

CONTENIDO DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA DEL *Mezquital* CON HISTORIAL AGRÍCOLA, EN MÉXICO

José Israel Yerena Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Marín Pompa García, Oscar Alberto Aguirre Calderón y Eduardo Javier Treviño Garza

RESUMEN

Las actividades productivas conllevan cambios de uso del suelo de acuerdo con las necesidades de la sociedad y de los programas gubernamentales, ya sea para la explotación de recursos naturales o de la adaptación a tierras agrícolas. El objetivo del presente trabajo fue estimar el contenido de carbono en un mezquital original y en dos áreas con uso histórico de agricultura y tiempos de abandono de 15 y 30 años, convertidas en mezquites. Las tres áreas de estudio se encuentran en el municipio de Linares, Nuevo León, México. Para la estimación del contenido de carbono se utilizó un diseño de muestreo sistemático, empleando en cada área cuatro sitios de muestreo cuadrangulares de 1600m² divididos en cuatro cuadrantes. El mezquital de 30 años, situado

en una zona de valle, tuvo el contenido de carbono en la biomasa aérea más alto con 18,83Mg·ha⁻¹, seguido por el mezquital primario con 14,76Mg·ha⁻¹ y el mezquital de 15 años con 5,24Mg·ha⁻¹. Recuperar el estado inicial del mezquital primario en un tipo de geoforma de valle es posible, tal como se puede apreciar con el sistema mezquital de 30 años, que sobrepasó el contenido de carbono que se tenía en reservas del mezquital primario. Las áreas de uso histórico de agricultura abandonadas en un tipo de geoforma de valle con regeneración natural deben ser tomadas en consideración como ecosistemas importantes para el almacenamiento de carbono, debiéndose fomentar la ubicación de plantaciones forestales en este tipo de geoforma.

Introducción

La urbanización y actividades económicas y productivas ocasionan cambios de uso de suelo de acuerdo con las necesidades de la sociedad, ya sea para la explotación de recursos naturales o de la adaptación a tierras agrícolas (Sanhueza y Azócar, 2000). Esto da lugar a la pérdida o ganancia de un tipo de cubierta y crea un impacto directo sobre el medio biótico, tal como la degradación de la tierra, emisiones de carbono, y el deterioro de la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades humanas (Chase *et al.*, 1999; Torrejón y Cisternas, 2002;

Lambin *et al.*, 2003; Torrejón *et al.*, 2004).

Entre las principales causas de la deforestación en México se encuentran los cambios de uso del suelo para ser destinados a actividades tales como la agropecuaria, así como para el desarrollo urbano y de infraestructura (líneas de transmisión eléctricas, carreteras, plantas hidroeléctricas, entre otros). Adicionalmente, la tala clandestina y los incendios forestales vuelven más susceptibles a los predios forestales de sufrir cambio de uso de suelo (FAO, 2010).

Los procesos de deforestación y degradación de los bosques por efecto de las

actividades humanas constituyen una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en México (Maser *et al.*, 1997).

Limitar el aumento de la temperatura mundial a menos de 2°C dependerá de que se mantengan las concentraciones atmosféricas de los GEI por debajo de 450ppm. Lograr esa meta necesitará un rápido despliegue de las principales estrategias de mitigación del cambio climático. Como la deforestación representa ~18% de las emisiones mundiales de GEI (más que todo el sector transporte del mundo), reducir las emisiones de la

deforestación y la degradación de bosques (REDD) se ha convertido en prominente estrategia posible para la mitigación. El concepto REDD se basa en el supuesto de que los bosques van a contribuir a mitigar el cambio climático sólo si su valor aumenta a un nivel en el que la protección de los bosques corresponda con estrategias viables de desarrollo (Angelsen *et al.*, 2009).

Es importante cuantificar la dinámica temporal y espacial del paisaje en diferentes escalas: local, regional y mundial, con el fin de comparar los patrones de cambio de acuerdo a las presiones

PALABRAS CLAVE / Áreas con Uso Histórico de Agricultura / Contenido de Carbono / Mezquital /

Recibido: 28/03/2014. Modificado: 15/09/2014. Aceptado: 19/09/2015.

José Israel Yerena Yamallel. Ingeniero Forestal, Maestro en Ciencias Forestales y Doctor en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Profesor Investigador, UANL, México. Dirección: Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Carretera Nacional km 145, CP 67700, Linares, Nuevo León, México. e-mail: israel.yerena@gmail.com

Javier Jiménez Pérez. Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania. Profesor Investigador, UANL, México. e-mail: javier.jimenezp@uanl.edu.mx

Eduardo Alanís Rodríguez. Ingeniero Forestal, Maestro en Ciencias Forestales y Doctor en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales, UANL,

México. Profesor Investigador, UANL, México. e-mail: eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

Marín Pompa García. Ingeniero Forestal y Doctor en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Naturales, UANL, México. Profesor Investigador, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. e-mail: mpgarcia@ujed.mx

Oscar Alberto Aguirre Calderón. Ingeniero Agrónomo, Universi-

dad Autónoma Chapingo, México. Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania. Profesor Investigador, UANL, México. e-mail: oscar.aguirrecl@uanl.edu.mx

Eduardo Javier Treviño Garza. Biólogo, UANL, México. Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania. Profesor Investigador, UANL, México. e-mail: eduardo.trevino-gr@uanl.edu.mx

CARBON CONTENT IN THE ABOVEGROUND BIOMASS IN THE MEZQUITAL WITH FARMING HISTORY, IN MEXICO

José Israel Yerena Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Marín Pompa García Oscar Alberto Aguirre Calderón and Eduardo Javier Treviño Garza

SUMMARY

*Productive activities lead to changes in land use in accordance with the needs of society and of government programs, either for the exploitation of natural resources or farming. The aim of the present study was to estimate the carbon content in an original mezquital (where mesquite, *Prosopis laevigata*, grows) and two areas with historical farm use and abandonment times of 15 and 30 years, turned into mezquitals. The study areas are located in the municipality of Linares, Nuevo Leon, Mexico. For the estimation of carbon content a systematic sampling design was used, establishing in each area four sampling sites of 1600m² divided into four quadrants.*

The 30 years mezquital, located in a valley, had the largest aboveground biomass carbon content, 18.83Mg·ha⁻¹, followed by the primary mezquital with 14.76Mg·ha⁻¹ and the 15 years mezquital with 5.24Mg·ha⁻¹. Recovering the initial state of primary mezquital in a valley-type geofom is possible, as can be seen in the 30 years mezquital, which surpassed the carbon content in reserve at the primary mezquital. The historical use of abandoned farming areas in valley type geofoms with natural regeneration should be considered as important ecosystems for carbon storage, and therefore the establishment of forest plantations in this type of geofom should be promoted.

CONTEÚDO DE CARBONO NA BIOMASSA AÉREA DE ÁREA DE MEZQUITAL COM HISTORIAL AGRÍCOLA, NO MÉXICO

José Israel Yerena Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Marín Pompa García, Oscar Alberto Aguirre Calderón e Eduardo Javier Treviño Garza

RESUMO

As atividades produtivas levam a mudanças do uso do solo de acordo com as necessidades da sociedade e dos programas governamentais, seja para a exploração de recursos naturais ou da adaptação para terras agrícolas. O objetivo do presente trabalho foi estimar o conteúdo de carbono em uma área original de mezquital e em duas áreas com uso histórico de agricultura e tempos de abandono de 15 e 30 anos, convertidas em área de mezquital. As três áreas de estudo se encontram no município de Linares, Nuevo León, México. Para a estimação do conteúdo de carbono se utilizou um desenho de amostragem sistemático, empregando em cada área quatro locais de amostragem quadrangulares de 1600m² divididos em quatro quadrantes. A área de mezquital de 30 anos, situada

em um vale, teve o conteúdo de carbono na biomassa aérea mais alto com 18,83Mg·ha⁻¹, seguida pela área primária de mezquital com 14,76Mg·ha⁻¹ e a área de mezquital de 15 anos com 5,24Mg·ha⁻¹. Recuperar o estado inicial da área primária de mezquital em um tipo de geofoma de vale é possível, tal como se pode apreciar com o sistema algaroba de 30 anos, que ultrapassou o conteúdo de carbono que se tinha em reservas da área primária de mezquital. As áreas de uso histórico de agricultura abandonadas em um tipo de geofoma de vale com regeneração natural devem ser tomadas em consideração como ecossistemas importantes para o armazenamento de carbono, devendo-se fomentar a localização de plantações florestais em este tipo de geofoma.

socio-económicas en un territorio. Esta relación produce información sobre la naturaleza y la dirección del cambio de uso del suelo. Tal conocimiento es de gran relevancia para vincular los efectos de las alteraciones de uso del suelo y la modificación del flujo de CO₂ en la atmósfera, con consecuencias en la alteración del sistema climático (Simpson *et al.*, 1994; Dale, 1997).

Los bosques representan, por tanto, un recurso vulnerable cuya conservación, manejo y restauración ofrecen una gran oportunidad para generar beneficios, tanto por la reducción de emisiones derivadas de la deforestación

y la degradación, como por la conservación de los bienes y servicios ambientales de los que dependemos todos.

Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) estimar el contenido de carbono en el mezquital en un tipo de geofoma de llanura y 2) estimar el contenido de carbono en áreas con uso histórico de agricultura en dos tipos de geofoma: meseta y valle, en mezquिताles.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en tres áreas que se encuentran en el municipio de Linares, Nuevo León, México, en una fracción del Matorral Espinoso Tamaulipeco de la Planicie

Costera del Golfo. El clima es (A) C (x') (w") a (e), correspondiente a un clima extremo semi-calido sub-húmedo, básicamente debido a la posición geográfica en la zona subtropical de altas presiones, con influencia de los vientos alisios húmedos y vientos fríos del norte durante el invierno. La precipitación anual oscila entre 400 y 1850mm, con valor promedio de 805mm y desviación estándar de 260mm. La temperatura promedio anual es de 22,4°C con valores mayores a 40°C en verano e inferiores a 0°C en invierno. Los suelos de la zona corresponden a un típico vertisol de origen aluvio-columial.

Las áreas de estudio fueron: 1) mezquital primario, donde no se ha realizado aprovechamiento de especies en esta área, dominada por el mezquite (*Prosopis laevigata*) y situada entre las coordenadas UTM, X: 458895 Y: 2749200; y 2) mezquital secundario, dos áreas desmontadas con maquinaria para la práctica agrícola, cultivo de maíz y sorgo de temporal, durante un periodo de ~20 años. Estas áreas tienen 15 y 30 años de abandono, y en ellas se presentó una regeneración natural prevaleciendo el mezquite (*Prosopis laevigata*), y están situadas entre las coordenadas UTM X: 459320 Y: 2747894 (15 años)

y X: 458676 Y: 2748047 (30 años). El mezquital de 30 años se halla en una zona de valle.

Para la estimación del contenido de carbono se utilizó un diseño de muestreo sistemático, estableciéndose en cada una de las áreas cuatro sitios de muestreo cuadrangulares de 1600m² (40x40m) divididos en cuatro cuadrantes. En el cuadrante I se midieron todos los árboles y arbustos >1cm de diámetro (d_{0,10}). En los cuadrantes II, III y IV se evaluaron únicamente los individuos >5cm de diámetro (d_{0,10}). Las mediciones dasométricas utilizadas fueron altura total (h) y diámetro (d_{0,10}).

El contenido de carbono se obtuvo de la relación de la biomasa aérea por la concentración de carbono de las especies arbóreas y arbustivas.

Contenido de carbono= B × CC donde B: biomasa aérea (peso seco de los árboles y/o arbustos, kg), y CC: concentración de carbono (%)

Para la determinación de la biomasa aérea de las especies arbóreas y arbustivas se utilizó una ecuación alométrica local tomada de Nívar *et al.* (2004).

$$BT = (0,026884 + 0,001191D^2H + 0,044529D - 0,01516H) + (1,025041 + 0,023663D^2H - 0,17071H - 0,09615 \ln H) + (-0,43154 + 0,011037D^2H + 0,113602D + 0,307809 \ln D)$$

donde BT: biomasa total aérea (kg), D: diámetro basal (cm) y H: altura total (m).

La concentración de carbono fue tomada de Yerena *et al.* (2011), quienes recomiendan 45,4% para la biomasa aérea de las especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco.

El potencial de captura de carbono se estimó mediante la relación del contenido de carbono almacenado por hectárea del sistema entre el tiempo de abandono. Para la conversión a contenido de CO_{2e} (dióxido de carbono equivalente) se multiplicó el contenido de carbono por 44/12 (relación del peso atómico de CO₂ entre el peso atómico de carbono) (IPCC, 2006).

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza

ANDEVA (con un nivel de significancia de P≤0,05) para determinar si existen efectos significativos, y cuando resultó significativa en la prueba, se procedió a realizar un análisis de comparación de medias a través de la prueba de Tukey (P≤0,05).

Resultados

Riqueza de especies y densidad de individuos

En el mezquital primario se encontraron 21 especies (Tabla I) y en las áreas de uso histórico de agricultura el

número de especies fue aumentando con el tiempo de recuperación, resultando el mezquital de 15 años con 3 especies y el mezquital de 30 años con 11 especies, teniendo *Prosopis laevigata* la mayor densidad de individuos por ha en las dos áreas (Tabla II y III).

TABLA I
RIQUEZA DE ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS
POR ha EN EL SISTEMA MEZQUITAL PRIMARIO

Nombre científico	Nombre común	Individuos/ha
1 <i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Gavia	394
2 <i>Vachellia berlandieri</i> (Benth.) Wight & Arn.	Huajillo	313
3 <i>Havardia pallens</i> (Benth) Britt & Rose	Tenaza	304
4 <i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	244
5 <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	161
6 <i>Castela texana</i> (T. & G.) Rose	Chaparro amargoso	159
7 <i>Helieta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta	128
8 <i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	125
9 <i>Guaiacum angustifolium</i> (Engelm.) Gray	Guayacan	122
10 <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston	Mezquite	121
11 <i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Coyotillo	113
12 <i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	Anacahuita	97
13 <i>Mimosa monancistra</i> Benth.	Uña de gato	92
14 <i>Condalia hoockeri</i> M. C. Johnst.	Brasil	79
15 <i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Britton et Rose	Ebano	39
16 <i>Vachellia schaffneri</i> (F.J. Herm.) Wight & Arn.	Huizache chino	14
17 <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama	13
18 <i>Eysenhardtia texana</i> Scheele.	Vara dulce	9
19 <i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	Palo verde	8
20 <i>Diospyros texana</i> Scheele.	Chapote blanco	2
21 <i>Sideroxilum celastrinum</i> (Kunth) Pennington	Coma	2
Total		2,539

TABLA II
RIQUEZA DE ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS
POR ha EN EL SISTEMA MEZQUITAL DE 30 AÑOS

Nombre científico	Nombre común	Individuos/ha
1 <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston	Mezquite	2914
2 <i>Vachellia berlandieri</i> (Benth.) Wight & Arn.	Huajillo	144
3 <i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	Anacahuita	40
4 <i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Gavia	27
5 <i>Helieta parvifolia</i> (Gray) Benth.	Barreta	24
6 <i>Havardia pallens</i> (Benth) Britt & Rose	Tenaza	16
7 <i>Mimosa monancistra</i> Benth.	Uña de gato	6
8 <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama	3
9 <i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Britton et Rose	Ebano	2
10 <i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	2
11 <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	2
Total		3180

TABLA III
RIQUEZA DE ESPECIES Y NÚMERO DE INDIVIDUOS
POR ha EN EL SISTEMA MEZQUITAL DE 15 AÑOS

Nombre científico	Nombre común	Individuos/ha
1 <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston	Mezquite	2104
2 <i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	Palo verde	51
3 <i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache	19
Total		2174

Las especies *V. rigidula*, *V. berlandieri* y *Havardia pallens* son las que obtuvieron el mayor número de individuos por ha con 394, 313 y 304 respectivamente en el sistema mezquital primario (Tabla I). En el sistema mezquital de 30 años *Prosopis laevigata* tuvo la mayor densidad con 2914 ind/ha, seguida de *V. berlandieri* con 144 ind/ha y *Cordia boissieri* con 40 ind/ha (Tabla II). *P. laevigata* también fue la especie con el valor más alto de densidad en el sistema mezquital de 15 años con 2104 ind/ha, seguida por *Cercidium macrum* con 51 ind/ha (Tabla III).

Número de individuos por categorías diamétricas

El mezquital de 30 años es el sistema con un mayor número de individuos/ha. En el

mezquital primario se encontraron 12 categorías diamétricas, seguido por el mezquital de 30 años con cinco y el mezquital de 15 años con cuatro categorías. En los sistemas mezquital de 15 y 30 años el mayor número de individuos se encontró en la categoría diamétrica 10. El mezquital de 15 años en la categoría diamétrica 5 presentó un mayor número de individuos/ha que el sistema mezquital de 30 años; mientras que el mezquital de 30 años en las categorías diamétricas 15 y 20 tuvo un mayor número de individuos/ha que los sistemas mezquital primario y mezquital de 15 años (Figuras 1, 2 y 3).

Biomasa aérea y contenido de carbono

En el sistema mezquital primario las mayores reservas de

biomasa aérea y de contenido de carbono se encuentran en las categorías diamétricas 50 y 60, en el sistema mezquital de 30 años resultó en las categorías diamétricas 15 y 10, y a su vez en el sistema mezquital de 15 años se presentó en la categoría diamétrica 10 (Tabla IV).

Los valores de biomasa en el mezquital primario (32,51 Mg·ha⁻¹) y en el mezquital de 30 años (41,48Mg·ha⁻¹) son mayores al determinado por Nívar (2008) de 12,93Mg·ha⁻¹ para el matorral espinoso tamaulipeco, y de igual modo a los encontrados por Búrquez *et al.* (2010) en Sonora de 29,24 y 13,03Mg·ha⁻¹ para el matorral de desierto y matorral espinoso, respectivamente. Asimismo Búrquez y Martínez-Yrizar (2011) señalan para el matorral de desierto 6,67 y 23,78Mg·ha⁻¹ y para el matorral

espinoso 10,57Mg·ha⁻¹; Nívar *et al.* (2004) y Nívar (2008) indican valores superiores para el matorral espinoso tamaulipeco, de 44,40 y 48,40Mg·ha⁻¹, respectivamente.

El mezquital de 30 años es el sistema que resultó con los valores mayores de biomasa aérea y contenido de carbono, ésto debido al tipo de geoforma en que se encuentra (valle) donde hay una mayor disponibilidad de agua y por ende mayor productividad, seguido por el mezquital primario y el mezquital de 15 años. Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas entre los contenidos de carbono de los sistemas (P<0,0001). En la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0,05$) resultó que los sistemas son estadísticamente diferente entre sí (Tabla V).

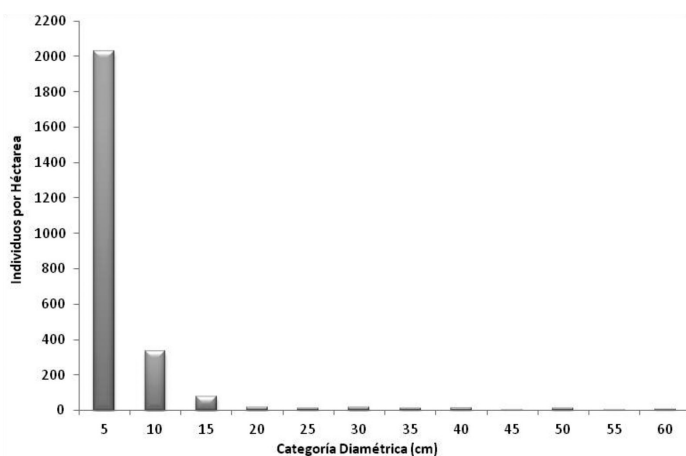


Figura 1. Número de individuos por categoría diamétrica por hectárea en el mezquital primario.

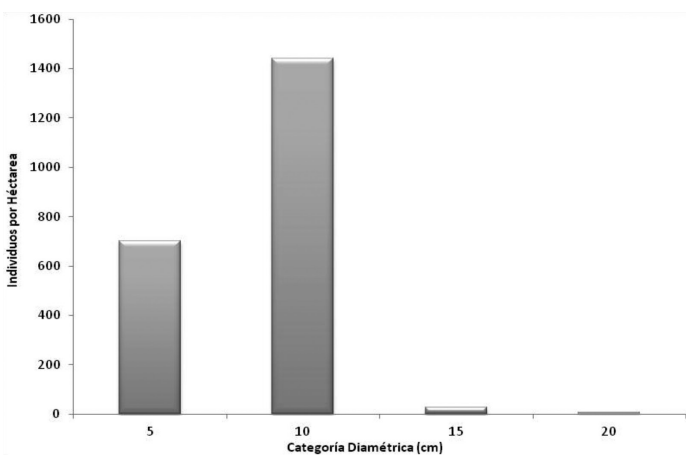


Figura 2. Número de individuos por categoría diamétrica por ha en el mezquital de 15 años.

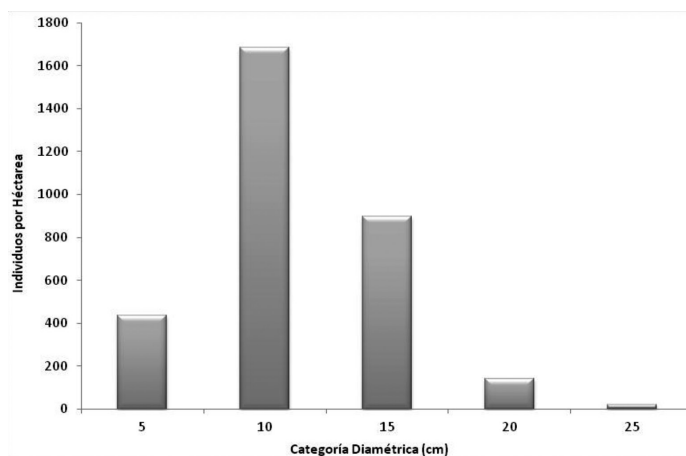


Figura 3. Número de individuos por categoría diamétrica por ha en el mezquital de 30 años.

TABLA IV
BIOMASA TOTAL AÉREA (BT, Mg·ha⁻¹) Y CONTENIDO DE CARBONO (C, Mg·ha⁻¹) POR CATEGORÍA DIAMÉTRICA

Clase diamétrica	Mezquital primario		Mezquital 30 años		Mezquital 15 años	
	BT	C	BT	C	BT	C
5	3,01	1,37	0,86	0,39	1,57	0,71
10	2,25	1,02	13,51	6,13	9,26	4,20
15	1,77	0,80	19,04	8,64	0,49	0,22
20	0,78	0,35	6,39	2,90	0,23	0,10
25	0,95	0,43	1,68	0,76	-	-
30	1,82	0,83	-	-	-	-
35	2,36	1,07	-	-	-	-
40	4,31	1,96	-	-	-	-
45	1,55	0,70	-	-	-	-
50	5,87	2,66	-	-	-	-
55	2,85	1,29	-	-	-	-
60	4,99	2,27	-	-	-	-
Total	32,51	14,76	41,48	18,83	11,55	5,24

TABLA V
CONTENIDO DE CARBONO (Mg·ha⁻¹)
EN LOS SISTEMAS

Sistema	Media ±SD*	Agrupación Tukey ¹
Mezquital 15	5,24 ±0,65	a
Mezquital primario	14,76 ±1,76	b
Mezquital 30	18,83 ±1,56	c

SD: desviación estándar de la muestra.

¹ Letras iguales son estadísticamente similares (P≤0,05).

El contenido de carbono en la biomasa aérea en los sistemas mezquital primario y mezquital de 30 años, resultaron mayores al reportado por Nívar (2008) de 11,35MgC·ha⁻¹ para el matorral espinoso tamaulipeco, e inferiores a valores determinados por otros autores para diferentes tipos de vegetación y sistemas (Callo-Concha *et al.*, 2002, 2004; Lapeyre *et al.*, 2004; Pacheco *et al.*, 2007; Ibrahim *et al.*, 2007).

El potencial de captura de carbono expresado en Mg CO_{2e}/ha/año presenta un valor mínimo de 0,35MgC/ha/año que equivale a 1,29MgCO_{2e}/ha/año en el sistema mezquital de 15 años y, se obtuvo un valor máximo de 0,63MgC/ha/año equivale 2,31MgCO_{2e}/ha/año en el mezquital de 30 años.

Conclusiones

El mezquital de 30 años resultó con el contenido de carbono en la biomasa aérea más alto con 18,83Mg·ha⁻¹, seguido por el mezquital primario con 14,76Mg·ha⁻¹ y mezquital de 15 años con 5,24Mg·ha⁻¹. Recuperar el estado inicial del mezquital primario en un tipo de geoforma de valle es posible, por el escurrimiento y

disponibilidad del agua que son determinante en la producción de biomasa, tal como se pudo comprobar con el sistema mezquital de 30 años que sobrepasa el contenido de carbono que se tenía en reservas del mezquital primario.

Las áreas de uso histórico de agricultura abandonadas en un tipo de geoforma de valle con regeneración natural deben de ser tomadas en consideración como ecosistemas importantes para el almacenamiento de carbono, debiéndose fomentar la ubicación de plantaciones forestales en este tipo de geoforma.

REFERENCIAS

Angelsen A, Brown S, Loisel C, Peskett L, Streck C, Zarin D (2009) *Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de Bosques (REDD): Reporte de Evaluación de Opciones*. Meridian Institute. Washington, DC, EEUU. 108 pp.

Burquez A, Martínez-Yrizar A (2011) Accuracy and bias on the estimation of above-ground biomass in the woody vegetation of the Sonoran Desert. *Botany* 89: 625-633.

Burquez A, Martínez-Yrizar A, Nuñez S, Quintero T, Aparicio A (2010) Aboveground biomass in three Sonoran Desert communities: variability within and among sites using replicated

plot harvesting. *J. Arid Environ.* 74: 1240-1247.

Callo-Concha D, Krishnamurthy L, Alegre J (2002) Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Rev. Chapingo: Cs. Forest. Medio Amb.* 8: 101-106.

Callo-Concha D, Rajagopal I, Krishnamurthy L (2004) secuestro de carbono por sistemas agroforestales en Veracruz. *Ciencia UANL* 7: 60-65.

Chase TN, Pielke RA, Kittel TG, Neman RR, Runnings SW (1999) Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynam.* 16: 93-105.

Dale VH (1997) The relationship between land-use change and climate change. *Ecol. Applic.* 7: 753-769.

FAO (2010) *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe Nacional México*. FRA 2010/132. Departamento Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 98 pp.

Ibrahim M, Chacón M, Cuartas C, Naranjo J, Ponce G, Vega P, Casasola J, Rojas J (2007) Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforest. Amér.* 45: 27-36.

IPCC (2006) *Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Intergovernmental Panel on Climate Change*. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/publi/2006gl/ spanish/index.html (Cons. 05/11/2013).

Lambin EF, Geist HJ, Lepers E (2003) Dynamics of land-use and land-cover change in tropical forest. *Annu. Rev. Environ. Resourc.* 28: 205-241.

Lapeyre T, Alegre J, Arévalo L (2004) Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de

uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecol. Aplic.* 3: 35-44.

Masera O, Ordóñez A, Dirzo R (1997) Carbon emissions from Mexican forest: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265-295.

Nívar J, Mendez E, Graciano J, Dale V, Parresol B (2004) Biomass equations for shrub species of Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *J. Arid Environ.* 59: 657-674.

Nívar J (2008) Carbon fluxes resulting from land-use changes in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Carbon Bal. Manag.* 3: 1-11.

Pacheco C, Aldrete A, Gomez A, Fierros A, Centina-Alcala V, Vaquera H (2007) Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de un plantación joven de *Pinus greggii* Engelm. *Fitotec. Mex.* 38: 251-254.

Sanhueza R, Azócar G (2000) Transformaciones ambientales provocadas por los cambios económicos de la segunda mitad del siglo XIX; provincia de Concepción. *Terra Austr.* 45: 181-194.

Simpson JW, Boerner RE, DeMers MN, Berns LA, Artigas FJ, Silva A (1994) Forty-eight years of landscape change on two contiguous Ohio landscape. *Landsc. Ecol.* 4: 261-270.

Torrejón F, Cisternas M (2002) Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispanomediterránea (siglos XVI y XVII). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 75: 729-736.

Torrejón F, Cisternas M, Aráneda A (2004) Efectos ambientales de la colonización. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 77: 661-677.

Yerena-Yamallel JI, Jiménez-Pérez J, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza EJ (2011) Concentración de carbono en la biomasa aérea del matorral espinoso tamaulipeco. *Rev. Chapingo Ser. Cs. Forest. Amb.* 17: 283-291.