



Arturo Balderas Torres^{1,2}, Ricardo Ontiveros Enríquez¹, Jon C. Lovett², Margaret Skutsch^{2,3}

¹Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Tlaquepaque CP 45090 México. Tel:01-33-36693510.

²Sección de Tecnología y Desarrollo Sustentable, Centro de Tecnología Limpia y Política Ambiental, Universidad de Twente/CSTM, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, Países Bajos. Tel: +31 53 489 3203

³Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Morelia, CP58190, México. 01 433 322 3865
a.balderastorres@utwente.nl, roe@iteso.mx, j.lovett@utwente.nl, m.skutsch@ciga.unam.mx

Resumen: Conocer el contenido de carbono en diferentes tipos de vegetación y distintos estados de conservación es un paso previo para la valoración de servicios ambientales y la identificación de su potencial para mitigar el cambio climático. El objetivo de esta investigación fue estimar el área basal y la biomasa aérea arbórea estimada por ecuaciones alométricas en bosques de encino-pino considerando diferentes coberturas de copa, en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. Se establecieron 100 sitios de medición (30x30m) en un muestreo estratificado dirigido. Se registró el diámetro a altura de pecho, altura total, altura de fuste limpio y diámetro de copa del arbolado. En cada sitio se dibujó la sombra de los árboles para obtener el porcentaje de cobertura. Se realizó un análisis para estudiar la relación entre el porcentaje de cobertura y el área basal; la biomasa se estimó mediante ecuaciones alométricas. Resultados preliminares muestran que alrededor del 50% de las variaciones en el área basal pueden ser estimadas por el cambio en el porcentaje de cobertura. En próximos meses se concluirá el análisis de la información. Esta información auxiliará en la estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea arbórea de bosques de pino encino con diferentes grados de conservación, las emisiones por deforestación/degradación y el potencial de secuestro de carbono en áreas no forestadas en la zona.

Antecedentes y Objetivo.

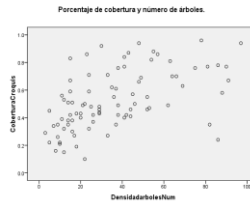
Los servicios de carbono en bosques son reconocidos y valorados en los programas de pagos por servicios ambientales y mercados de carbono. Los proyectos de sumidero de carbono elegibles dentro del protocolo de Kioto son los de reforestación/forestación; actualmente la valoración de las emisiones evitadas por deforestación y degradación se encuentra en discusión dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Para poder valorar estos servicios generados por los bosques es necesario conocer los niveles de almacenamiento de carbono en diferentes tipos de vegetación y estados de conservación. El objetivo de este trabajo fue estudiar la relación entre la cobertura de copa y el área basal en bosques de encino-pino en el área de protección de flora y fauna Bosque La Primavera localizada en el Estado de Jalisco al oeste de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Al utilizar ecuaciones alométricas para encinos y pinos se obtiene un primer estimado de la relación entre la cobertura y la biomasa y contenido de carbono.

Métodos.

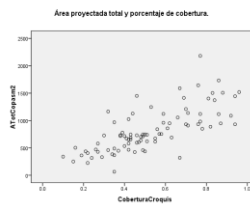
Se establecieron 100 sitios de 30x30 m medición del arbolado en donde se identificó la especie y se midieron el diámetro a altura de pecho (DAP, 1.30m), altura total y de fuste limpio y el diámetro de copa. Se utilizaron cintas diamétricas, clinómetros y cintas métricas. En cada sitio se identificó información general del sitio (coordenadas, pendiente, altitud, tipo de suelo, afectaciones) y se dibujaron las sombras proyectadas de las copas para obtener el porcentaje de cobertura local. El muestreo fue estratificado dirigido por porcentaje de cobertura arbórea (baja <30%; media 30-60%; alta >60%), por régimen de tenencia (ejidal, estatal, privada) y en función de la pendiente y accesibilidad de los sitios. Para estimar la biomasa aérea arbórea se utilizaron las ecuaciones publicadas por Nívar (2008) para pinos y encinos en el noroeste de México. $BA(kg \text{ masa seca}) = 0.0753 * DAP^{(2.4448)}(2.0331)^p$ ($p=0.63$ encinos; 0.44 pinos) donde BA expresa los kg de biomasa seca por árbol y DAP se expresa en cm. Se analizó la relación entre el área basal y la biomasa estimada con el porcentaje de cobertura local y el número de árboles encontrados.

Resultados.

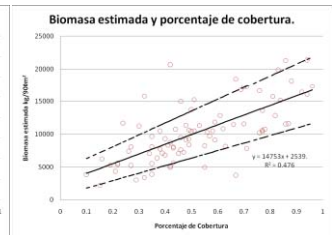
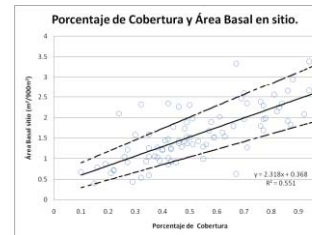
Los sitios de medición incluyeron sitios con bosque de encino, encino-pino, pino-encino y pino, *Q. resinosa*, *Q. magnoliifolia* y *P. oocarpa* fueron las especies más abundantes. Las figuras 1, 2 y 3 muestran la distribución por clases para DAP (>7.5 cm), altura total (>3m) y área proyectada por árbol (>1m²) y la relación de estas variables con la densidad de arbolado. La información de las figuras 1 a la 6 muestra que a partir de una densidad de 30 árboles por sitio (330 por hectárea) el DAP y el área de la copa encontrados disminuyen, esto puede ser un indicador de la competencia entre individuos; en el caso de la altura promedio aunque también disminuye, esta reducción no es tan marcada lo que puede ser indicador de la pobre calidad del suelo, la cual ha sido identificada como una de las principales limitantes para el desarrollo del bosque. Lo anterior también puede estar asociado a los bajos valores promedio del DAP y altura encontrados (21.1cm y 11.1m). La relación entre estas variables será utilizada para elaborar modelos de crecimiento forestal.



La figura 7 muestra que el porcentaje de cobertura en el sitio aumenta con el número de árboles: con densidades mayores a 40 árboles por sitio (440 por hectárea) en general el porcentaje de cobertura es mayor a 30%. El porcentaje de cobertura calculado a partir de las sombras proyectadas es consistente con la sumatoria de las sombras proyectadas. El total de sombras proyectadas excede en ocasiones los 900 m² debido a que parte de la sombra de los árboles cercanos a los bordes cae fuera del sitio y a la sobreposición de sombras entre diferentes estratos de altura (Figura 8).



La relación entre el porcentaje de cobertura en el sitio y el área basal y biomasa estimada se muestra en las figuras 9 y 10. Se incluye una regresión lineal simple y el intervalo a 95% de confianza para la constante y pendiente; en ambos casos los parámetros encontrados fueron significativos a 99% aunque el porcentaje de cobertura solamente explica el 55% de la variación del área basal y 47% en el caso de la biomasa estimada. Los resultados indican que en bosques con 100% de cobertura, el área basal tendría un valor esperado de entre 22-37.8 m²/ha (promedio 29.9m²/ha); al utilizar las ecuaciones alométricas los valores para la biomasa aérea arbórea serían de entre 133.7-250.5 ton/ha (192.1ton/ha). Esto significaría un almacenamiento de carbono entre 67-125ton-C/ha, (96ton-C/ha) considerando 50% de contenido de carbono en la biomasa.



Conclusiones.

El porcentaje de cobertura puede ser utilizado para estimar el área basal y contenido de biomasa/carbono almacenado y paralelamente para obtener valores del potencial de secuestro de carbono en casos de reforestación/forestación/restauración y a las emisiones asociadas a procesos de degradación y deforestación que incidan en el porcentaje de cobertura. Resultados preliminares muestran que utilizando una regresión lineal simple el porcentaje de cobertura a partir de la proyección de las sombras de los árboles está relacionado positivamente con cerca de la mitad de la variación del área basal encontrada y la biomasa estimada. Se espera que al incluir otras variables como densidad, tipo de vegetación, especies, tipo de suelo, pendiente, edad y afectaciones y el análisis de los valores extremos encontrados, el coeficiente de determinación del modelo aumente. Es necesario identificar la relación entre el porcentaje de cobertura medido in situ con el porcentaje de cobertura obtenido a través de análisis de imágenes satelitales y clasificación de objetos en sistemas de información geográfica para analizar el contenido de carbono, potencial de secuestro de carbono y de emisiones en el área de estudio.

Referencias.

Nívar, J. 2008. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*. Volume 257, Issue 2. Pages 427-434.

Agradecimientos.

Agradecimiento especial a la Iniciativa Darwin del Reino Unido por su apoyo al proyecto, el consorcio CABEMAS, al personal del Bosque La Primavera; José Pablo Gómez, Gloria López, Alejandro Serrano, José Luis González, Romina Martínez, Marco A. Gutiérrez, Adalberto Arias, Mara Belén, Ana Luisa Santiago, Antonio Rodríguez Rivas, Raymundo Ramírez, Agustín Gallegos, Pío Ruiz, Esteban Talavera, Rafael Esponda, SEDER, Lydia Hernández, Álvaro Orchoa, Gerardo Bocro v. ejidatarios y propietarios del

