la fruta es rica en lípidos, proteínas y vitaminas. La bebida preparada con la pulpa aplastada en agua y tamizada

¹Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Pevas 584, Iquitos, Loreto, Perú. jealvanr@outlook.com

²Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Loreto, Perú.

(chapo o vino) tiene un alto valor nutritivo y energético y, es vista como una alternativa de producción de aceite de oliva, pues su perfil de ácidos grasos es muy similar (Clement *et al.*, 2005; Briceño y Navas, 2005).

La modalidad de aprovechamiento tradicional de este recurso forestal no maderable se ha ido modificando debido a la interacción entre culturas y la creciente inserción de los productos derivados en el mercado que genera mayor demanda en las comunidades. Actualmente, las técnicas de aprovechamiento no siempre son adecuadas y sostenibles. Frecuentemente, su cosecha implica el corte de la planta con el efecto consecuente de diezmar las poblaciones de unguurahui.

La alometría, es una herramienta que permite relacionar características físicas o fisiológicas de las especies forestales para predecir su comportamiento en el futuro. Esta técnica permite obtener parámetros de interés para investigadores y planificadores de sistemas de aprovechamiento intensivo de los recursos naturales.

Un modelo matemático se considera efectivo si está expresado en función de variables predictores fáciles de medir, con un coeficiente de determinación relativamente alto, por arriba de 0,8.

El modelo matemático está constituido por relaciones matemáticas (ecuaciones y desigualdades) establecidas en términos de variables, que representa la esencia del problema que se pretende solucionar. Un modelo siempre debe ser menos complejo que el problema real, es una aproximación abstracta de la realidad con consideraciones y simplificaciones que hacen más manejable el problema y permiten evaluar eficientemente las alternativas de solución. (Rojas y Maldonado, 2008).

El objetivo de la evaluación de los modelos es seleccionar aquellos que presenten el mejor balance entre la capacidad de ajuste de los datos y su complejidad (Posada *et al.*, 2007).

En este estudio se evaluó la relación de la variable altura total y la variable diámetro con la producción de frutos de *Oenocarpus bataua* Mart (ungurahui); esta información permitió conocer el comportamiento de estas variables en la especie unguurahui para posteriormente ser aplicadas en los planes de manejo.

ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas, la conservación de los bosques tropicales se ha enfocado en el aprovechamiento sostenible de los productos y servicios que oferta el bosque (Robertson y Wunder, 2005). Los recursos forestales no maderables (RFNM), en especial, han llamado la atención de los emprendedores de iniciativas de conservación, ya que constituyen una oportunidad de desarrollar estrategias que generen beneficios económicos a las poblaciones locales sin comprometer el funcionamiento del ecosistema.

Oenocarpus bataua Mart es una de las palmeras neotropicales identificada como recurso prioritario para desarrollar alternativas económicas sostenibles locales y regionales, cuyos frutos son una fuente de alimento apreciada por varias culturas andino amazónicas (Moraes, 2004; FAO-REDBIO, 2005). Además de sus reconocidos valores nutricionales, esta palma presenta una alta potencialidad para el aprovechamiento sostenible de poblaciones silvestres, por su amplia distribución y sus densidades relativamente altas (Peters *et al.*, 1989).

Díaz y Ávila (2002) calculan que en poblaciones silvestres densas el rendimiento

puede llegar de 1,6-3,5 t de frutos/ha, representando entre 112 y 260 kg de aceite/ha productiva, o de 1,1-2,6 kg de aceite por planta. En la costa colombiana Collazos y Mejía (1988) calcularon una producción de solo 6,2 kg de frutos por palma. Peters *et al.* (1989) calcularon una producción anual de 36,8 kg de frutos por palma. Sist (1989) estimó una producción promedio de 1128 frutos/palma en la Guyana Francesa.

La aplicación de la estadística para la estimación de los parámetros biométricos, diámetro, altura total, altura comercial y otros, son escasos y presentan limitaciones debido a las distintas condiciones que rigen el crecimiento de los árboles entre las cuales se incluyen la genética, las subpoblaciones locales, el clima y los suelos. Estos factores son determinantes en el desarrollo de las plantas, es allí donde radica la importancia de la generación y eficiencia de modelos alométricos (Álvarez, 2008).

MATERIAL Y MÉTODO

Lugar de ejecución

El trabajo se realizó en el 2014 en las comunidades Mishana y San Martín, dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, ubicada en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto (véase figura 1).

La accesibilidad al área de estudio fue terrestre (T) y fluvial (F) hasta la comunidad nativa Mishana para lo cual se utilizó el río Nanay para la navegación de la motonave con un tiempo de dos horas; luego el traslado fue por vía terrestre hasta el lugar de ejecución del estudio por espacio de una hora a pie aproximadamente. En cuanto a la comunidad nativa San Martín, partiendo desde la comunidad nativa Mishana, se utilizó el río Nanay para la navegación de la motonave con un tiempo de diez minutos;

luego el traslado fue por vía terrestre hasta el lugar del estudio por espacio de quince minutos a pie aproximadamente.

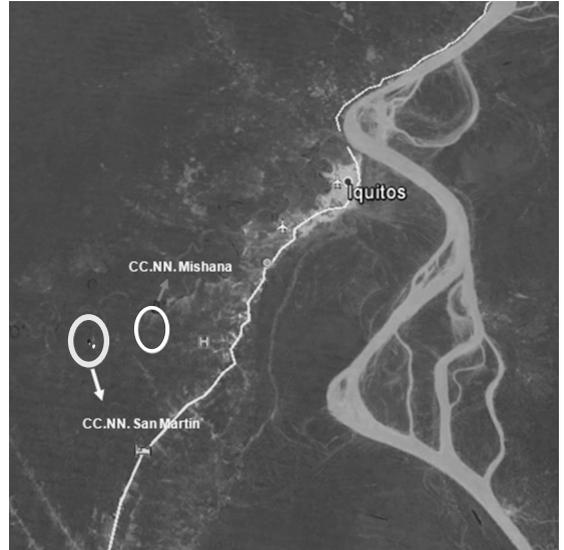


Figura 1. Imagen satelital de las comunidades Mishana y San Martín (Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana).

Método

Se demarcó y se estableció el tamaño de la unidad de muestreo (faja) que fue de 20 m de ancho x 500 m de largo (1 ha). El transecto dentro de la faja de muestreo fue medido con jalones distanciados cada 50 m. Se utilizaron en total tres fajas de muestreo para cada comunidad.

Procedimiento: relación altura total y diámetro con la productividad (frutos) en las plantas de unguurahui

Se tomaron en cuenta los registros de la altura total, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y los racimos de frutos de cada uno de los árboles hembras de unguurahui. Se efectuaron las siguientes comparaciones: altura total vs. productividad, DAP vs. productividad, altura total vs. DAP.

Se aplicó la regresión para definir la existencia o no de la relación entre las tres variables. La correlación se aplicó para

determinar el grado de relación entre las tres variables para lo cual se utilizó lo siguiente:

Valor de Λ	(+ o -)	Grado de asociación
	1,00	Perfecta
< 1	$\geq 0,75$	Excelente
< 0,75	$\geq 0,50$	Buena
< 0,50	> 0,00	Regular
	0,00	Nula

El coeficiente de determinación fue para demostrar cuánto es la participación de la variable independiente en las variaciones de la variable dependiente. Para determinar el grado de participación de la variable independiente "x" en las variaciones de la variable dependiente "y" se multiplicó el valor del coeficiente de determinación por cien (100), el resultado fue un valor expresado en porcentaje el cual indicó la acreditación a la variable "x" de las variaciones que se producen

en "y", la diferencia se refiere a la intervención de otras variables diferentes a "x".

Los modelos matemáticos considerados para el presente estudio se presentan en la tabla 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación de la altura total con la producción de frutos de las plantas de unguurahui en Mishana y San Martín

Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación de la relación altura total y producción de frutos de las plantas de unguurahui, indicaron que la ecuación que más se ajusta a esta relación en ambas comunidades es la del modelo **cúbico**, en el cual se observa el mayor coeficiente de correlación

Tabla 1. Modelos matemáticos del estudio.

N°	MODELOS MATEMÁTICOS	ECUACIONES
1	Lineal	$y = b_0 + (b_1 \times t)$
2	Logarítmico	$y = b_0 + (b_1 \times \ln(t))$
3	Inverso	$y = b_0 + (b_1 / t)$
4	Cuadrático	$y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_2 \times t^2)$
5	Cúbico	$y = b_0 + (b_1 \times t) + (b_1 \times t^2) + (b_1 \times t^3)$
6	Compuesto	$y = b_0 \times (b_1^t)$
7	Potencial	$y = b_0 \times (t^{b_1})$
8	S-Curva	$y = e^{(b_0 (b_1 / t))}$
9	Crecimiento	$y = e^{(b_0 (b_1 \times t))}$
10	Exponencial	$y = b_0 (e^{(b_1 \times t)})$
11	Logístico	$y = 1 / (1/u + b_0 (b_1^t))$

Donde:

b_0 = constante (parámetros a estimarse); b_1 = constante (parámetros a estimarse); b_2 = constante (parámetros a estimarse); b_3 = constante (parámetros a estimarse); \ln = logaritmo (parámetros a estimarse).

($\pi = 0,942$ - Mishana; $\pi = 0,931$ - San Martín) y mayor coeficiente de determinación ($\pi^2 = 0,888$ - Mishana; $\pi^2 = 0,867$ - San Martín), tal como se muestra en la tabla 2.

Así como también, se observa en la figura 2 la tendencia cúbica de la relación altura

total con la producción de frutos de las plantas de ungurahui.

Así como también, se observa en la figura 2 la tendencia cúbica de la relación altura total con la producción de frutos de las plantas de ungurahui.

Tabla 2. Modelos matemáticos aplicados a la relación altura total con la producción de frutos de las plantas de ungurahui: Mishana y San Martín.

Ecuación	π	π^2	π	π^2
	Mishana	Mishana	San Martín	San Martín
Lineal	0,896	0,802	0,908	0,824
Logarítmico	0,928	0,861	0,926	0,857
Inverso	0,927	0,859	0,924	0,853
Cuadrático	0,927	0,860	0,929	0,863
Cúbico	0,942	0,888	0,931	0,867
Compuesto	0,709	0,502	0,787	0,619
Potencia	0,741	0,549	0,808	0,653
S-Curva	0,764	0,583	0,817	0,668
Crecimiento	0,709	0,502	0,787	0,619
Exponencial	0,709	0,502	0,787	0,619
Logístico	0,709	0,502	0,787	0,619

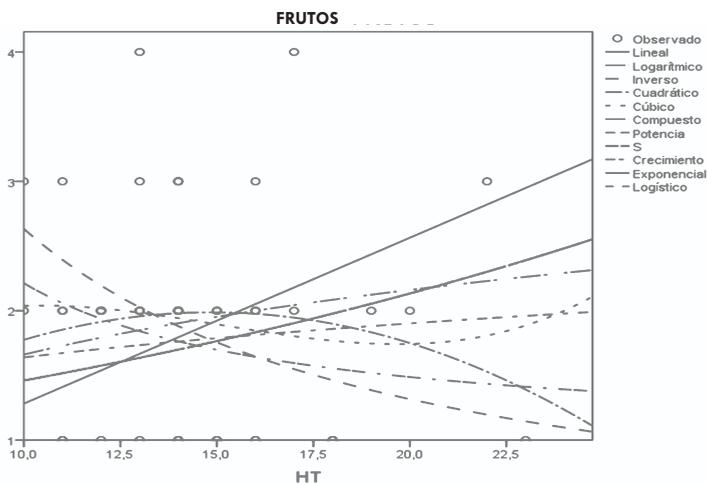


Figura 2. Relación altura total-producción de frutos en las plantas de ungurahui en Mishana.

Relación del diámetro con la producción de frutos de las plantas de ungurahui en Mishana y San Martín

Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación de la relación diámetro y producción de frutos de las plantas de ungurahui, indicaron que la ecuación que más se ajusta a esta relación para ambas comunidades es la del modelo **cúbico**, en el cual se observa el mayor coeficiente de

correlación ($r = 0,936$ - Mishana; $r = 0,934$ - San Martín) y mayor coeficiente de determinación ($r^2 = 0,877$ - Mishana; $r^2 = 0,873$ - San Martín), tal como se puede observar en la tabla 3.

Asimismo, se presenta en la figura 3 la tendencia cúbica de la relación diámetro con la producción de frutos de las plantas de ungurahui.

Tabla 3. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro-producción de frutos de las plantas de ungurahui: Mishana y San Martín.

Ecuación	r	r^2	r	r^2
	Mishana	Mishana	San Martín	San Martín
Lineal	0,903	0,815	0,906	0,821
Logarítmico	0,932	0,869	0,925	0,855
Inverso	0,928	0,861	0,917	0,841
Cuadrático	0,926	0,858	0,929	0,863
Cúbico	0,936	0,877	0,934	0,873
Compuesto	0,735	0,540	0,787	0,620
Potencia	0,751	0,564	0,807	0,652
S-Curva	0,747	0,558	0,812	0,659
Crecimiento	0,735	0,540	0,787	0,620
Exponencial	0,735	0,540	0,787	0,620
Logístico	0,735	0,540	0,787	0,620

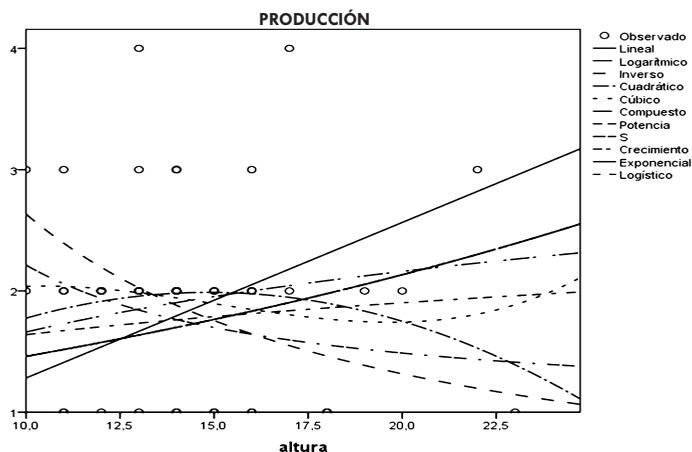


Figura 3. Relación altura total-producción de frutos en las plantas de ungurahui en San Martín.

Relación entre diámetro y altura total de las plantas de unguurahui: Mishana y San Martín

De los modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro a la altura del pecho y altura total de las plantas de unguurahui registradas en el área de estudio; los resultados indican que la ecuación que más se ajusta a esta relación en ambas comunidades es la del modelo **potencia**,

donde se observa el mayor coeficiente de correlación ($\pi = 0,995$ - Mishana; $\pi = 0,996$ - San Martín) y mayor coeficiente de determinación ($\pi^2 = 0,991$ - Mishana; $\pi^2 = 0,992$ - San Martín), que se puede observar en la tabla 4.

Asimismo, se presenta en la figura 4 la potencia de la relación diámetro con la altura total de las plantas de unguurahui.

Tabla 4. Modelos matemáticos aplicados a la relación diámetro-altura total de las plantas de unguurahui: Mishana y San Martín.

Ecuación	π	π^2	π	π^2
	Mishana	Mishana	San Martín	San Martín
Lineal	0,947	0,897	0,971	0,942
Logarítmico	0,966	0,933	0,984	0,968
Inverso	0,927	0,860	0,967	0,935
Cuadrático	0,965	0,931	0,985	0,971
Cúbico	0,967	0,936	0,986	0,972
Compuesto	0,972	0,944	0,982	0,964
Potencia	0,995	0,991	0,996	0,992
S-Curva	0,964	0,929	0,982	0,964
Crecimiento	0,972	0,944	0,982	0,964
Exponencial	0,972	0,944	0,982	0,964
Logístico	0,972	0,944	0,982	0,964

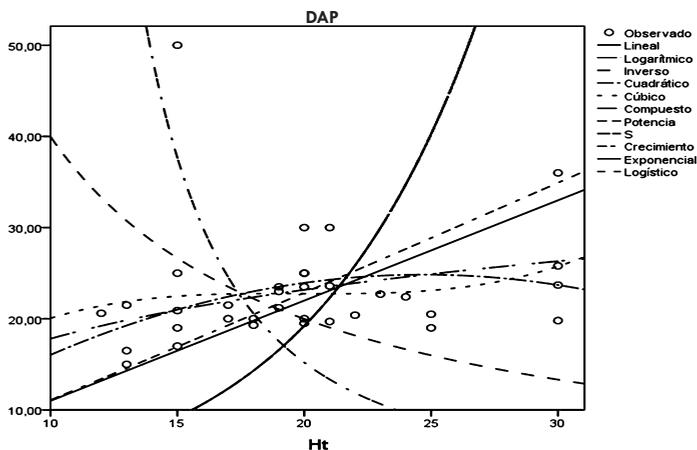


Figura 4. Relación diámetro-altura total de las plantas de unguurahui en Mishana.

Loetsch (1973) indica que el diámetro de los árboles es un parámetro esencialmente variable y que el incremento en diámetro a diferentes alturas del tronco no es igual. Husch (1963) y Harrison (1951) mencionados por Burga (1993), indican que la medición del diámetro es una de las mensuras forestales más importantes para la organización de planes de ordenación y administración; asimismo, Niklas y Enquist (2002) afirman que esta variable (DAP) es utilizada en la biología vegetal para el desarrollo de relaciones correlativas entre variables vinculadas al tamaño para aplicaciones en agricultura, funcionamiento de ecosistemas y manejo de bosques; asimismo, Henry y Aarssen (1999) manifiestan que la relación diámetro-altura de los árboles ha sido también empleada para demostrar que el diámetro se incrementa a una tasa más rápida que la altura durante el crecimiento.

No obstante, en el presente estudio se determinó que la relación altura total y diámetro con la productividad de frutos de *Oenocarpus bataua* Mart, tiene excelente grado de asociación y excelente coeficiente de determinación, por lo que se refleja que ambas variables tienen variaciones comunes y que un porcentaje mínimo se debe a otros factores en los cambios de la producción de frutos.

CONCLUSIONES

Se registraron aproximadamente 20 individuos/ha con frutos en Mishana y 35 individuos/ha con frutos en San Martín.

La relación altura total-producción de frutos de las plantas de ungurahui se ajustó al modelo de distribución de tipo cúbico, para ambas localidades, y presentó excelente asociación con coeficiente de determinación 0,888 (Mishana) y 0,867 (San Martín), que

indica que el 87,75% en promedio de ambas variables realizan variaciones comunes y el 12,25% se atribuye a otros factores en los cambios de la producción de frutos.

La relación diámetro-producción de frutos de las plantas de ungurahui se ajustó al modelo de distribución de tipo cúbico, para ambas localidades, y presentó excelente asociación con coeficiente de determinación 0,877 (Mishana) y 0,873 (San Martín), que indica que el 87,50% en promedio de ambas variables realizan variaciones comunes y el 12,50% se atribuye a otros factores en los cambios de la producción de frutos.

La relación diámetro-altura total de las plantas de ungurahui se ajustó al modelo de distribución de tipo potencia, para ambas localidades, y presentó excelente asociación con coeficiente de determinación 0,991 (Mishana) y 0,992 (San Martín), que indica que el 99,15% en promedio en ambas variables realizan variaciones comunes y el 0,85% se atribuye a otros factores en los cambios de la producción de frutos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Postgrado. Tesis Magíster Scientice en manejo y conservación de bosques naturales y biodiversidad. Turrialba, Costa Rica. 76 pp.
- Briceño M, Navas HPV. 2005. Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. Revista Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela (Maracay) 31:109-119. 2005.

- Burga R. 1993. Determinación de la estructura total y por especie en tres tipos de bosques en Iquitos, Perú. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 126 pp.
- Clement CR, Lleras Pérez E, Van Leeuwen J. 2005. O Potencial das Palmeiras Tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociencias*, Montevideo, 9(1-2): 67-71.
- Collazos E, Mejía M. 1988. Fenología y poscosecha de mil pesos *Jessenia bataua* (Mart) Burret. *Acta Agronómica*. 38(1):53-63.
- Díaz JA, Ávila LM. 2002. Sondeo del mercado mundial de aceite de seje (*Oenocarpus bataua*). *Biocomercio sostenible*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 18 pp.
- FAO-REDBIO. 2005. Manejo de la biotecnología apropiada para pequeños productores: Estudios de Caso Perú. Lima. 62 pp.
- Henry HA, Aarssen LW. 1999. The interpretation of stem diameter-height allometry in trees: biomechanical constraints, neighbour effects or biased regression. *Ecol. Lett.* 2: 89-97.
- Loetsch F. 1973. Forest inventory. *Manchen. BLV.* 2. 469 pp.
- Moraes RM. 2004. Flora de palmeras de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 212 pp.
- Niklas KJ, Enquist BJ. 2002. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems, and roots. *Am. Naturalist* 159: 482-497.
- Peters M, Gentry A, Mendelsohn R. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature*. 339: 655-656.
- Posada SL, Soot MS, Rosero R. 2007. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20: 141-148.
- Robertson N, Wunder S. 2005. Huellas frescas en el bosque: Evaluación de iniciativas incipientes de pago por servicios ambientales en Bolivia. Center for Internacional Forestry Research, Indonesia. 150 pp.
- Rojas A, Maldonado M. 2008. Investigación de operaciones. <http://www.investigacion-operaciones.com/ Metodología IO.htm>. Fecha de consulta: 28 de febrero de 2008.
- Sist P. 1989. Peuplement et phénologie des palmiers en forêt guyanaise (Piste et Saint Elie). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 44:113-151.