

Estimación de la captura de carbón en la Reserva Isidro Fabela, Jocotitlán, Estado de México

Israel Cárdenas-Camargo¹, Mónica Rangel-Villafranco² y Rocío Sanchez-Alejo¹

Laboratorio de Diagnóstico Ambiental¹, Laboratorio de Cultivo de Tejidos²

División de Desarrollo Sustentable

Universidad Intercultural del Estado de México

San Felipe del Progreso, Méx.; México

israel.cardenas@uiem.edu.mx

Abstract— A strategy for mitigating climate change that intervenes in the conservation of ecosystems and environmental services is the capture of carbon by vegetation. Thus, the objective of this work was analyze the forest structure to estimate the carbon capture of *Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia* and *Pinus pseudoestrobis* of the temperate forest of the Isidro Fabela State Reserve, State of Mexico, Mexico. The structure of the forest showed that *Quercus rugosa* and *Quercus crassifolia* are the species with the greatest value of importance. The carbon capture was estimated for *Quercus rugosa* and *Quercus crassifolia* and *Pinus pseudoestrobis*, at 20.84 ton / ha, 4.21 ton / ha and 2.61 ton / ha, respectively.

Keyword— Forest, *Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia*, *Pinus pseudoestrobis*

Resumen— Una estrategia para la mitigación del cambio climático que interviene en la conservación de los ecosistemas y servicios ambientales es la captura de carbón por parte de la vegetación. Así, el presente trabajo tuvo por objetivos analizar la estructura forestal y estimar la captura de carbón en *Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia* y *Pinus pseudoestrobis* del bosque templado de la Reserva Estatal Isidro Fabela, Estado de México, México. La estructura del bosque mostró que *Quercus rugosa* y *Quercus crassifolia* son las especies con mayor valor de importancia. La captura de carbón estimada para *Quercus rugosa* y *Quercus crassifolia* y *Pinus pseudoestrobis*, fue de 20.84 ton/ha, 4.21 ton/ha y 2.61 ton/ha, respectivamente.

Palabras claves— Forestal, *Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia*, *Pinus pseudoestrobis*

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Challenger y Soberon [1], los bosques templados en México ocupan aproximadamente el 16.45% del territorio nacional, sin embargo; se estima tenían el potencial de cubrir alrededor del 25% del territorio nacional, se distribuyen principalmente a lo largo de las zonas montañosas, en la sierra Madre Occidental, la madre Sierra Oriental y del Sur, el eje Neovolcánico, la Sierra Norte de Oaxaca y los altos de Chiapas, así como en distintas serranías y montañas aisladas en el Altiplano y entremezclados en las planicies tropicales, estos ecosistemas podrían albergar 7000 especies, representando hasta el 25% de la flora fanerogámica del país. En el Estado de México, los bosques templados, ocupan el 65% de la superficie, siendo el ecosistema con mayor extensión [2] y al igual que otros ecosistemas, proveen una serie de bienes y servicios ambientales que están estrechamente relacionados con el bienestar humano [3] y particularmente, con el de las comunidades indígenas que son dueñas de una parte importante de esta vegetación. Desafortunadamente, Pineda, Bosque, Gómez y Plata [4], estimaron una tasa de deforestación del 6.7% en el periodo 1993-2002 para los bosques del Estado de México, México, siendo las principales causas los aspectos demográficos, el avance del sector agrícola y las políticas gubernamentales.

Esta transformación en el uso de suelo trae una serie de consecuencias a diferentes escalas, siendo una de las principales la alteración en el ciclo del C. Así, De Jong, Anaya, Masera, Olguín, Paz, Etchevers, Balbontín [5] estiman para México que las emisiones de nacionales de gases de efecto

invernadero (GEI) (con base en el CO_2) son de $87 \times 10^6 \text{ Mg año}^{-1}$, de las cuales el 74.2% se emitieron por pérdida de biomasa, el 5.6% por el aprovechamiento de los bosques, el 34.8% por pérdidas de C en suelos minerales. En términos generales, la deforestación como resultado de transformar tierras forestales a cultivos agrícolas y aprovechamientos forestales contribuye con aproximadamente el 10% de las emisiones de Gases de Efecto invernadero (GEI) [6], los cuales son una de las principales causas de Cambio Climático Global [7] y [8]. Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana, en 2011, las concentraciones de estos gases de efecto invernadero eran de 391 ppm, 1,803 ppm y 324 ppm, valores que excedían los niveles preindustriales en aproximadamente el 40%, el 150% y el 20%, respectivamente [7]. Entre los impactos que actualmente se pueden observar están los relacionados con los cambios en la temperatura global, la precipitación y el derretimiento de la nieve y hielo, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales. Esto ha tenido y tendrá como consecuencia alteraciones en los sistemas hidrológicos en términos de cantidad y calidad de agua, además de impactos negativos sobre el rendimiento de los cultivos [7].

Acercas de las estrategias propuestas para amortiguar el calentamiento global, Masera [9], propone dos tipos 1) la conservación, entendida como la preservación de áreas naturales y 2) incrementar extensiones áreas arboladas, mediante la reforestación, recuperación de áreas degradadas, la reforestación urbana, la restauración, la creación de plantaciones comerciales para producir madera, pulpa para papel, hule, etc., así como el aumento de plantaciones energéticas y de sistemas agroforestales, estas acciones podrían incrementar la fijación de carbono y mantener estables los almacenes. Así la conservación de áreas promueve la mitigación a la emisión de GEI y al Cambio Climático, conocida como Captura o secuestro de Carbón en los diferentes almacenes que existen, siendo los principales en los ecosistemas forestales la vegetación, el mantillo y el suelo. Para lo cual, diferentes autores [8], [10], [11], [12], [13] y [14] han propuesto que es crucial investigar acerca de la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales y generar información básica sobre los contenidos de carbón en los diferentes almacenes, para posteriormente pasar a un esquema de pago por servicios ambientales [16]. Para lograr este fin en ecosistemas forestales y en el almacén de la biomasa arbórea, Gómez-Díaz, Etchevers, Monterrosos-Rivas, Campo-Alves y Tinoco-Rueda [15], proponen que es necesario estimar su peso seco, siendo el método más preciso el destructivo junto con el desarrollo de ecuaciones alométricas. Así bajo la temática expuesta, el presente trabajo tuvo por objetivos, analizar la estructura forestal y estimar el potencial de captura de carbón *Quercus rugosa*, *Quercus crassifolia* y *Pinus pseudoestrobis* del bosque templado de la Reserva Estatal Isidro Fabela, Estado de México.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Sitio de Estudio

La Reserva Estatal Isidro Fabela (decretado el 8 de febrero de 1975), localmente conocida como “Cerro de Jocotitlán”, se encuentra en la región norte del Estado de México (Figura 1). Su área total y poligonal es de 3,701 ha y tiene una altitud máxima de 3952 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (93.35%) y semifrío subhúmedo de menor humedad (6.65%), presenta temperaturas de 12° a 14°C y una precipitación promedio anual de 900 mm [17].

La superficie edafológica está constituida por 4 grandes unidades: Planosol, Feozem, Andosol y Luvisol [17]. De acuerdo con Sánchez-Alejo [18], los tipos de vegetación presentes son Bosques de pino-encino, Bosques de encinos-Pinos y Bosques de encinos. Debido a esta riqueza, las 3701 hectáreas

pertenecen a una zona protegida llamada Parque estatal Isidro Fabela; sin embargo la tenencia de la tierra es ejidal, comunal y particular [18].

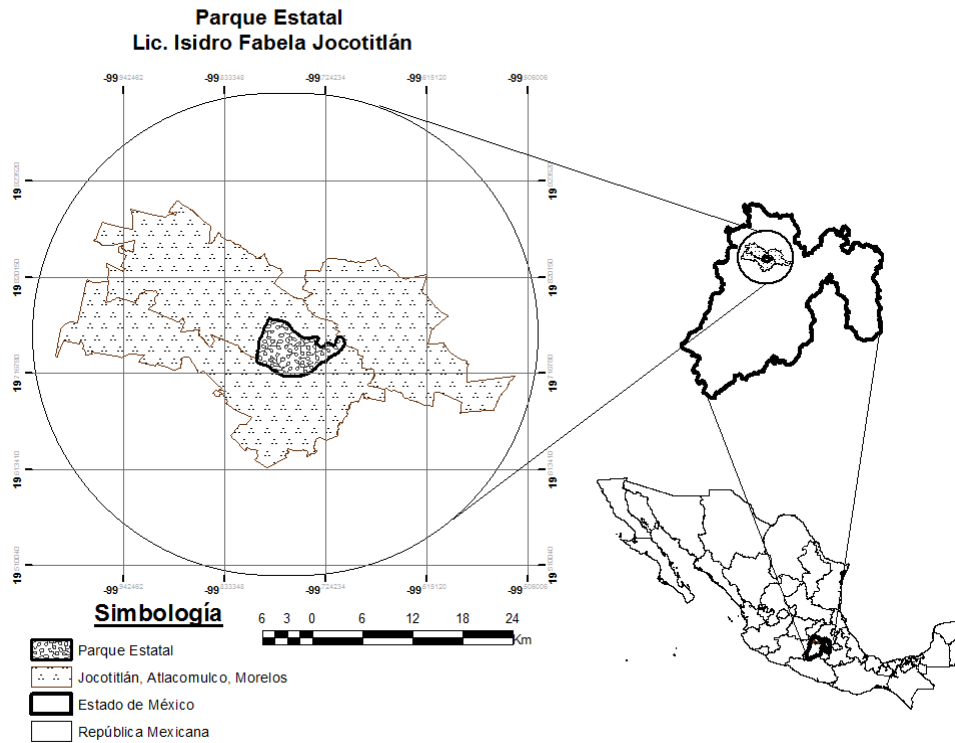


Fig. 1. Área de la Reserva Estatal Isidro Fabela.

B. Estructura Forestal

Para el análisis de la comunidad arbórea en el cerro de Jocotitlán, Estado de México, se utilizó la técnica de muestreo por cuadrantes [19]. Se realizaron 12 cuadrantes de 32 x 32 metros, mismos que cubren un área de 12,288 m². En cada cuadrante registraron todas las especies de árboles que se encontraban en el interior, de cada individuo se tomaron los datos de la altura, el diámetro a la altura del pecho y se hizo su identificación taxonómica. Para determinar cuáles serían las especies arbóreas más representativas dentro de la estructura del bosque se utilizó el indicador de Valor de Importancia (IVI), dicho indicador provee de información acerca del aporte de biomasa al ecosistema, el cual está compuesto de la densidad, frecuencia y dominancia de las especies arbóreas presentes [19], [20] y [21].

C. Potencial de Captura de Carbón

El potencial de captura de carbón se determinó mediante la generación de ecuaciones alométricas propuestas por Gómez-Díaz, Etchevers, Monterrosos-Rivas, Campo-Alves y Tinoco-Rueda [15], para lo cual fue necesario hacer un muestreo semidestructivo, que consistió en derribar una sección representativa de cada árbol de las especies, además de medir el diámetro a la altura del pecho y hacer una estimación de la altura, con base en los datos obtenidos se estimó la biomasa aérea total y se ajustó al modelo matemático propuesto por se relaciona la biomasa aérea entre “y” en kg y el diámetro normal “x” en cm.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el bosque de Jocotitlán, Estado de México se encontraron 11 especies arbóreas pertenecientes a cuatro familias distribuidas en cuatro géneros. En orden alfabético el listado completo de las especies es el siguiente: *Arbutus tesellata*, *Arbutus xalapensis*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus pseudostrobus*, *Prunus serotina*, *Quercus conspersa*, *Quercus crassifolia*, *Quercus crassipes*, *Quercus laurina*, *Quercus obtusata* y *Quercus rugosa*. En cuanto a la altura (Figura 2), *Pinus pseudostrobus* fue la especie que presentó el mayor valor (22.05+7.41), seguida de *Pinus ayacahuite* (19.33+1.15), mientras que la especie que obtuvo en promedio el menor valor fue *Arbutus tesellata* (5.87+2.26).

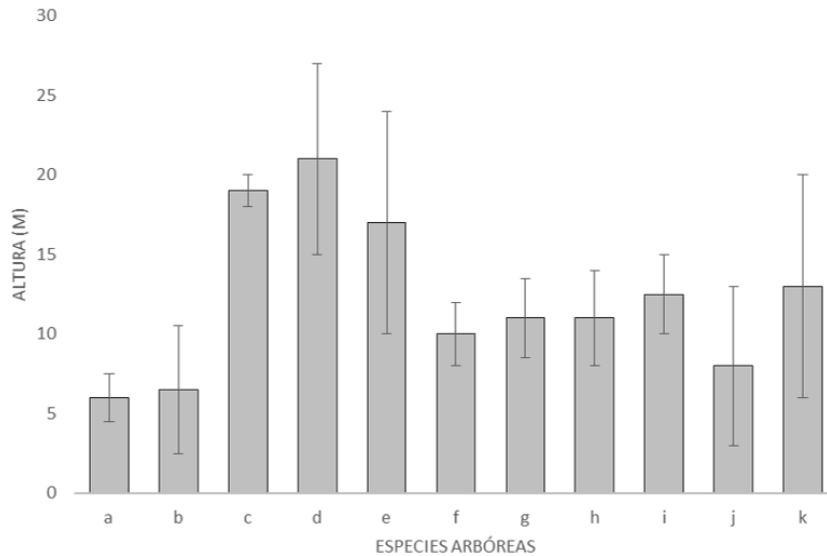


Fig. 2. Altura de las especies arbóreas analizadas en el del Parque Estatal Lic. Isidro Fabela. A: *Arbutus tesellata*, B: *Arbutus xalapensis*, C: *Pinus ayacahuite*, D: *Pinus pseudostrobus*, E: *Prunus serotina*, F: *Quercus conspersa*, G: *Quercus crassifolia*, H: *Quercus crassipes*, I: *Quercus laurina*, J: *Quercus obtusata*, K: *Quercus rugosa*

En la Tabla I se presenta para cada especie la densidad, la dominancia, y la frecuencia, parámetros con los que fue estimado el Valor de Importancia. Los resultados obtenidos muestran que la especie con el índice más alto fue *Quercus rugosa* con 28.91, seguida de *Quercus crassifolia* con 15.78, para el caso del género *Pinus* la especie que presentó el mayor valor fue *Pinus pseudoestrobos* con 12.39, dichas especies fueron seleccionadas para estimar en ellas el potencial de captura de carbón a través del cálculo de los estimadores con ecuaciones alométricas.

La especie *Quercus rugosa* presentó alturas desde los 2 metros hasta los 30 metros y pesos promedio de 61.32 kg de materia seca. A través de un análisis de regresión lineal y ajustar estos datos a un modelo logarítmico, se estimó que su valor de r^2 es igual a 0.87 y los valores de la ecuación fueron de B_0 42.824 y B_1 29.248. Además, se relacionó el Diámetro a la altura del pecho (DAP) con el peso estimado bajo el mismo ajuste logarítmico reflejándose en una r^2 de 0.24. En el caso de *Quercus crassifolia* presentó alturas que variaron desde los 6 a los 16 metros y un peso seco promedio de 23.51 kg. Se estimó que su valor de r^2 es igual a 0.92. En la relación del DAP con el peso estimado bajo el mismo ajuste logarítmico se reflejó una r^2 de 0.30, es decir, no existió relación. Finalmente, *Pinus pseudostrobus*, en el modelo de regresión logarítmica tuvo un valor de r^2 de 0.90 en el caso de la relación peso y altura y tuvieron un rango de los 4 y los 30 m y un peso seco de 60.80 kg de materia seca, mientras que en la relación DAP y Peso tuvo un valor de 0.12. Los valores encontrados indican que el modelo de ajuste que mejor se adapta para estas especies en los bosques analizados en el cerro de Jocotitlán es también el de altura y

peso. Finalmente se estima (relacionando estos datos con la densidad) que *Quercus rugosa* tiene un potencial de captura de carbón de al menos 20.84 ton/ha, *Quercus crassifolia* tendría un potencial de 4.21 ton/ha y para *Pinus pseudostrabus* sería de 2.61 ton/ha.

Tabla I. Estimación del Valor de Importancia

Especie	Densidad		Dominancia		Frecuencia		Valor de Importancia	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
<i>Arbutus tesellata</i>	14.17	1.69	4460.07	0.48	0.25	6.12	8.30	2.77
<i>Arbutus xalapensis</i>	29.17	3.49	4313.57	0.47	0.67	16.33	20.28	6.76
<i>Pinus ayacahuite</i>	2.50	0.30	3237.82	0.35	0.08	2.04	2.69	0.90
<i>Pinus pseudostrabus</i>	42.50	5.08	146020.32	15.77	0.67	16.33	37.18	12.39*
<i>Prunus serotina</i>	2.50	0.30	1530.16	0.17	0.17	4.08	4.55	1.52
<i>Quercus conspersa</i>	179.17	21.41	12898.61	1.39	0.58	14.29	6.32	2.11
<i>Quercus crassifolia</i>	36.67	4.38	341092.68	36.84	0.25	6.12	47.34	15.78*
<i>Quercus crassipes</i>	24.17	2.89	81615.74	8.81	0.08	2.04	44.52	14.84
<i>Quercus laurina</i>	27.50	3.29	13198.30	1.43	0.42	10.20	14.92	4.97
<i>Quercus obtusata</i>	138.33	16.53	42011.17	4.54	0.25	6.12	27.19	9.06
<i>Quercus rugosa</i>	340.00	40.64	275496.01	29.76	0.67	16.33	86.72	28.91*
Totales	836.67	100.00	925874.45	100.00	4.08	100.00	300.00	100.00

*Especies utilizadas para la estimación de captura de carbón

Para bosques cercanos a este estudio, Cárdenas-Camargo, Rangel-Villafranco y Eduarte-Jacinto [22] encuentran una riqueza de especies arbóreas de 4 especies, donde el las especies con mayor valor de importancia fueron *Pinus ayacahuite* y *Pinus pseudostrabus*, 49.46 y 32.32, respectivamente. Ignacio-Ruiz, Rangel-Villafranco y Cárdenas-Rangel [23], reportan para otro bosque de la misma región la presencia de 8 especies, siendo las especies *Quercus crassipes* y *Quercus conspersa* las que reportaron el mayor valor de importancia, 22.94 y 16.16, respectivamente. Cabe señalar que se comparten especies con ambos trabajos como reflejo de condiciones climáticas y altitudinales similares, además de que las zonas de distribución cruzan estos sitios. Si bien en número de especies es mayor en el trabajo reportado por Ignacio-Ruiz, Rangel-Villafranco y Cárdenas-Rangel [23] estas solo pertenecen al género *Quercus*, mientras que las reportadas en este trabajo se encuentran distribuidas en 4 géneros, 6 de *Quercus*, 2 de *Arbutus*, 2 de *Pinus* y 1 de *Prunus*. La reserva Isidro Fabela representa un porcentaje importante de la superficie total del municipio y de la diversidad de la zona, López, Valdez, Vázquez, Morales y Domínguez [24], reportan para el bosque templado de Jocotitlán un total de 184 especies tanto herbáceas, arbustivas y arbóreas, las cuales coinciden con este estudio. El presente trabajo se enfocó a analizar la estructura de un área representativa de la totalidad de la superficie del bosque la cual se encuentra en la transición entre los bosques de encino y los bosques de pino.

Las estimaciones de captura de carbón en *Quercus rugosa* son similares a las reportadas por Rodríguez-Laguna, Jiménez-Pérez, Aguirre-Calderón, Treviño-Garza y R. Razo-Zárate [10], que reportan para *Quercus germana* un valor de 17.3 ton/ha y a su vez son superiores a la estimada para *Quercus crassifolia*. En el caso de *Pinus pseudostrobus*, esta se encuentra por debajo de lo reportado por Rodríguez-Laguna, Jiménez-Pérez, Aguirre-Calderón, Treviño-Garza y R. Razo-Zárate [10] quienes reportan un valor de 16.5. Las variaciones entre estos resultados se pueden explicar por (i) las diferencias en las metodologías utilizadas, ya que el presente estudio ocupó solo los fustes de los árboles mientras que otros estudios estiman los valores para hojas y ramas laterales, las cuales pueden aportar hasta un 30% del peso y contenido de C [10] y (ii) por la relación en el cálculo con la densidad de individuos por hectárea, la cual varía de especie a especie y de área en área [12].

De acuerdo con Ordoñez-Díaz y Masera [25], la captura o secuestro de carbón es una de las estrategias claves para disminuir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El potencial de captura de carbono en bosques templados de México ha sido reportada para diferentes áreas boscosas [8], [10], [11], [12], [13] y [14] dentro de las especies que han sido objeto de estudios, se encuentran algunas del género *Quercus* y del género *Pinus*, sin embargo; muchos estudios varían en sus metodologías utilizadas, lo que hace difícil su comparación. Continuar con este tipo de estudios en bosques templados en México, que se distribuyen en todo el eje neovolcánico y en sus cadenas montañosas, son de gran importancia desde su papel como sumideros de carbón [13]. Cabe resaltar que durante la revisión realizada en el presente trabajo no se encontraron reportes sobre las estimaciones de captura de carbón en la zona norte del Estado de México, por lo que el presente trabajo presenta una línea de investigación novedosa.

IV. CONCLUSIONES

Los datos encontrados en el presente estudio indican de forma contundente que la Reserva estatal Isidro Fabela presenta importantes atributos (extensión, grado de conservación, diversidad y estatus legal) para considerarlo como un área potencial de captura de carbón en el Estado de México. Las autoridades locales y federales deben promover acciones en la reducción de emisiones de GEI y aumentar los almacenes de carbón en todo el país y no solo reducir las acciones a zonas muy concretas de nuestro país (como los programas REDD+) considerando además que más de 60 % de los bosques del país son de propiedad privada, ejidal o comunal.

Las especies encontradas en la Reserva estatal Isidro Fabela son especies adaptadas a las condiciones ambientales del sitio con crecimientos óptimos y por lo tanto aseguran una importante cantidad de captura de carbón de forma cíclica. Estas zonas deberían ser propuestas para recibir los apoyos correspondientes en el pago de servicios ambientales favoreciendo así su conservación. Cabe señalar que la conservación de este sitio, además de lo anterior expuesto, favorecería la conservación de la biodiversidad local, los recursos hídricos y los productos forestales no maderables, los cuales de acuerdo con Martínez-García [26] representan como en el caso de los hongos comestibles un recurso para las comunidades cercanas. Así, este tipo de estrategias pueden contribuir a la transición hacia la sustentabilidad e impulsar la conservación de regiones con áreas forestales y a su vez mitigar la emisión de GEI.

REFERENCIAS

- [1] A. Challenger y J. Soberon, "Los ecosistemas terrestres", En: *Capital natural de México. Vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad*, México, Eds, CONABIO, 2008 pp. 87-108.

- [2] PROBOSQUE “*Inventario forestal*”. México, Eds, Gobierno del Estado de México-PROBOSQUE, 2010.
- [3] P. Balvanera and H. Cottler, “Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos”, En: *Capital natural de México. Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio*, México, Eds., CONABIO, 2009 pp. 185-245.
- [4] N. Pineda, J. Bosque, M. Gómez y W. Plata, “Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación” *Boletín del Instituto de Geografía UNAM*, num. 69, pp. 33-52, 2009.
- [5] B. De Jong, C. Anaya, O. Masera, M. Olguín, F. Paz, J. Etchevers, C. Balbontín, “Greenhouse gas emissions between 1993 and 2002 from land-use change and forestry in México”, *Forest Ecology and Management*, num. 260 , pp. 1689-1701, 2010.
- [6] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). “*Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010*”, México, Eds. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-INECC, 2013, pp. 412.
- [7] IPCC “*Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, United Kingdom and New York, NY, USA, Eds. Cambridge, Cambridge University Press, 2013.
- [8] J. Ordóñez, J. de Jong, F. García, F. Aviña, J. Pérez, G. Guerrero, R. Martínez and O. Masera. “Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico”, *Forest Ecology and Management*, num. 255 (7), pp. 2074-2084, 2008.
- [9] O. Masera “*Los Bosques y el Cambio global*”, México, Eds. Universidad Nacional Autónoma de México, 1995.
- [10] R. Rodríguez-Laguna, J. Jiménez-Pérez, O. Aguirre-Calderón, E. Treviño-Garza and R. Razo-Zárte, “Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la biosfera El Cielo, Tamaulipas, México”, *Ra Ximhai*, vol. 5. número 3, pp. 317 -327, 2009.
- [11] Y. Yamallel ““Concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas del noreste de México.” *Revista mexicana de ciencias forestales* vol. 3 (13), pp. 49-56, 2011.
- [12] G. Pacheco-Aquino, E. Durán-Medina, J. Ordóñez-Díaz, “Estimación del carbono arbóreo en el área de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México”, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* , vol. 6 (29), pp.126-145, 2014.
- [13] J. Ordóñez Díaz, R. Rivera-Vázquez, M. Tapia-Medina and L. Ahedo-Hernández, “Contenido y captura potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro, Michoacán” *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* , vol.6 (32), pp. 7-16, 2015.
- [14] L. Rodríguez-Larramendi, Guevara-Hernández F., Reyes-Muro L., Ovando-Cruz J. Nahed-Toral J. Prado-López M. Campos-Saldaña R., “Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México”, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 7 (37), pp. 77-94. 2009.
- [15] J. Gomez-Díaz, J. Etchevers, Monterrosos-Rivas, J. Campo-Alves, J. Tinoco-Rueda "Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Quercus magnoliaefolia*." , *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, vol.17 (2), pp.261-272, 2011.
- [16] T. Greiber “*Pagos por servicios ambientales: marco jurídicos e institucionales*” 2010
- [17] INEGI “*Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*”, México, Eds. INEGI, 2009.
- [18] R. Sánchez-Alejo, “*Análisis del potencial de captura de carbono en tres especies arbóreas del cerro de Jocotitlán, México*”, México, Tesis de Licenciatura Universidad Intercultural de México, 2015.
- [19] J. Franco-Lopez “*Ecología y Conservación*”, México, Eds. Trillas, 2011.

- [20] L. Rubio-Licona, S. Romero-Rangel, E. Rojas-Zenteno "Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México." *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* vol. 17 (1), pp. 77-90, 2011.
- [21] G. Santana, M. Mendoza, V. Salinas, D. Pérez-Salicrup, Y. Martínez and I. Aburto "Análisis preliminar de la diversidad y estructura arbórea-arbustiva del bosque mesófilo en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán, México.", *Revista mexicana de biodiversidad*, vol. 85 (4), pp.1104-1116, 2014.
- [22] I. Cárdenas-Camargo, M. Rangel-Villafranco and M. Eduarte-Jacinto, "Relacion comunidad-naturaleza, implicaciones de algunas actividades humanas sobre la estructura arborea, en la comunidad indígena mazahua de San Nicolás Guadalupe, San Felipe del Progreso, Estado de México, México". En: A. Conde-Flores, P. Ortiz-Baez, A. Delgado-Rodríguez, F. Gómez-Rábago, "Reflexiones sobre la complejidad", México, Eds. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México, 2013, pp 246-255.
- [23] N. Ignacio-Ruiz, M. Rangel-Villafranco, I. Cárdenas-Camargo "Estructura del bosque y propagación de dos especies de encinos con micorrizas en el Estado de México." *Revista Iberoamericana de Ciencias* vol. 1, pp. 138-146, 2014.
- [24] J. López, J. Valdéz, E. Morales, and A. Domínguez, "Listado florístico preliminar del cerro de Jocotilán, Estado de México, *Revista de Ciencias Agrícolas*, num. 1, pp. 28-42.
- [25] J. Ordóñez-Díaz y O. Masera. 2001, " Captura de carbono ante el cambio climático", *Madera y Bosques* vol. 7 (1): 3-12.
- [26] A. Martínez-García, "Estudio etnomicológico de las comunidades mazahuas cercanas al cerro de Jocotilán, Estado de México", México, Eds. Universidad Intercultural del Estado de México, 2015.