

Campos, William; De Menezes, Dayana; Nieves, Maria Gabriela
willedg_19@yahoo.es ;daya.dmg@gmail.com; mgabrielan@gmail.com

Resumen

Se estimó la biomasa aérea presente en dos ecosistemas de bosques (pino y nativo) con la finalidad de comparar el porcentaje de carbono y la biomasa presente en ellos. Se muestrearon tres parcelas de 100m² en el bosque de pinos, en las cuales se determinó la altura y el diámetro a la altura del pecho de los pinos, para calcular el volumen de estos. El porcentaje de carbono se obtuvo a través de muestras de cuadradas fueron de 25m² escogiendo individuos mayores a 1.50m y con un diámetro a partir de 8cm. La hojarasca se recolectó en cuadradas más pequeñas de 4m² calculando el porcentaje de carbono de estas y de los troncos igual como se realizó con el de los pinos. Los resultados obtenidos señalan que el porcentaje de carbono en los troncos del bosque nativo es mayor que el del bosque de pino (54.9 % y 46 % respectivamente). La biomasa de carbono en estos ecosistemas fue de 1612.22 t. C/ha para bosque de pinos y 1973.7 t. C/ha para el bosque nativo, utilizando ecuaciones alométricas ajustadas a cada ecosistema particularmente. Se concluye que los valores de biomasa para bosque de pinos y nativos, obtenidos en el presente estudio se aproximan de manera ajustada a la implementación de ecuaciones alométricas en investigaciones previas y que debido al alto contenido de carbono que ambos bosque pueden fijar, es posible que puedan tratarse de reservorios de tipo sumideros.

Introducción

El carbono (C) es un elemento que se encuentra presente en muchos de los procesos vitales de los seres vivos y del ambiente (Begon et al., 2006). La materia vegetal y el suelo constituyen grandes sumideros de C en los bosques, debido a que intercambian C con la atmósfera, mediante los procesos de fotosíntesis y respiración (Gayoso y Guerra, 2005). Ecosistemas como bosques, sistemas agroforestales, etc. juegan un papel muy importante en el ciclo del carbono como grandes sumideros de este (Acosta et al., 2001). El conocimiento de estos sumideros, así como la productividad primaria neta (PPN), la cual se refiere al balance entre la fijación de C por la fotosíntesis y la pérdida de C por la respiración (Salas e Infante, 2006), es importante porque permite registrar el intercambio de carbono en el ambiente y la influencia de este intercambio en diferentes ambientes de nuestra vida (Gayoso y Guerra, 2006).

Una de las formas de estudiar el contenido de C en un ecosistema terrestre es emplear la biomasa de los árboles para obtener un porcentaje de carbono, para que posteriormente pueda servir de indicador de la productividad neta de dicho ecosistema (Díaz-Franco et al., 2007). Esto se debe a que la PPN no se puede medir directamente en un bosque porque el ecosistema es muy grande y las variables que incluirían llevarían consigo errores significativos (Salas e Infante, 2006), por esto la estimación de la biomasa aérea así como también la de otros factores, son excelentes métodos para precisar los valores de C y la PPN en un ecosistema de bosques (Nívar et al., 2001).

El valle de Sartenejas ubicado en el Estado Miranda en Venezuela, presenta dos tipos de Bosques, uno nativo y otro de pinos. Es interesante observar estos dos ecosistemas no se encuentran delimitados sino que están muy relacionados en cuanto a espacio geográfico. El porcentaje de C que fija cada ecosistema es importante para la reducción del CO₂ y su papel en los gases del efecto invernadero (Acosta et al., 2001), aumentando estos ecosistemas como sumideros importantes en esta zona, aumentando el tiempo de vida de las especies, así como la preservación de nuestros planetas.

Con la finalidad de estudiar el contenido de C en un ecosistema terrestre se emplear la biomasa de los árboles para obtener un porcentaje de carbono, para que posteriormente pueda servir de indicador de la productividad neta de dicho ecosistema (Díaz-Franco et al., 2007) a los datos del bosque montano, obtenemos grandes diferencias, con un gran error en esta medida, debido a las razones inversas explicadas para los datos de pinos.

Metodología

Para la estimación de biomasa aérea en bosque de pino se seleccionó de forma sistemática 3 cuadradas de 10 por 10 m, de forma horizontal y separadas por unos 5 metros entre sí debido a la forma del terreno, allí se midió el perímetro a la altura del pecho de todos los pinos dentro del mismo, y con la ayuda de un clinómetro se estimó la altura de todos los pinos. Solo para efecto comparativo se estimó la altura de los pinos por triangulación comparativa entre la altura de una persona parada al lado del pino, la cual tiene altura conocida, con la del pino; este tipo de estimación se realizó solo en la cuadrada número 1. Además dentro de cada cuadrada de 10 por 10 m se seleccionó aleatoriamente 3 cuadradas de 50 por 50cm en el suelo del bosque y se recolectó toda la hojarasca presente, para luego secarla al sol y pesa su peso seco. Posteriormente se tomó muestras de madera proveniente de ramas de pino y con esa muestra se estimó su densidad. Con muestras de madera también se realizó una digestión y con el espectrofotómetro y una curva de calibración se estimó el porcentaje de carbono presente en la madera de pino.

Se estimó la biomasa de cada pino de tres formas. La primera consistió en tomar al pino un cilindro perfecto, hallando su volumen con el uso del perímetro y la altura hallada, y con la estimación de la densidad de la madera, se halló un estimado de su peso, sumando todos los pinos dentro del área de la cuadrada, que es de 100m² se llevó a unidades de toneladas por hectárea. La segunda forma consistió en utilizar la ecuación alométrica para *Pinus caribaea* de Díaz y Franco, 2007 que es la siguiente:

$$B = 0.0357 \cdot DN^{2.9916} \quad (1.1)$$

Donde B es la biomasa en kilogramos y DN es el diámetro del árbol en centímetros.

La tercera forma consistió en utilizar la ecuación de Mohammed y Al-Amin (2008), que es para árboles en general de bosque húmedo. La ecuación es la siguiente:

$$Y = \exp(-2.4090 - 0.9522 \ln(D2H^2S)) \quad (1.2)$$

Donde Y es la biomasa del árbol D es el diámetro (cm), H es la altura del pino (m) y S la densidad de la madera (n/m³). Se halló el porcentaje de carbono a través del espectrofotómetro también para la hojarasca y se multiplicó la biomasa de árboles por su porcentaje de carbono, al igual que la biomasa de la hojarasca, calculada a partir de la media del peso seco de las muestras. De esta forma se estimó la biomasa de carbono para bosque de pino.

El muestreo en bosque nativo se realizó en parcelas cuadradas de 25m² seleccionadas aleatoriamente. Se contó el número de individuos mayores de 1.50m y cuyo diámetro era mayor a 8cm, clasificándolos por especie y midiendo su diámetro a la altura del pecho y la altura total del tronco. De igual forma cada parcela se dividió en subcuadradas cuadradas de 4m² en las cuales se recolectó toda la hojarasca existente.

La densidad de la madera se calculó como la cantidad de agua desplazada en un cilindro graduado por pequeños trozos de tronco de cada especie de árbol. Estos trozos fueron secados durante 24 horas en un horno a 60 °C. Para el cálculo de la biomasa aérea en el bosque nativo se utilizó la ecuación alométrica 1.2. Para comparar los resultados obtenidos de las ecuaciones alométricas se determinó el porcentaje de carbono en porciones de tronco de los árboles del bosque nativo igual al hecho con la muestra de pino.

Discusión

Estimación de biomasa

A pesar de que el método destructivo es el más preciso para estimar el volumen de biomasa aérea (Whittaker y Marks, 1975; Pardé et al., 1975; Navar 2004), los resultados de biomasa en bosques de pinos fueron obtenidos mediante la aplicación de métodos de estimación no destructivos. Al realizar una comparación con trabajos anteriores, que se implementaron para la estimación de biomasa aérea en copas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* (Vidal et al., 2003), se observó que los valores de biomasa obtenidos para el bosque de pinos, se aproximan de manera clara a las ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de biomasa aérea para especies del género *Pinus* (Díaz-Franco et al., 2007). En el caso de los cálculos para el bosque nativo, se empleó una ecuación general para bosques tropicales, estos resultados se ajustan de manera correcta al modelo (Mohammed y Al-Amin, 2008). Si por el contrario, se trata de ajustar la ecuación general para bosques tropicales propuesta por (Mohammed y Al-Amin 2008) a los datos obtenidos de pinos, vemos como el modelo aumenta considerablemente, esto se debe a que esta ecuación considera a las especies vegetales con un gran follaje y una mayor cobertura que la que posee el pino en la realidad. Al aplicar la ecuación alométrica fijada para pinos propuesta por (Díaz-Franco et al., 2007) a los datos del bosque montano, obtenemos grandes diferencias, con un gran error en esta medida, debido a las razones inversas explicadas para los datos de pinos.

Las ecuaciones alométricas empleadas, reúnen características particulares que en cierta forma son ignoradas por otros métodos, ya que permiten la estimación de la biomasa total e inclusive son utilizadas para realizar inventarios forestales (Rivera y Nívar 2004), por el contrario en el caso de las estimaciones trigonométricas, consideran a los árboles de pino como un cilindro de biomasa, por lo que no incorporan el dosel dentro de la estimación; de igual forma en la estimación por diámetros del árbol, se considera únicamente el volumen de madera de determinadas especies, definiendo este como el volumen de fuste hasta un diámetro mínimo aprovechable; es así como la cantidad de biomasa disponible queda sustancialmente subestimada al no considerarse el nabrerón, ramas, hojas, tocos, raíces, biomasa muerta y el material que constituye el sotobosque (González, 1989). Así mismo Gayoso et al. (2007), afirma que la preferencia por modelos alométricos son ampliamente consistentes para distintas formas de ecosistemas. En la estimación de biomasa realizada a *Pinus caribaea* para el presente estudio, existen tres presunciones que no existen variaciones significativas, dado que los resultados se asemejan y se ubican entre el intervalo de los valores de biomasa reportados para otras especies del género *Pinus* (Díaz-Franco et al., 2007).

Al comparar los resultados en las estimaciones de biomasa para la vegetación en pie, tanto en la comunidad de bosque nativo como en la plantación de pino, se encontró que los valores son mayores en bosque nativo siendo este de 363.16 t/ha. Esto probablemente se deba a que el bosque de pino es una plantación donde la densidad de árboles existente por parcela muestra es mucho mayor, mientras que el bosque nativo presenta una menor densidad por área muestreada, por lo que puede influir en la cantidad de biomasa encontradas en dicha área. En cuanto a cantidad de biomasa obtenida de la hojarasca del bosque de pino presentan valores superan notablemente a la del bosque nativo, esto puede estar relacionado con el hecho de que los pinos producen mayor cantidad de hojarasca, resultado del acumulación de las acículas.

Estimación de carbono

En cuanto al contenido de carbono es necesario señalar de los resultados tanto para bosque de pino como de nativo, de la biomasa en pie los porcentajes estuvieron alrededor del 50%, muy parecidos con los obtenidos para Pinus patula (Díaz-Franco et al., 2007; FAO, 1995). A pesar de estos, existen investigaciones en géneros de Pinus donde consideran un 50% en peso de C por cada fracción de biomasa seca y el 48.1% para la de las raíces (Risón y Sockacki, 2003). Es necesario señalar que los mayores porcentajes de carbono en hojarasca fueron para el bosque nativo, lo que nos lleva a pensar que el carbono que se almacena en la biomasa en el tronco del bosque nativo, supera a los de hojarasca casi en un 20 % aproximadamente, mientras que el del bosque de pino parece retener mayor cantidad de carbono. La mayor porcentaje de carbono obtenido fue en la madera del bosque nativo, lo que cabe señalar que observaciones directas realizadas en el área de estudio, muestran que existe una baja recolonización de los pinos, mientras que el bosque nativo parece estar en castrante recolonización, lo que puede implicar una mayor demanda de carbono para la formación de tejidos en las nuevas plantas, esto explicaría el patrón observado.

Recomendaciones

- Algunas recomendaciones para futuros estudios en el área de biomasa aérea en dos ecosistemas de bosques (nativo y pinos) en los alrededores de la USB son:
- Determinar con mayor exactitud la altura de los pinos, si se emplea el clinómetro como en este caso, medir las distancias siempre a la altura de la vista del observador de modo de minimizar los errores en los cálculos.
- Realizar un mayor número de cuadradas en la obtención de las muestras de hojarasca, de modo de obtener una desviación estándar baja y un menor error en los resultados.

Conclusiones

- Se observa que los valores de biomasa para bosque de pinos y nativos, obtenidos en el presente estudio se aproximan de manera ajustada a la implementación de ecuaciones alométricas en investigaciones previas.
- Los modelos alométricos empleados en este trabajo para el cálculo de biomasa, parecen ser lo que mejor se ajusta a la metodología de muestreo empleada para ambos bosques.
- No existen diferencias notables entre las concentraciones de carbono en la biomasa de madera de pino y bosque nativo.
- Basándonos en el alto contenido de carbono que ambos bosques pueden fijar, es posible que puedan tratarse de reservorios de tipo sumideros.
- La biomasa de carbono en el tronco del bosque nativo, supera a los de hojarasca casi en un 20 % aproximadamente.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio e investigaciones previas apuntan a que en géneros de *Pinus* el porcentaje de carbono que fijan está alrededor del 50%.
- La biomasa forestal tiene un papel mundial por su posible efecto atenuador (sumidero) al fijar gases que alteran el efecto invernadero.
- Conociendo la biomasa forestal de los bosques estudiados, y su concentración de carbono, se puede realizar estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmósfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque.

Referencias Bibliográficas

*Acosta, M. K., Quevedo, J., Echeverry y C. Monreal. 2001. *Un método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladena de Mica.* Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia-Chile, pp. 11-16.

*Begon, M. C., Townsend, J., Harper, 2006. *The Flux of Energy through Ecosystems.* En: *Ecology, From individuals to Ecosystems.* Capítulo 17: 499-523. Blackwell Publishing, United Kingdom, pp. 759.

*Díaz-Franco, R. M., Acosta-Mireles, F., Carrillo-Anzures, E., Buedia-Rodríguez, E., Eugenio Flores-Ayala, y J. Echeverry-Barra. 2007. *Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en Pinus patula Sch. et Cha. Madera y Bosques* 13(1):25-34.

*FAO, 1995. *Evaluación de los recursos forestales 1990. Países Tropicales.* Estudio FAO Montes, Roma, Italia, p. 32 - 36.

*Gayoso, J. J., Guerra, 2005. *Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile.* *Bosque* 26(2): 33-38.

*González, I. 1989. *Tablas ponderales para la estimación de la biomasa de Rebollos (Quercus pirinaeacWilld), en la provincia de León.* Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Instituto de Investigaciones Agrarias, Madrid, España, 56 p.

*Mohammed, A. y M. Al-Amin. 2008. *Allometric models to estimate biomass organic carbon stock in forest vegetation.* *Journal of Forestry Research* 19(2):101-106.

*Nívar, J. N., González, J., Graciano, 2001. *Ecuaciones para estimar componentes de biomasa en plantaciones forestales de Durango, México.* Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia-Chile.

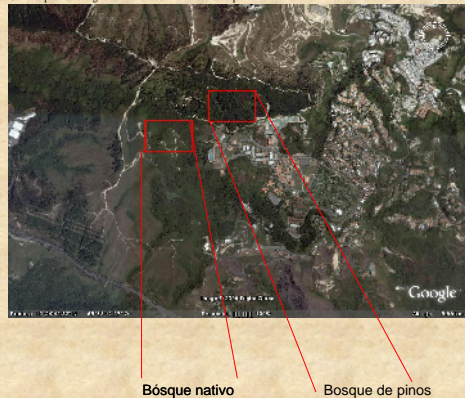
*Risón, P. y C. Sockacki. 2003. *Measurements and prediction of biomass and carbon content of Pinus pinaster trees in farm forestry plantations.* South - Western Australia. *Forest Ecology and Management* 175:103-117.

*Rivera, C. y J. Nívar. 2004. *Ecuaciones de actividad para estimar componentes de biomasa de Hevea brasiliensis Muell. Arg., en Veracruz, México.* *Madera y Bosques* 10(2):29-33.

*Salas, J. A., Infante, 2006. *Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales.* *Rev. For. Lat. 40: 47-70.*

*Vidal, A.; Benítez, J. Y.; Rodríguez, Carlos J.; Gra H. 2003. *Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de Pinus caribaea var. caribaea en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba.* *Quebracho* 11: 60-66

*Whittaker, R.H. y P.L. Marks. 1975. *Methods of assessing terrestrial productivity.* In: Leith, H. y R.H. Whittaker. (eds), *Primary productivity of the Biosphere.* Springer-Nueva York, pp. 55-118.



Resultados

Los tres métodos para la estimación de la biomasa aérea se encuentran reportados en la tabla I, en donde puede verse la biomasa total aérea y la biomasa de carbono la cual se obtiene con el valor hallado de porcentaje de carbono en la madera. Se consideró como mejor estimador el de Díaz-Franco (2007) por ser específico para pino, y en base a los resultados con este estimador se realizaron los demás cálculos.

La biomasa total de hojarasca fue resultante de muestra en la tabla II. Para estimar la biomasa total en bosque de pinos se sumó la biomasa total de los pinos y la biomasa total de la hojarasca. La biomasa total de carbono en bosque de pinos se le sumó la biomasa de carbono de pinos y de hojarasca.

Tabla I. Biomasa total y de carbono obtenidos en bosque de pinos

Parcela	Biomasa aérea (t/ha)	Carbono (t/ha)
1	1612.22	806.11
2	1612.22	806.11
3	1612.22	806.11
Total	4836.66	2418.33

Tabla II. Datos de Bosque de Pinos.

Parcela	Biomasa Hojarasca (t/ha)	Carbono Hojarasca (t/ha)
1	100	50
2	100	50
3	100	50
Total	300	150

Para bosque nativo se utilizó el estimador de Mohammed y Al-Amin (2008) por ser una ecuación general para bosques tropicales (Tabla III).

Para bosque nativo se obtuvo los resultados presentes en la tabla IV.

Tabla III. Biomasa total y de carbono proveniente de los árboles en el bosque nativo.

Parcela	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
1	1612.22	806.11
2	1612.22	806.11
3	1612.22	806.11
Total	4836.66	2418.33

Tabla IV. Datos de Bosque Nativo.

Parcela	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
1	1612.22	806.11
2	1612.22	806.11
3	1612.22	806.11
Total	4836.66	2418.33

