

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México

Bastida Tapia Aurelio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesor investigador del Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Correo: ac5337@chapingo.mx.

#### Resumen

El presente artículo trata sobre la evolución y situación actual de la agricultura protegida en México, marcada por un gran desarrollo de la superficie cubierta, ya que en el año 1970 se reportaban unas 100 hectáreas de invernaderos, para el año 2000 rebasaban las 700 hectáreas y para este año, 2017, se estiman en más de 25 mil hectáreas con cultivos bajo estructuras de protección; invernaderos, túneles altos y casas sombra. En lo que va del presente siglo se estima un crecimiento de mil a mil quinientas hectáreas por año. Los principales cultivos son hortalizas, flores de corte y frutillas, que en un alto porcentaje tiene como destino la exportación a Norte América y otros países desarrollados, así como plantas ornamentales en contenedores para mercado interno. Es de esperarse que el crecimiento siga, sobre todo como una forma de minimizar los efectos del cambio climático, para intensificar la agricultura, aumentar los rendimientos y contribuir a la producción de cultivos orgánicos bajo sistemas de agricultura protegida.

**Palabras claves.** Invernaderos, agricultura protegida, agricultura bajo cubiertas, estructuras de protección de cultivos.

#### 1. Introducción

En un sentido amplio y moderno, la agricultura protegida está integrada por todos los sistemas de producción que utilizan estructuras y técnicas para abrigar plantas y animales, con la finalidad de protegerlos de los fenómenos ambientales adversos a su desarrollo, recreando las condiciones idóneas para un mejor desarrollo y producción de cultivos y especies animales, mediante técnicas que van desde el uso de bolsas para proteger racimos de plátanos hasta grandes estructuras, de invernaderos y granjas pecuarias, altamente tecnificadas, donde se implementa un control automatizado y completo de todos los factores ambientales. Existe el consenso generalizado para considerar como parte fundamental de la agricultura protegida a los invernaderos, túneles, casas sombra y otras técnicas como los acolchados y los enmallados, el fertirriego o riego por goteo y la

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

hidroponía. Las últimas estadísticas oficiales reportan que la superficie de agricultura con cubiertas de protección de cultivos es de más de 25 mil hectáreas, sin considerar acolchados y túneles bajos (SIAP/SAGARPA, 2016). En esta ponencia se abordará el desarrollo de la agricultura protegida con énfasis en la situación de los invernaderos, la casa sombra y los túneles altos. Se refieren algunos aportes de mexicanos como las chinampas y la hidroponía, los tochimales unas estructuras prehispánicas de protección de cultivos, se abordan los factores y elementos que impulsan la agricultura protegida en México, el desarrollo que ha experimentado en los últimos años, su distribución y la situación general que presenta.

### 2. Metodología

Este trabajo es resultado del proyecto de investigación “Estudio del desarrollo de la agricultura protegida y los invernaderos en México”, con actividades de visitas a empresas y regiones con agricultura protegida, con entrevistas a productores, varias de ellas con los grupos de la licenciatura en Horticultura Protegida. Trabajo complementado para este escrito con una revisión domental sobre el desarrollo de la agricultura protegida que integra varios capítulos de un libro próximo a publicarse.

### Desarrollo de la agricultura protegida en México

Aunque el concepto de agricultura protegida tiene una connotación moderna, muchas de las técnicas que la integran tuvieron su origen en las prácticas que se implementaron en diferentes momentos del desarrollo de la agricultura, por diferentes pueblos e incluso en diferentes regiones del mundo. Sin embargo, es hasta la aparición de los plásticos y su aplicación en la agricultura que se adquiere la connotación actual de cultivos protegidos o agricultura protegida, de la cual los mejores exponentes son los invernaderos, es a partir de ellos que se puede seguir la evolución y desarrollo de este sector de la agricultura protegida nacional e incluso en la agricultura protegida mundial (Papaseit, *et al.* 1997; Díaz *et al.* 2001).

### Los aportes mexicanos a la agricultura protegida

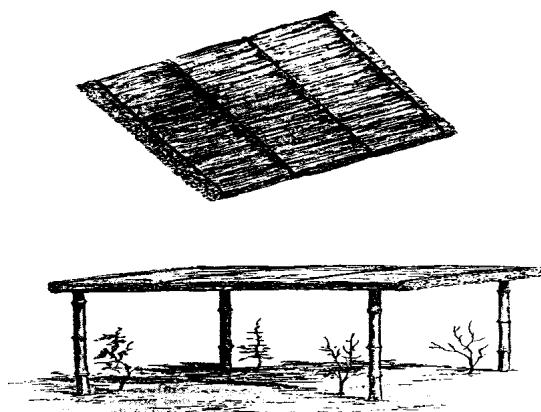
Dos son los elementos centrales de lo que hoy denominamos agricultura protegida que se sabe, en parte, tuvieron origen en México; las chinampas como antecedente de la hidroponía y los tochimales, estructuras de protección de cultivos en la época prehispánicas, elaboradas con cuatro postes que sostenían petates o esteras, tejidas con tule, utilizadas para proteger cultivos de hortalizas sensibles al frío, durante el invierno.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

*Las chinampas y la hidroponía.* En el lago de Xochimilco durante el Posclásico medio (entre 1200 1350 d. c.) surgió la agricultura Chinampera en los lechos fangosos y poco profundos de la cuenca lacustre de Xochimilco y Chalco. Las *Chinamitl*, vocablo náhuatl que se traduce como “sobre setos o cerca de cañas”, se diseñaron con la finalidad de extender los terrenos agrícolas sobre el agua de los lagos para cultivar maíz, frijol, amaranto, calabazas y otras hortalizas (Salazar, 2016). Se trataba de una especie de balsa sobre el agua, con una armazón de troncos y varas, sobre la que se deposita tierra vegetal debidamente seleccionada con materia orgánica como pasto, hojarasca y otros restos vegetales, en las se plantaban sauces para que sus raíces alcancaran el fondo anchando las chinampas donde sembraban diferentes cultivos. El agua del lago subía por capilaridad hasta la zona radical de donde era tomada por las raíces de los cultivos. El sistema de producción agrícola chinampero se plantea como uno de los varios antecedentes que tuvieron los sistemas hidropónicos, mismos que hoy son parte integrante de la agricultura protegida.

*Tochimales, estructuras prehispánicas de protección de cultivos.* Además, en el mismo Xochimilco se desarrollaron estructuras de protección de cultivos conocidos como *tochimales*, así lo describe Santamaría (1912), citado por Rojas (1983), quien señala que era una práctica con antecedentes muy antiguos, para el cultivo de jitomate, donde en los “*Cuidados de conservación en la almáciga*, señala en el mes de octubre, en que tiene lugar este primer trasplante, ya se comienzan a sentir las primeras heladas. Para precaver el plantío de sus efectos desastrosos, hacen unas tapas de carrizo y tules, o bien de césped, que tienen 80 centímetros por lado y 10 de espesor, son conocidas por los indios con el nombre de *tochimales*, y sirven para tapar las plantitas durante la noche, necesitándose una tapa para cada cuatro matas. Con cuatro pequeños trozos de carrizo, colocados uno al lado de cada plantita, se sostiene la tapa. Cuando temen que la helada sea muy fuerte, suprimen los carrizos acostando la planta sobre el suelo y colocando encima las tapas” (fig. 1).

**Figura 1.** Tochimal para proteger cultivos empleada en Xochimilco



Fuente: Rojas, 1983.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En la actualidad, en algunas comunidades campesinas, todavía se encuentran ejemplos de estructuras rústicas utilizadas para proteger cultivos, por ejemplo, sombreadores para el cultivo de orquídeas, helechos, plántula de café y otras especies, incluyendo plántula forestal. Para ello se construyen estructuras con postes de madera y las techan con hojas de palma, hojas de helechos o ramas de árboles (figs. 2 y 3).

### Factores y elementos que impulsan la agricultura protegida en México

Son diversos los factores y elementos que han impulsado el desarrollo de la agricultura protegida en México, tanto internos como externos, geográfico, climático, económicos y culturales. Como primer punto está el alto rendimiento que se obtiene en los sistemas de agricultura protegida, sin embargo, son varios los factores que se refieren a condiciones estratégicas, para el desarrollo de la agricultura protegida de México y que no se tienen otras regiones del mundo, en relación con su cercanía a los mercados de exportación (Urrestarazu, 2009; Moreno *et al.*, 2011; Padilla *et al.*, 2012, AMHPAC, 2013).

**Figura 2.** Cultivo de orquídeas bajo un techo de palma. Lagos de Monte Bello, Chiapas.



**Figura 3.** Techo sombra con hojas de palmera para producción de plántula de palma de aceite. Región del Soconusco Chiapas.



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Entre ellos se planten los siguientes: 1) El territorio nacional presenta una gran diversidad de condiciones climáticas, apropiadas para la instalación de diferentes tecnologías y estructuras para la protección de cultivo y la obtención de productos agrícolas durante todo el año, situación que determina condiciones ambientales para una producción agrícola muy diversificada. 2) Vecindad con uno de los mercados más grandes y con mayor poder adquisitivo; Estados Unidos y Canadá, con más de 400 millones de consumidores. 3) México cuenta con mano de obra relativamente barata, aunque con baja capacitación. 4) Los costos de producción son entre 20 y 30 % más bajos que en USA y Canadá, así como costo de la renta de la tierra son también más bajos. 5) La energía y los combustibles son relativamente baratos y se presenta menor consumo energético en la agricultura protegida comparada con los países nórdicos. 6) La infraestructura carretera y vías de comunicación ha sido planeada a varios puntos de la frontera de México con Estados Unidos. 7) A lo anterior se agregan una serie de apoyos estatales que han dado a este tipo de agricultura en las últimas décadas. 8) Los problemas de calentamiento global y cambio climático están llevando a que la agricultura a campo abierto cada día sea más aleatoria, y, 9) La combinación de agricultura orgánica con estructuras de protección lleva a la producción de alimentos más sanos.

Como ejemplo de los altos rendimiento se presenta los datos de producción de jitomate (SAGARPA, 2009), donde a cielo abierto los rendimientos promedios anuales son de 40 toneladas por hectárea, mientras que en sistemas con fertigación ese rendimiento se duplicaba por tres, llegando hasta cinco o seis veces más en invernaderos de mediana tecnología y hasta 15 veces más en invernaderos de alta tecnología (tabla 1). Rendimientos similares se obtuvieron en otros cultivos, como pimiento, pepino, lechugas y calabacita, ornamentales y frutilla, con ello quedó manifiesto como el uso de invernaderos, bien manejados, era donde se obtenían los más altos rendimientos agrícolas, por arriba de cualquier otro sistema de producción intensiva.

**Tabla 1. Rendimiento por sistema productivo con jitomate o tomate rojo**

Sistema de producción	Rendimiento (ton/hectárea)
Agricultura de campo y cielo abierto	40.00
Cultivo a cielo abierto con fertigación	120.00
Invernadero de tecnología media y fertigación	200.00
Invernadero de tecnología media y mejora de sustrato	250.00
Invernadero de alta tecnología	600.00

Fuente: SAGARPA, 2009

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Situación por la cual el sector de la agricultura protegida sigue creciendo y atrayendo capitales, tanto nacionales como internacionales, no solo con invernaderos, ello incluye la amplia gama de estructuras, técnica y sistemas que integran la agricultura protegida. Desarrollo para el que pronto se notó la falta de técnicos nacionales suficientes, capacitados y con experiencia para sacar adelante la producción, debido a ello ocurrieron diversos fracasos (UACH, 2008), sobre todo en el sector social.

### Desarrollo de los invernaderos y la agricultura protegida

Aunque son varias las técnicas y estructuras que integran la agricultura protegida, es el desarrollo de los invernaderos el que ha marcado la pauta de la agricultura protegida mexicana, sirviendo de hilo conductor para el estudio de este sector. Los datos indican que la superficie cubierta pasó de unas 100 hectáreas de invernaderos en 1970 a más de 25,000 hectáreas en la actualidad (tabla 2).

**Tabla 2. Desarrollo la agricultura protegida en México  
(Invernaderos, casas sombras y túneles altos)**

AÑO	SUPERFICIE (HA)	FUENTE
1970	100.00	SAGARPA, 2010
1980	300.00	
1999	721.00	AMHPAC, 2008; citado por SAGARPA, 2009
2005	3,214.00	
2008	9,948.00	
2009	15,000.00	AMHPAC, 2009
2012	20,000.00	SAGARPA, 2012
2013	22,508.53	SAGARPA, citado por AMHPAC, 2013
2015	23,251.00	SIAP/SAGARPA, 2015
2016	25,000.00	SIAP/SAGARPA, 2016

Fuente: Elaboración propia con datos de las citas referidas

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

De acuerdo con los datos anteriores, en lo que va de este siglo se estima un crecimiento promedio, de estructuras de protección de cultivo, de mil a mil quinientas hectáreas por año. Ello ubica a México como uno de los países con mayor superficie de invernaderos, así lo considera la FAO, citada por la SAGARPA (2009), quien indica que México, en el 2007, se ubicaba el cuarto lugar en superficie de invernaderos, en la región accidental del mundo, después de España, Turquía y Marruecos. Con los datos disponibles actualmente, en el panorama internacional, nuestro país ocupa el séptimo lugar en cuanto a Agricultura protegida se refiere a nivel mundial (tabla 3). Este crecimiento se ha presentado tanto en el sector social, donde ha habido todo tipo de experiencia, como en el empresarial el cual está enfocado a la producción y exportación de hortalizas, frutillas y flores de corte.

**Tabla 3. México y los países con mayor superficie de agricultura protegida.**

LUGAR	PAÍS	SUPERFICIE (HA)	FUENTE
1	China	3,300,000	ESA, 2013
2	Corea del sur	89,541	Ministry of Agriculture, 2012
3	Japón	87,886	MAFF, 2012
4	Turquía	61,776	Turkish Statistical Institute, 2012
5	España	45,200	EuroStat, 2013
6	Italia	38,910	EuroStat, 2013
7	<b>México</b>	25,000	<b>SIAP/SAGARPA, 2016</b>
8	Francia	11,190	EuroStat, 2013
8	Holanda	9,330	EuroStat, 2013
10	Estados Unidos	8,425	US Census Hort Spec 2010

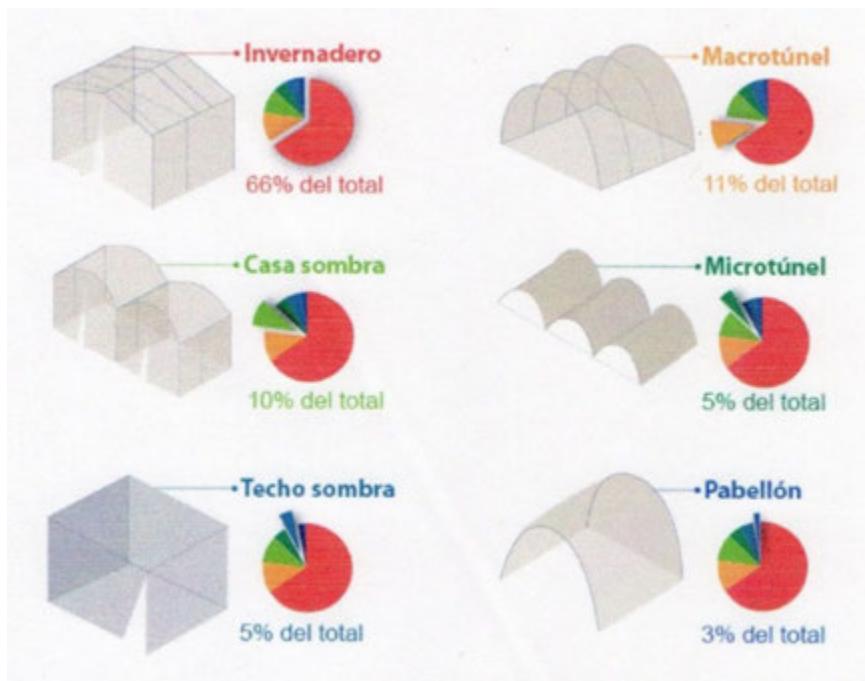
Fuentes: <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico> (fecha de consulta: 10/01/2014); SIAP/SAGARPA, 2016; AMHPAC, 2016.

### Distribución de la agricultura protegida por tipo de estructuras utilizadas

De acuerdo con los últimos datos oficiales sobre la superficie con estructuras de la agricultura protegida bajo cubiertas, el 66% de ellas correspondían a invernaderos, un 11% eran macro túneles o túneles altos, otros 10% consistían de casas sombra, otro 5% para micro túneles o túneles bajos, además de un 5% de techos sombra y el restante 3% para pabellones (fig. 2) (<http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>; fecha de consulta: 19/10/ 2016).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Figura 2. Porcentaje de estructuras de la agricultura bajo cubierta en el año 2013



Fuente: <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>

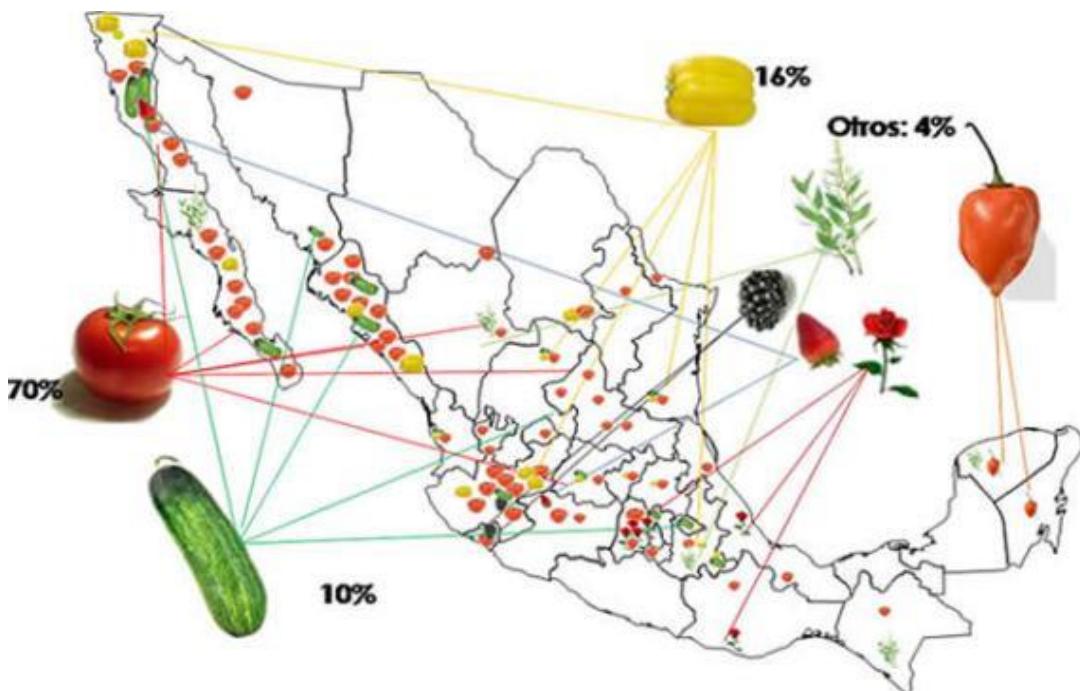
(Fecha de consulta: 19/10/2016).

### Principales cultivos y distribución de la agricultura protegida en México

La agricultura protegida se ha desarrollado en todo el territorio nacional, tanto en condiciones de clima templado como zonas áridas y clima tropical, pero con mayor superficie instalada en el Noroeste, Occidente y Norte de México (Bastida, 2011). Oficialmente, la SAGARPA (2012), reportaba que el 50% de la superficie con agricultura protegida se concentraba en cuatro estados: Sinaloa, 22%; Baja California, 14%; Baja California Sur, 12% y Jalisco, 10%. Los principales cultivos que se producían eran jitomate, 70%, pimiento, 16%, pepino, 10% y otros cultivos ocupaba el 4% restante. Agregaba que se había intensificado la diversificación mediante cultivos como la papaya, fresa, chile habanero, flores y plantas aromáticas. Además, señaló que las empresas grandes se ubican en el occidente y noroeste, mientras en el centro del País la mayoría de las unidades de producción no rebasan las tres hectáreas. Estos datos han variado poco a la actualidad (figura 3).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Figura 3. Principales cultivos de la agricultura protegida y su distribución en México.



Fuente: SAGARPA, 2010a.

La AMHPAC (2013), realizó un estudio que consideraba 22,508.17 hectáreas de la agricultura bajo cubierta, en el 2013. En el mismo se reportaban que el 42 % se ubicaba en el Noroeste de México, en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora. Mientras al Occidente le corresponde el 22 %, en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit. En el Norte de México se concentraba el 16 %, en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas. Por su parte la región centro contaba con el 15 %. Mientras en el sur y sureste existía el 5% de la superficie de agricultura protegida.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Resultados

#### Situación general de la agricultura protegida

Los datos más recientes de la agricultura protegida indicaban que en el año 2013, había más de 22 mil hectáreas cubiertas por estructuras de protección para cultivos, que comprendían más de 30 mil unidades de producción. Para el año 2015, la SAGARPA, plantea que en México existían un poco más de 23 mil hectáreas de agricultura protegida distribuidas en cerca de 26 mil unidades de producción. Por ultimo para el año 2016, se declara que en México existen 25 mil hectáreas de agricultura protegida, que contribuyen con el 5.1% del valor de la producción agrícola y emplea el 0.1% de la superficie sembrada, así mismo plantea que en seis estados se concentraba el 71.5% de la superficie sembrada, que los rendimientos por hectárea de jitomate y pepino superan en 2.9 y 2.4 veces, respectivamente, los rendimientos de cultivos similares a campo abierto (SIAP/SAGARPA, 2016). La superficie estimada, de agricultura bajo cubierta, para cada una de las entidades federativas se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Situación de la superficie de invernaderos y casas sombra en 2013 y 2015

ESTADO	2013 AMPAC/SAGARPA		2015 SIAP/SAGARPA	
	Instalaciones	Superficie (ha)	Unidades de producción	Superficie cubierta (ha)
Aguascalientes	229	87.70	161	88
Baja California	1,247	2,647.07	202	2,647
Baja California Sur	321	797.65	99	798
Campeche	176	51.70	157	70
Chiapas	257	273.52	1847	274
Chihuahua	257	1,495.92	180	1,496
Coahuila	284	353.99	123	274
Colima	347	403.60	148	404
Distrito Federal	2,527	152.10	1,401	152
Durango	355	74.55	325	75
Guanajuato	769	655.27	623	655
Guerrero	842	150.57	656	151
Hidalgo	2,276	233.69	2,344	234

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Jalisco	2,777	3,310.16	894	3,310
México	---	978.00*	4,938	1,624
Michoacán	859	1,004.06	769	1,004
Morelos	1,036	237.63	1,033	238
Nayarit	522	121.05	184	121
Nuevo León	278	106.64	269	107
Oaxaca	3,154	352.73	3,629	490
Puebla	2,933	1,045.20	2,181	1,045
Querétaro	563	240.61	465	241
Quintana Roo	144	52.02	110	52
San Luis Potosí	1,029	894.01	587	894
Sinaloa	1,057	4,743.72	165	4,744
Sonora	649	1,174.73	161	1,175
Tabasco	86	12.81	75	13
Tamaulipas	256	205.95	146	206
Tlaxcala	1,118	79.79	1,000	80
Veracruz	211	93.38	365	117
Yucatán	345	67.67	199	68
Zacatecas	654	411.04	378	409
<b>Total nacional</b>	<b>30,932</b>	<b>22,508.52</b>	<b>25,814</b>	<b>23,251</b>

\* Datos de SAGARPA 2009

Fuentes: <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico>. Fecha de consulta: 10/01/2014; SIAP/SAGARPA, 2015.

Con todo ello, se considera que los datos reflejan mejor la realidad de la agricultura protegida en México, que algunas empresas tenían estimada de acuerdo con la venta de plástico para cubiertas de invernaderos y a su experiencia de campo. Por ejemplo, Pacheco (2010), estimaba para ese año que en México ya deberían de existir alrededor de 25,000 hectáreas de agricultura protegida, distribuidas en 10,000 hectáreas de invernaderos y casas sombra para hortalizas, otras 2,700 hectáreas de invernaderos y unas 7,000 de macro túnel para flores, alrededor de 600 de invernaderos para viverismo y otras 4,700 de macro túnel para berries o frutillas; fresa, frambuesa, zarzamora y arándano. Una buena parte de las siete mil hectáreas para flores se ubicaba en la región de Villa Guerrero, en el Estado de México, así como en Morelos, al igual que en Atlixco y Tenango de la Flores Puebla. Sobre la superficie para frutillas, unas 1500 hectáreas se estarían en la región de Zamora, otras mil en Los Reyes, ambas regiones del estado de Michoacán y otras mil en Jalisco,

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

principalmente en Jocotepec, en la margen poniente del lago de Chapala y en la región de Sayula.

### Otras técnicas de la agricultura protegida

En lo referente al uso eficiente del agua en las actividades agropecuarias del país, la SAGARPA informó que se registró la tecnificación de riego en un millón 815 mil 280 hectáreas en el territorio nacional. Del 2001 al 2010, se habían tecnificado 713 mil 657 hectáreas, con lo que el promedio de tecnificación anual, en este periodo, era de 71 mil 366 hectáreas; este tipo de acciones permite el ahorro de agua para uso agrícola (SAGARPA, 2011). Otro informe de la Subsecretaría de Agricultura plantea que de 2013 a 2016 se tonificaron otras 428, 280 hectáreas con sistemas de riego modernos en diferentes entidades del país y que del 2013 al 2015 se apoyaron a 25,618 productores que cultivan 327 mil hectáreas con sistemas de riego modernos. En el 2016 se tecnificaron otras 101,556 hectáreas. Así del 2013 al 2016 se beneficiaron 33 mil 12 productores, el 30% correspondió a mujeres. De los que se apoyó en los últimos cuatro años, el 39% fue riego por aspersión (pivot central, cañón viajero, aspersión fija y aspersión portátil), 35 riego por goteo, 12 % micro aspersión, 9% multi compuertas 3% a mixtos y el resto otros sistemas de riego. Los estados mayormente beneficiados son Chihuahua, Sinaloa, Yucatán, Sonora, Veracruz, Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí, Michoacán y Tamaulipas con cerca del 72% de la superficie (<http://agrosintesis.com/ext/2017/enero/revista/index.html#page/32/mode/2up>; fecha de consulta: 30/01/2017). Cabe señalar que en la más reciente reunión con senadores, el titular de la SAGARPA, José Calzada Rovirosa, reveló que la tecnificación de los sistemas de riego, era de una superficie de 420 mil hectáreas en la primera parte del sexenio actual, con una meta de 450 mil al finalizar dicho periodo (<http://amcimexico.org/tecnificacion-via-para-impulsar-la-producción-del-campo/>; fecha de consulta: 16/01/2017).

### 4. Conclusiones

La agricultura protegida, en México en un alto porcentaje se ha visto impulsada por la exportación de hortalizas, frutillas y flores de corte hacia los Estados Unidos y Canadá.

El crecimiento de estructuras de la agricultura protegida ha sido de mil a mil quinientas hectáreas anuales en lo que va del presente siglo.

El mayor porcentaje de invernaderos y otras estructuras de protección se ubican en el noroeste del país y tiene como finalidad la exportación a Norte América.

Se espera que la combinación de agricultura orgánica con la agricultura protegida y factores como el cambio climático incremente la superficie de estructuras de protección de cultivos.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 5. Referencias

AMHPAC, 2009. Estudio de oportunidades externas para el desarrollo de la inteligencia comercial del mercado de exportación de la horticultura protegida. [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios\\_promercado/amhpac.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios_promercado/amhpac.pdf). Fecha de consulta: 08/02/2017.

AMHPAC, 2013. Agricultura protegida en México. <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico> (Fecha de consulta: 08/01/2013).

Bastida T., A, 2011. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.

Díaz S., T. *et al.* 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Mundi prensa. Madrid, España.

Moreno R., A. Aguilar D., J. y Luévano G., A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios [en línea] 2011, XV (Julio-Diciembre): (Fecha de consulta: 31 de marzo de 2014) Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14119052014>> ISSN 1405-928.

Padilla *et al.* 2012. Diagnóstico sobre la competitividad de la industria del tomate bajo agricultura protegida en Zacatecas. In Competencia y dinámica de ajuste de la horticultura. Culiacán, Sinaloa. México.

Pacheco A., A. 2010. Diseño agronómico de invernaderos. Memorias del Curso de Capacitación en Agricultura Protegida. Secretaría de Fomento Agropecuario de Baja California. Mexicali, Baja California.

Papaseit, *et al.* 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura. España.

Rojas R., T. 1983. La agricultura chinampera. Compilación historia. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 7. Dirección de Difusión Cultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

SAGARPA. 2009. Agricultura protegida. Programa de ejecución directa. Gobierno Federal. SAGARPA. Subsecretaría de Agricultura. <http://www.amhpac.org/> (Fecha de consulta: 01/04/2010).

SAGARPA. 2010 Proyecto Integral de Agricultura protegida 2011. [www.sagarpa.gob.mx/.../Presentación%20Cadena%20de%20Invernaderos.pptx](http://www.sagarpa.gob.mx/.../Presentación%20Cadena%20de%20Invernaderos.pptx) (fecha de consulta 11/11/2016).

SAGARPA. 2010c. Proyecto Integral de Agricultura protegida 2111. Una nueva forma de hacer negocios en el campo mexicano. <https://www.google.com.mx/webhp?Sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=Ventajas+comparativas+de+M%C3%A9jico+Para+el+mercado+estadounidense+aGRICULTURA+PROTEGIDA>. Fecha de consulta: 08/02/2017.

SAGARPA. 1012. Agricultura protegida. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/-Protegida2012.aspx> (Fecha de Ingreso: 14/11/2012).

SAGARPA. 2015. Programa de fomento a la agricultura 2015. Componente de producción intensiva y cubiertas agrícolas (PROCURA). <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/DGFA2015/Convocatoria%20PROCURA%202015.pdf> (fecha de consulta: 28/01/2015).

SIAP/SAGARPA. 2015. Atlas Agroalimentario. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesca. México.

SIAP/SAGARPA. 2016. Atlas Agroalimentario 2016. [http://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016](http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016).

Salazar, M. A. 2016. El arte de cultivar sobre agua. *In* México potencia alimentaria. Edición especial de National Geographic. Diciembre de 2016. Editorial Televisa. México.

UACH. 2008. Proyecto educativo de la licenciatura Agronomía en Horticultura Protegida. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. Urrestarazu G. M. 2009. Retos y perspectivas de la industria de los invernaderos en México en el entorno

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Producción de Lechugas en Hidroponía con Sistema de Solución Estática y Aireación Capilar desde un Enfoque de Horticultura Urbana

Marco A. Toral-Juárez<sup>1</sup>; Nain Peralta-Antonio<sup>2</sup>; Maurilio Mendoza-Mexicano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fisiología Vegetal, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP, Veracruz, México.

#### Abstract

The use of non-woven (NW) in the hydroponics of static solution presents an excellent alternative to reduce energy costs of aeration, offering a simplicity in assembly and maintenance, used in the production of food by the urban families. The objective of this experiment was to evaluate the effect of five levels of fertilization and five volumes of soil in the production of lettuce in hydroponics in the static solution system and capillary aeration using NW. The levels of fertilization presented greater weight on the evaluated production characteristics and the TNT was efficient in providing the aeration necessary to the development of lettuces. We conclude that the poor urban families can use the hydroponics system with static solution system and capillary aeration as an alternative food production.

**Key words:** Capillary aeration, fertilization, soil.

#### 1. Introducción

La población mundial está creciendo de forma acelerada y está saliendo a buscar mejores condiciones de vida en la ciudad. En 2030, la mitad de la población mundial será pobre y el 60% de esta población vivirá en las ciudades (Dubbeling *et al.*, 2009). En la actualidad, las familias pobres utilizan del 60% al 80% de sus ingresos en la alimentación, reduciendo así la capacidad de adquisición de alimentos saludables (Moreno, 2007; Villarreal, 2008). Ante esta situación, una alternativa para mejorar las condiciones de vida de la población pobre que vive en la ciudad consiste en la práctica de la horticultura, que versa en la producción de raíces, tubérculos, follaje y frutos en el interior o en la periferia de las ciudades, con fines de autoconsumo familiar y comercialización (Rimache, 2009; Torres, 2000). La producción de alimentos vegetales en la ciudad contribuye con diversos beneficios económicos, sociales y ambientales (Aldous, 2013), como la mejora de los hábitos alimenticios (Alaimo *et al.*, 2008), aumento de la actividad física (Van den Berg *et al.*, 2010), disminución del estrés y mejorar la percepción de la salud (Largo-Wight, 2011;

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Maas *et al.*, 2006), creación de redes sociales a nivel comunidad y familiar (Infantino, 2005; Milligan *et al.*, 2004), una mejora en la percepción de la naturaleza (Mosquera, 2009) y contribuye en el aumento del ingreso familiar (FAO, 2012).

Los sistemas hidropónicos tienen la finalidad de producir vegetales en agua o en sustratos, con pequeña actividad química y se clasifican en cuanto al tipo de sustrato y suministro de la solución. Actualmente, la producción de vegetales en sistemas hidropónicos es muy utilizada en países con problemas de invierno riguroso, limitaciones de área y escasez hídrica. El cultivo hidropónico comercial es muy común en la producción de hortalizas como lechuga, tomate, pimiento y pepino. La producción de vegetales en hidroponía presenta ciertas ventajas como un mayor rendimiento por área, mejora en la calidad nutricional de los productos, disminución de daños por plagas y enfermedades, reducción del ciclo del cultivo, condiciones ambientales controladas y eficiencia en el uso del agua. Los sistemas típicos de hidroponía se caracterizan por la demanda de equipos eléctricos utilizados en la aireación o circulación de la solución nutritiva; además presentan un alto mantenimiento de la solución nutritiva, mayores costos de inversión y alto conocimiento técnico (Martínez y Clemente, 2011). Sin embargo, el uso de los sistemas hidropónicos por las familias urbanas pobres resultaría costosa y complicada, impidiendo la adopción de esta tecnología. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar otras tecnologías que se adapten mejor a los materiales disponibles, al espacio de la vivienda y a las condiciones socioeconómicas.

El uso de hidroponía TNT presenta una excelente alternativa para minimizar los costos de energía, así también como una simplicidad en el montaje, mantenimiento y control sanitario (Silva *et al.*, 2006). Entonces, esta técnica presenta potencial para ser utilizada en la producción de alimento por las familias urbanas pobres. Pero aún son pocos los estudios realizados con TNT y se necesita mayor información sobre otras alternativas de fuentes minerales que sustituían a la nutrición mineral suministrada por solución nutritiva. Con el propósito de buscar nuevas alternativas de fuentes minerales utilizando como modelo el sistema de aireación capilar mediante el TNT, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización y diferentes volúmenes de suelo en la producción de lechugas en hidroponía con sistema de solución estática y aireación capilar. La hipótesis utilizada en esta investigación consistió en que al menos uno de los tratamientos de solución estática con aireación capilar, con diferentes niveles de fertilización y con diferentes volúmenes de suelo tendrá una producción de lechuga similar al tratamiento control de hidroponía con solución nutritiva y con aireación. Los tratamientos fueron definidos por una matriz baconiana, formando nueve tratamientos del resultado de un arreglo combinado para factorial incompleto de 5x5, más tres tratamientos control. De acuerdo con el objetivo de este trabajo, sólo se utilizó una fracción de todas las posibles combinaciones. Los niveles de base o referencia probados fueron: 200 gramos de suelo y fertilización con concentración completa. El delineamiento experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones, con un total de 48 unidades experimentales.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 2. Metodología

**Localización.** El experimento fue desarrollado del 28 de septiembre al 28 de octubre de 2016, en casa de vegetación del Departamento de Fitotecnia, de la Universidad Federal de Viçosa, municipio de Viçosa, estado de Minas Gerais, Brasil. Situado entre las coordenadas geográficas de 20°45'14 " latitud sur y 42°52'53 " de longitud oeste, a una altitud de 648.74 msnm.

**Diseño experimental.** Los factores en estudio fueron volumen de suelo y concentración de la fertilización, cada uno con cinco niveles. Los tratamientos fueron definidos por una matriz baconiana, formando nueve tratamientos del resultado de un arreglo combinado para una factorial incompleta de 5x5, más tres tratamientos control (Tabla 1). De acuerdo con el objetivo de este trabajo, sólo se utilizó una fracción de todas las posibles combinaciones. Los niveles de base o referencia probados fueron: 200 gramos de suelo y fertilización con concentración completa. El delineamiento experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones, con un total de 48 unidades experimentales.

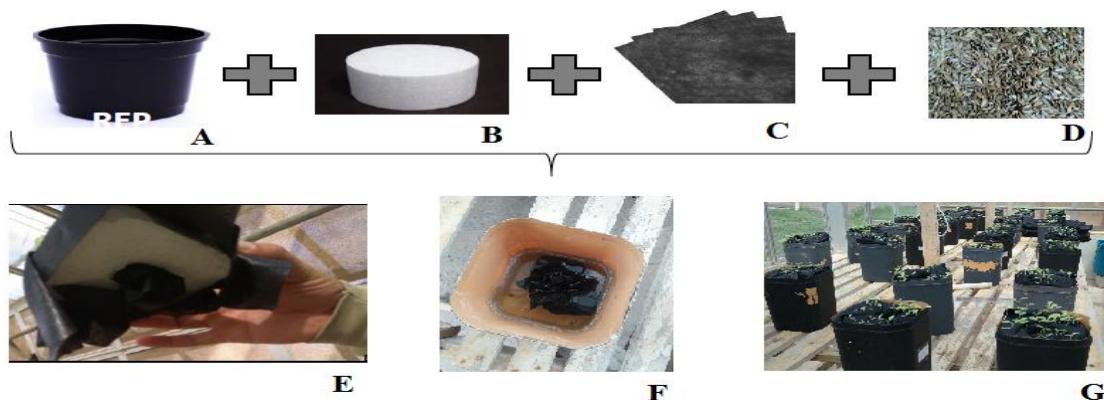
**Tabla 1. Distribución del volumen de suelo y niveles de concentración de la fertilización en el experimento de lechuga en hidroponía con sistema de solución estática y aireación capilar utilizando el TNT**

Tratamientos	Solución	Volumen de suelo (g)	Concentración de la fertilización
1	Agua	200	0.5
2	Agua	200	1
3	Agua	200	2
4	Agua	200	3
5	Agua	200	4
6	Agua	100	1
7	Agua	350	1
8	Agua	500	1
9	Agua	650	1
10	Agua + solución nutritiva y aireación	-	1
11	Agua + solución nutritiva	-	1
12	Agua	200	-

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Implantación del experimento.** La unidad experimental fue compuesta por un vaso de plástico con capacidad para 1.7 L. Estos vasos fueron lavados e identificados con los respectivos tratamientos y agregado cerca de 1.4 L de agua desionizada. En cada vaso de plástico se colocó como soporte láminas de unicel con 1.5 cm de espesor, recubiertas con TNT negro (40 x 40 cm). El TNT fue previamente lavado con detergente y embebido en solución nutritiva para romper la tensión superficial y después se dejó remojar en agua por 24 h, a fin de garantizar la capilaridad. Sobre el TNT próximo a los agujeros, se colocaron 50 semillas de lechuga de la variedad Simpson semilla negra. Después de la germinación, se eliminaron y se dejó en crecimiento 20 plántulas de lechuga por vaso. Los diferentes volúmenes de suelo fueron envueltos con TNT "paquetes" seguido de un amarre en los bordes utilizando ligas de plástico. Los paquetes de suelo fueron colocados en el fondo de los vasos de plástico (Figura 1).

**Figura 1.** Esquema del montaje experimental. Uso de vaso plástico de capacidad para 1.7 L (A); Lámina de unicel (B); TNT con un tamaño de 40x40 cm (C); semillas de lechuga (D); lámina de unicel cubierta con TNT (E); paquete de suelo dentro del vaso de plástico (F); visión general del establecimiento del experimento con las semillas germinadas (G).



**Fertilización de los tratamientos.** Se utilizó suelo de horizonte C de tipo Latosol Rojo Distrófico y las características del suelo se muestran en la Tabla 2. El suelo fue fertilizado de acuerdo a la recomendación propuesta por Novais *et al.* (1991) para el cultivo de lechuga (Tabla 3). El calcio y el magnesio se suministraron a través de cal dolomítica (15 g / 2L de suelo) suplementado con fertilización nitrogenada ( $\text{Ca}_2 \text{NO}_3 \text{NO}_3 \text{Mg}_2$ ). Para los tratamientos con solución nutritiva se utilizó la solución de Prince y Koontz (1984), descrito en la Tabla 4. En los tratamientos con suelo fertilizado los micronutrientes fueron suministrados a través de la aplicación de la solución stock. En la Tabla 5, se muestran los requerimientos de las concentraciones de sales de macronutrientes y micronutrientes suministrados en los diferentes volúmenes de suelo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Tabla 2. Características de pH, materia orgánica (MO) y nutrientes ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) del suelo utilizado en el experimento de hidroponia con lechuga**

pH	MO (%)	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$								
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
4.64	0.90	9	17.19	80	673	103	2.06	Trazas	Trazas	1.72

**Tabla 3. Recomendación de la fertilización de suelo de tipo Latosol Rojo Distrófico para el cultivo de lechuga**

Nutriente	Concentración (mg/kg de solo)	Fuente
N	100	$\text{KNO}_3$ , $\text{Ca}_2\text{NO}_3$ , $\text{Mg}_2\text{NO}_3$
P	300	Superfosfato Simples (18% $\text{P}_2\text{O}_5$ )
K	150	$\text{KNO}_3$
S	40	Superfosfato Simples (10% S)
B	0,81	$\text{H}_3\text{BO}_3$
Cu	1,33	$\text{CuSO}_4$
Fe	1,55	Fe-EDTA
Mn	3,66	$\text{MnSO}_4$
Mo	0,15	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$
Zn	4,0	$\text{ZnSO}_4$

**Tabla 4. Composición de la solución nutritiva de Prince y Koontz (1984) utilizada en los tratamientos de solución nutritiva**

Macronutrientes	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	Micronutrientes	$\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
$\text{N-NO}_3^-$	14,7	B	46,0
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	1,60	Cu	0,8
$\text{K}^+$	5,40	Fe	54,0
$\text{Ca}^{2+}$	5,00	Mn	9,0

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Mg <sup>2+</sup>	1,20	Mo	1,0
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,20	Zn	2,3

**Tabla 5. Concentraciones de sales utilizadas para suministrar los requerimientos de macronutrientes y micronutrientes basados en los niveles de concentración de la fertilización de los tratamientos**

Sal	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
mg									
KNO <sub>3</sub>	186.5	372.9	745.8	1118.7	1491.7	186.46	652.6	932.30	1211.9
Mg <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	43.2	86.4	172.8	259.2	345.6	43.2	151.2	216.0	280.8
Ca <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	84.3	168.8	337.5	506.3	675.1	84.4	295.3	421.9	548.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.8	3.7	7.3	10.1	14.6	1.8	6.4	9.1	11.8
Superfosfato simple	0.2	0.3	0.7	1.1	1.5	0.2	0.6	0.9	1.2
FeCl <sub>3</sub>	3.6	7.2	14.4	21.6	28.8	3.6	12.6	18.0	23.4
CuSO <sub>4</sub>	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	2.5	8.8	12.5	16.3
MnSO <sub>4</sub>	5.4	10.8	21.6	32.4	43.2	5.4	18.9	27.0	35.1
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0.1	0.2	0.5	0.8	1.0	0.1	0.5	0.7	0.8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.2	4.4	8.9	13.3	17.8	2.2	7.8	11.1	14.5
ZnSO <sub>4</sub>	8.4	16.8	33.5	50.3	67.0	8.4	29.3	41.9	54.5
Na <sub>2</sub> EDTA	5.0	9.9	19.9	29.8	39.7	4.9	17.4	24.8	32.3

**Principales variables.** Se realizaron mediciones de conductividad eléctrica mS.cm<sup>-1</sup> (CE) y del potencial de hidrógeno (pH) al agua de las 48 unidades experimentales, sin ajustes de estos parámetros. No se realizó la reposición de nutrientes y la reposición de agua fue realizada y estimada en milímetros (ml) cuando los vasos presentaron reducción de aproximadamente 30% del volumen inicial. Al final del experimento se midieron las siguientes variables: materia seca de parte aérea (MSPA), materia seca de raíz (MSR), materia seca total (MST), área foliar total (AFT) y área foliar por planta (AFP). El follaje de la parte aérea y la raíz de cada repetición fueron colocadas en una estufa de secado con circulación forzada de aire a 60°C, hasta la obtención de un peso constante de materia seca. El área foliar fue realizada a través de un medidor de área (LI-COR, modelo 3100).

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por el test de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) fue realizada utilizando el paquete estadístico SAS (SAS institute

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Inc., 2004). Se realizaron regresiones lineares simples de todas las variables y fueron graficadas aquellas que presentaron una alta correlación. Los gráficos fueron elaborados en el programa Excel.

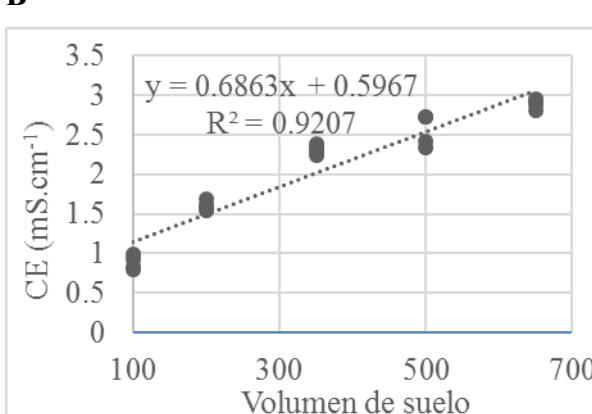
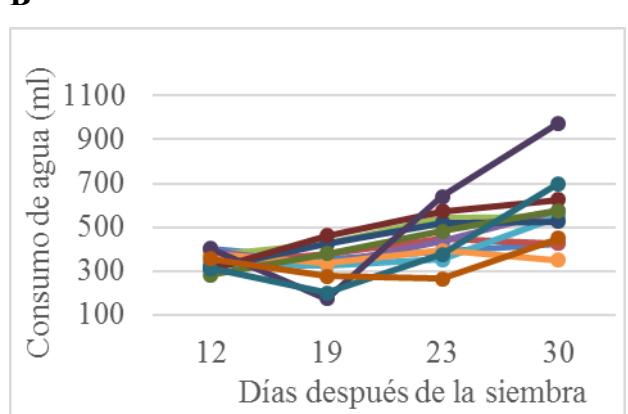
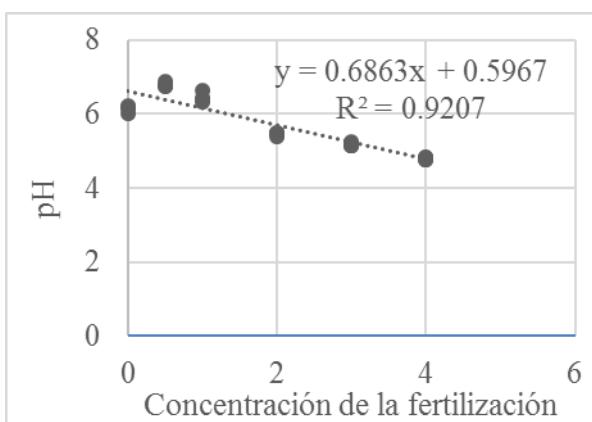
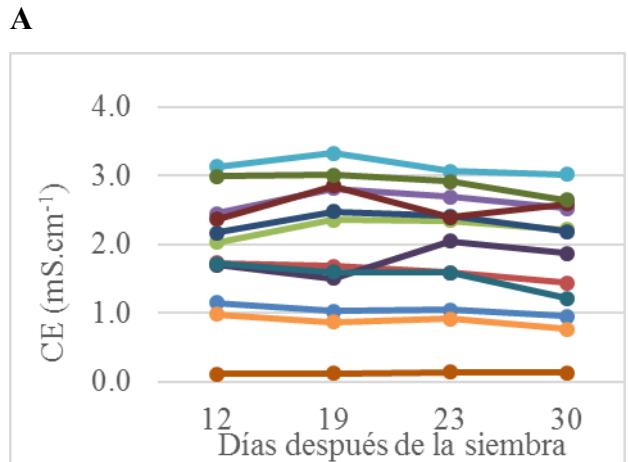
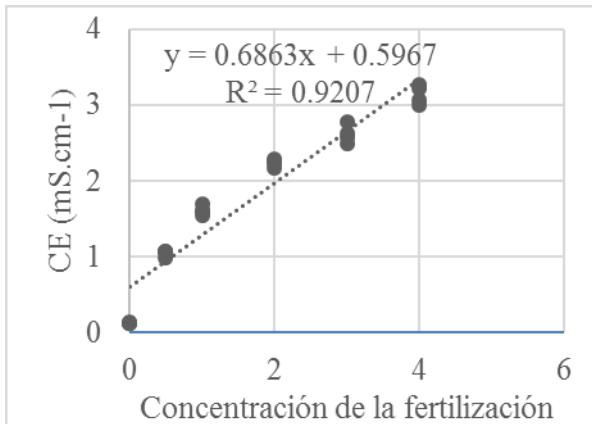
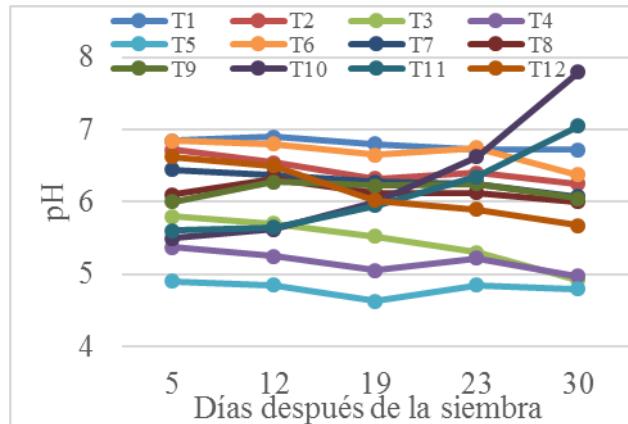
### 3. Resultados

Durante el crecimiento de las plantas de lechuga se realizaron varias mediciones de pH del agua en todos los tratamientos y éstos mostraron una estabilización (Figura 2A). Se observa que los tratamientos 3, 4 y 5 presentaron un valor de pH por debajo de 6.0, y los demás tratamientos se situaron por encima de 6.0 de pH. El comportamiento del pH de los tratamientos (3, 4 y 5), con 200 g de suelo se debe a diferentes niveles de concentración de nutrientes, al comprobarse que existe una alta correlación negativa entre los niveles de concentración de fertilización y pH del agua ( $R^2 = 0.9207$ ; Figura 3B). Existe una asociación negativa entre volumen de suelo y el pH del agua ( $R^2 = 0.6415$ ), siendo que, a mayor volumen de suelo, menor es el pH del agua. Los tratamientos con solución nutritiva con aireación (10) y sin aireación (11) presentaron un aumento del pH a lo largo del monitoreo y esto se debe al rápido agotamiento de los nutrientes.

La variación de la CE afecta la absorción de agua y nutrientes en las plantas, interfiriendo en el metabolismo y en el crecimiento. Todos los tratamientos presentaron una disminución de la CE durante el desarrollo de la lechuga y se comprobó que la CE tuvo influencia en las características de producción de la lechuga (Barbieri *et al.*, 2010). El efecto de diferentes niveles de concentración de fertilización con un volumen de 200 g de suelo presentó un aumento en la CE de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (Figura 3A). Este mismo resultado también se observó en la Figura 3C de los tratamientos con diferentes volúmenes de suelo (2, 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Los resultados revelan que no hay una CE ideal para la solución nutritiva, pero un rango de CE adecuado debe variar de 0.75 a 1.5 mS.cm<sup>-1</sup>, para condiciones de alta temperatura (Costa *et al.*, 2001; Barbieri *et al.*, 2010). En este trabajo se observó que los tratamientos con sistema de solución estática y aireación capilar presentaron una CE superior a 2 mS.cm<sup>-1</sup> y la ganancia de biomasa fue similar a los tratamientos testigos.

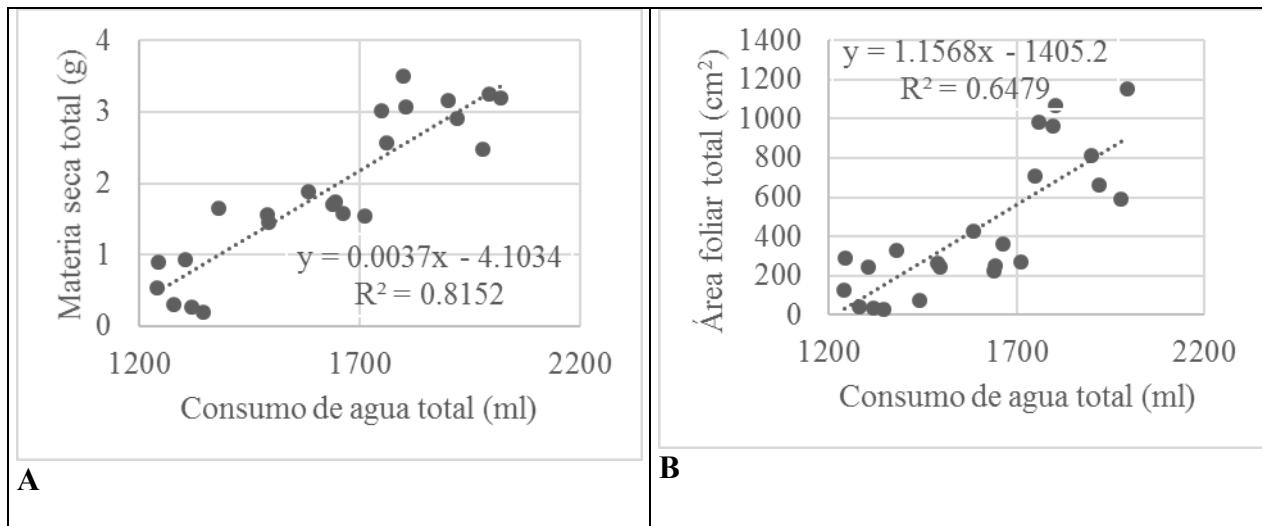
De manera general el consumo de agua por las plantas de lechuga fue incrementado a lo largo del ciclo de cultivo (Figura 2C). Este resultado era esperado porque el aumento de biomasa está directamente relacionado con el consumo de agua necesario en el intercambio de gases (Gooudrian y Keulen 1978; Detomini *et al.*, 2009). Los tratamientos sin suelo (10 y 11) presentaron una curva de consumo de agua más acentuada en el tercio final del cultivo. El consumo total de agua por las plantas mostró una alta correlación con las variables MST y AFT de los tratamientos con diferentes concentraciones de fertilización (Figura 4A). Los tratamientos con menor concentración de fertilización (1 y 2) así como el de menor volumen de suelo (6) tuvieron un menor consumo de agua, una menor área foliar total y una menor acumulación de materia seca total (Figura 4B).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Figura 4. Materia seca total (A) y área foliar total (B) en función al consumo de agua**



A los 30 días después de la siembra, se cosecharon las lechugas de cada uno de los vasos para estimar las variables MSPA, MSR, AFT y AFP; dichas medias presentaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos. Cabe destacar, que hubo efecto significativo de estas variables en los tratamientos sin aireación y sin solución nutritiva con respecto al tratamiento control con aireación y suministro de solución nutritiva (Tabla 6).

**Tabla 6. Cuadrados medios y coeficientes de variación de las variables de crecimiento evaluadas en lechuga**

F.V.	gl	Cuadrado medio			
		MSPA	MSR	AFT	AFP
Bloque	3	0.926*	0.017*	257781.0*	752.554*
Tratamiento	11	1.986**	0.029**	493499.0**	2006.627**
Error	33	0.313	0.005	81608.0	255.140
Total	47				
Media		1.79	0.20	630.61	34.72
CV (%)		21.23	25.59	35.30	35.99

\*= significativo a 5 % de probabilidad y \*\*= significativo al 1% de probabilidad por el test "F". MSPA= Materia seca de parte aérea; MSR= materia seca de raíz; AFT= área foliar total; AFP= área foliar por planta

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

El tratamiento con agua y suelo sin fertilización (12), presentó las menores medias de área foliar total y área foliar por planta. Los demás tratamientos presentaron un mejor desempeño, destacando las medias de los tratamientos con diferentes volúmenes de suelo (2, 3, 4 y 5) y tratamientos con diferentes concentraciones de fertilización (6, 7, 8 y 9). Los tratamientos de solución nutritiva con aireación (10) y solución nutritiva sin aireación (11) fueron estadísticamente iguales, evidenciando que el uso del tejido TNT proporcionó un ambiente adecuado para el desarrollo radicular, sin necesidad de airear la solución nutritiva (Tabla 7).

El tratamiento 12 presentó una media inferior de materia seca de parte aérea en comparación con los demás tratamientos. Por lo tanto, es posible deducir que el tratamiento no puede suplir la demanda de nutrientes para las plantas. Los tratamientos con diferentes volúmenes de suelo (1, 2, 3, 4 y 5) y los tratamientos con diferentes concentraciones de fertilización (2, 6, 7, 8, 8, 9) exhiben una tendencia de crecimiento, pero sin diferencia estadística (Tabla 7).

Los tratamientos 3, 7 y 8 presentaron los mayores promedios de materia seca de la raíz, aunque estadísticamente son iguales a los demás tratamientos. Los tratamientos 10 y 11 fueron iguales en materia seca de raíz, por tanto, el uso del TNT logró ofrecer un ambiente satisfactorio para el sistema radicular crecer (Tabla 7).

**Tabla 7. Promedio y desviación estándar de las variables de crecimiento evaluadas en lechuga**

TRAT	MSPA	MSR	AFT	AFP
1	1.41± 0.097 ab	0.20± 0.049 abc	245.46± 15.96 bc	10.80± 1.702 dc
2	1.40± 0.213 ab	0.25± 0.072 ab	346.56± 66.41 abc	16.40± 4.061 d
3	2.58± 0.322 a	0.30± 0.050 a	692.67± 91.95 abc	31.51± 5.574 bdc
4	2.46± 1.072 a	0.20± 0.049 abc	966.84± 108.36 ab	55.09± 14.45 ab
5	1.67± 1.158 a	0.14± 0.015 abc	636.43± 76.57 abc	46.554± 16.48 bca
6	1.23± 0.145 ab	0.19± 0.029 abc	233.07± 52.89 bc	11.14± 2.725 dc
7	2.10± 0.616 a	0.32± 0.039 a	1046.44± 129.10 ab	27.28± 3.878 bdc
8	2.48± 0.296 a	0.31± 0.072 a	799.12± 41.84 abc	34.62± 3.330 bdc
9	2.00± 0.593 a	0.23± 0.010 ab	977.73± 105.98 ab	54.35± 18.55 ab
10	1.39± 0.450 ab	0.10± 0.045 bc	781.62± 148.44 abc	51.22± 16.62 ab
11	2.53± 0.825 a	0.16± 0.087 abc	1211.07± 197.36 a	75.89± 10.39 a
12	0.23± 0.058 b	0.03± 0.004 c	43.65± 18.88 c	1.84± 0.954 d

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Cada valor representa el promedio de las cuatro repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### 4. Conclusiones

Los tratamientos de solución estática con aireación capilar, con 200 g de volumen de suelo y con más de tres veces la concentración de los nutrientes (3, 4 y 5) presentaron una producción de lechuga similar al tratamiento de control de hidroponía con solución nutritiva y con aireación. Por tanto, el TNT fue eficiente en proporcionar la aireación necesaria para el desarrollo de las lechugas.

Las diferentes concentraciones de fertilización y diferentes volúmenes de suelo influyen en la producción de lechugas en hidroponía. Sin embargo, el factor concentración de fertilización presenta mayor peso sobre las características de producción evaluadas. Además, la utilización de suelo fue eficiente en el taponamiento del pH de la solución de agua.

El sistema de hidroponía con solución estática y aireación capilar puede ser utilizado como alternativa de producción de lechugas por las familias urbanas pobres.

### 5. Referencias

- Alaimo, K., Packnett E., Miles R., Kruger D. (2008). Fruit and vegetable intake among urban community gardeners. *Journal of Nutrition, Education and Behaviour*, 40(2), 94-101.
- Barbieri, E. y Melo, F. (2010). Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. *Horticultura Brasileira*, 28(2), 303-308.
- Aldous, E. (2013). Challenges associated with green cities of the future. *Acta Hort. (ISHS)*, (999), 27-36.
- Costa, P., Didone, E., Sesso, T., Cañizares, K., Goto, R. (2001). Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. *Sci. Agric.*, 58(3), 595-597.
- Detomini, E., Massignan, L., Libardi, P., Neto, D. (2009). Consumo hídrico e coeficiente de cultura para o híbrido DKB 390. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(3), 445-452.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Dubbeling, M., Campbell, M., Hoekstra, F., Veenhuizen, V. (2009). Construyendo ciudades resilientes. Revista Agricultura Urbana, (22), 3-11.

FAO (2012). La agricultura urbana y su contribución a la seguridad alimentaria. Sistematización del proyecto piloto AUP en Honduras. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 32 pp. En: <http://www.fao.org> [Accesado el 29 de octubre de 2013]

Gooudrian, J. y Keulen, H. (1978). The direct and indirect effects of nitrogen shortage on photosynthesis and transpiration in maize and sunflower. Netherlands Journal of Agricultural Science, 27(1), 227-234.

Infantino, M. (2005). Gardening: a strategy for health promotion in older women. The Journal of the New York State Nurses' Association, 35(2), 10-17.

Largo-Wight, E. (2011). Cultivating healthy places and communities: Evidence based nature contact recommendations. International Journal of Environmental Health Research, 21(1), 41-61.

Maas, J., Verheij, R., Groenewegen, P., Vries, S., Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: How strong is the relation? Journal of Epidemiology and Community Health, 60(7), 587-592.

Martinez, H. y Clemente, M. (2011) O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Brasil: Universidade Federal de Viçosa.

Milligan, C., Gatrell, A., Bingley, A. (2004). Cultivating health: therapeutic landscapes and older people in northern England. Social Science & Medicine, 58(9), 1781-1793.

Mosquera, J. (2009). Efectos socioeconómicos y ambientales de la agricultura urbana caso: unidades de planeamiento zonal (UPZS) de rincón y tibabuyes integradas, localidad de Suba. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Moreno, O. (2007). Agricultura Urbana: nuevas estrategias de integración social y recuperación ambiental en la ciudad. Revista Diseño Urbano y Paisaje 4(11), 1-14.

Novais, F. et al. (1991). Ensaio em ambiente controlado in: Oliveira, A., Garrido, E., Araújo, J., Lourenço, S. (cords). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasilia, Brasil: EMBRAPA.

Prince, P. y Koontz, V. (1984). Lettuce production from a system approach. In: International Congress on Soils Culture, 6. Proceedings... Luteren: ISOCSC, 533-545.

Rimache, M. (2009). Biohuertos: agricultura ecológica. España: Starbook.

Silva, D., Silva, M., Silva, R., Mapeli, A., Khouri, A., Lisboa, S., et al. (2006). Produção de mini-alface em cultivo hidropônico. Unimontes Cientifica, 8(1), 75-86.

Statistical Analysis System (SAS) Institute. (2004). SAS user's guide. Statistics. Version 9.1.

Torres, P. (2000). Procesos metropolitanos y agricultura urbana. México: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Van Den Berg, A., Winsum-Westra, M., Vries, S., van Dillen, S. (2010). Allotment gardening and health: a comparative survey among allotment gardeners and their neighbors without an allotment. Environmental Health, 9(74), 1-12.

Villarreal, J. (2008) Breves de la crisis alimentaria en México: causas, efectos, retos. HEINRICH BOLL STIFTUNG. <http://www.boelllatinoamerica.org/web/120.html>. (Consultado el 11 de noviembre 2011).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Efecto de la Nutrición en la Aclimatación de la Biznaga Blanca Chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt & Rose) en Invernadero

Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez<sup>1\*</sup>; Adela Quintana Monroy<sup>2</sup>; Leobardo Bañuelos Herrera<sup>3</sup> y Miguel Agustín Carranza Pérez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Carretera Saltillo - Zacatecas km. 342+119 # 9515 Col. Hacienda de Buenavista C.P. 25315 Saltillo Coahuila.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Depto. de Botánica. Calzada Antonio Narro No. 1923 Buenavista C.P. 25315 Saltillo Coahuila.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Depto. Horticultura. Calzada Antonio Narro No. 1923 Buenavista C.P. 25315 Saltillo Coahuila.

Correo e: [villavicencio.edith@inifap.gob.mx](mailto:villavicencio.edith@inifap.gob.mx)

#### Abstract

Is determined the fertilization during the acclimatization of one ornamental cactus in greenhouse. One completely randomized experimental design in factorial arrangement was evaluated four nutrient concentrations of NPK (100, 200, 400 y 800 ppm) and three nutritional balance (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100). These 12 treatments were compared with two commercial fertilizers used by the producers, more one treatment without fertilization, all applied for five months. The height of the plant (A), the polar diameter (DP) and equatorial diameter (DE) were analyzed with the ANOVA Statistical Analysis System SAS (Version 9.1) and the test of Tukey ( $P \leq 0.05$ ). For the acclimatization is required of a fertilization of 400 and 800 ppm of NPK both applied with the nutritional balance of 50-50-100 obtaining plants of size commercial, height of 7.94 cm, DE of 3.00 cm and DP of 3.60 cm doubling to control treatment.

**Key Words:** aclimatación, cactáceas, nutrición.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 1. Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial del Comercio (OMC), México ocupa en el mercado internacional el 46<sup>avo</sup> lugar como exportador de plantas de ornato, alcanzando sólo el 1% del total de las exportaciones mundiales, con un ingreso anual de un millón de dólares, esto muestra que la producción principalmente se destina al mercado nacional a pesar de que nuestro país registra mayor superficie cultivada 17,872 ha que Brasil y Colombia, quienes son los principales exportadores de plantas de ornato de Sudamérica (Martínez, 2015 y SIAP-SAGARPA, 2013).

En general, las plantas de ornato están presentes en la vida diaria de nuestra sociedad y forman parte de las tradiciones y cultura de los pueblos y regiones según el clima donde crecen. A este consumo también se suman las variedades de otros países, lo que en conjunto conforma la oferta y demanda de productos ornamentales, representada por plantas de maceta, árboles, arbustos, follajes, flores de corte, colgantes, céspedes, esquejes y estacas, lo que constituye el perfil del sector ornamental nacional.

En las dos últimas décadas la horticultura ornamental ha presentado muchos cambios: se ha incrementado el número de productores, se han promovido nuevas especies ornamentales, se han integrado nuevas regiones al cultivo y ha aumentado la superficie de producción bajo invernadero o malla sombra (SIAP-SAGARPA, 2013 y Gámez *et al.*, 2016).

Actualmente se producen y comercializan más y mejores especies, que compiten con especies tradicionales, ampliando la diversidad de productos que llegan al mercado, en donde la popularidad de las cactáceas como plantas de ornato en jardines, parques y espacios visuales, está creciendo, por lo que es una oportunidad para que los productores de cactáceas puedan incrementar sus productos y mercado.

Las cactáceas ornamentales mexicanas aportan valores estéticos en el país y en todo el continente. En México existen especies nativas en el Desierto Chihuahuense (Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Querétaro), Desierto Sonorense (Sonora) y de los estados de Baja California Sur, Tamaulipas, Oaxaca e Hidalgo que por su rareza y belleza se utilizan en la jardinería como planta de maceta de interior y exterior (Guzmán *et al.*, 2003; Villavicencio *et al.*, 2010). En el mercado de las ornamentales, la producción nacional de cactáceas es de 1 millón de plantas anuales; sin embargo, la producción de especies en estatus de riesgo, como el caso de la “biznaga blanca chilona” no supera el 5% de dicho volumen, por lo que existe interés en incrementar la producción de este tipo de especies que tienen importancia ecológica y comercial entre los productores y viveristas de cactáceas (Gámez, 2015 y Villavicencio, 2015).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Las plantas de esta especie son tipo mininicactus de tallo globoso o subgloboso, monopodico o cespitoso, estos ejemplares son de gran atracción del consumidor. Alcanzan una altura de hasta 8 cm con diámetro de 2.5 a 6 cm. Su tallo está cubierto de espinas cortas y suaves y presenta areolas pequeñas. Las flores brotan de las areolas floríferas de los tubérculos jóvenes cercanos al ápice del tallo, presentando tépalos internos de color rosa pálido y frutos de forma claviforme, delgados de color rojo que le da vistosidad a la planta. Sus semillas son escasas 1 a 3 por fruto (Bauer y Hernández, 2004; Tropicos, 2016 y Villavicencio *et al.*, 2012).

En nuestro país el crecimiento reciente del sector ornamental se debe principalmente al mejoramiento genético realizado para la creación de nuevas variedades y colores. También al desarrollo de tecnología generada para la producción de material vegetativo nuevo, ya sea semillas, plántulas de semilla o cultivo de tejidos, esquejes, bulbos y estacas. También se debe al uso de variedades ornamentales registradas y material vegetativo certificado (Granada, 2014 y Martínez, 2015).

Considerando que en la producción de plantas ornamentales de cactáceas existe poca variabilidad de especies comerciales en el mercado y que este tipo de plantas de ornato reciben altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados los cuales han probado afectar negativamente su crecimiento (Rodríguez, 2010 y Neitzke *et al.*, 2013); se hizo necesario determinar el régimen de fertilización para este cultivar, por lo que en el presente trabajo se evaluó la aplicación de soluciones nutrimentales para promover el crecimiento y calidad de plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt & Rose durante la aclimatación en invernadero.

## 2. Metodología

### Material genético

Se utilizaron vitroplantas generadas por cultivo de tejidos vegetales desarrolladas en el Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Estas fueron establecidas en macetas de plástico de 2.5 pulgadas usando una mezcla de sustrato compuesto por arena, peat moss y perlita expandida con una relación 3:2:1 esterilizado en autoclave a una temperatura de 120 °C y 1.5 libras de presión. Esta mezcla de sustrato presentó un pH de 6.5 y conductividad eléctrica (C.E) de 4.2 ms/cm<sup>-1</sup>.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Durante el período de P-V 2016 se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial la evaluación del factor A referente a cuatro concentraciones nutritivas de NPK (100, 200, 400 y 800 ppm) y como factor B el balance de elementos de NPK (100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100) considerando como fuente de nitrógeno Urea (46-00-00), fosfato monoamónico (12-61-00) y KNO<sub>3</sub> (12-00-46). Se establecieron 12 tratamientos de fertilización que fueron aplicados en el riego. Estos tratamientos fueron comparados con dos fertilizantes comerciales (triple 20 y triple 17) usados por los productores, considerados como testigos comerciales. Todos tratamientos se aplicaron mensualmente durante cinco meses. En total se evaluaron 14 tratamientos más un tratamiento sin fertilizar. Se establecieron 10 repeticiones por tratamiento y las variables de respuesta fueron altura de la planta (A) tomada con una regla graduada en centímetros, considerando desde la base de la planta hasta la parte apical del tallo sin considerar las espinas. El diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE) de la planta medido en milímetros con la ayuda del vernier digital transformando la medición a centímetros para su análisis.

Las variables evaluadas fueron analizadas estadísticamente mediante el Sistema de Análisis Estadístico SAS, (Versión 9.1). llevando a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de rango múltiple Tukey ( $P \leq 0.05$ ), con una probabilidad del 95%.

**Condiciones de incubación.** El material vegetativo se estableció en un invernadero considerando una temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### 3. Resultados

#### Efecto entre concentraciones

**Diámetro ecuatorial (DE) y Diámetro polar (DP).** – En ambas variables existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), desde los 60 días de evaluación siendo la concentración de 800 ppm de NPK, la que superó al resto de las concentraciones evaluadas, esta tendencia se mantuvo hasta los 153 días de establecimiento registrando un DE de 3.32 cm y DP de 3.20 cm. Con esta concentración el DE de las plantas registró una diferencia con respecto al testigo sin fertilizante (T0) de 1.5 cm, aumentando en 45% su diámetro.

En orden de importancia le siguió la concentración de 400 ppm de NPK, registrando un DE de 2.71 cm y DP de 2.94 cm. Al final de la evaluación las concentraciones de 100 ppm y 200 ppm, de NPK, junto con los testigos comerciales Triple 20 y Triple 17 fueron iguales estadísticamente registrando un DE y DP no mayor a 2.32 cm existiendo una diferencia del 32% con respecto a testigo sin fertilizante (T0) (Cuadro 1).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 1. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro polar (DP) y Altura (A) por efecto de las concentraciones de NPK en la aclimatación de la biznaga blanca chilena *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt & Rose en invernadero**

CONCENTRACIÓN (ppm)	DE0	DE5	INC*	DP0	DP5	INC*	A0	A5	INC*
	(centímetros (cm))								
Triple 20 (Testigo Comercial)	2.20	2.33	0.13 d	1.54	1.73	0.19 e	1.6	2.46	0.86 d
Triple 17 (Testigo Comercial)	2.43	3.11	0.68 c	1.89	2.72	0.83 c	2.57	4.27	1.70 b
800	2.29	3.32	1.03 a	2.27	3.35	1.08 a	2.67	3.47	0.80 d
400	1.78	2.71	0.93 b	1.97	2.94	0.97 b	1.81	5.03	3.22 a
200	1.51	2.13	0.62 c	1.88	2.26	0.38 d	1.47	3.16	1.69 b
100	1.59	2.32	0.73 c	1.86	2.26	0.40 d	1.4	3.25	1.85 b
T0	1.04	1.82	0.78 c	1.42	1.68	0.26 e	1.22	2.3	1.08 c

Fuente: DE0.- Diámetro ecuatorial inicial; DE5. Diámetro ecuatorial final; DP0 Diámetro polar inicial; DP5.- Diámetro polar final; A0.- Altura inicial; A5.- Altura final; INC.- Incremento

\* Valores con la misma letra dentro de columna INC son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Altura (A).** - Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos a partir de los 90 días de evaluación, siendo la concentración de 400 ppm de NPK la que superó en altura al resto de las concentraciones evaluadas registrando al final de la evaluación una A de 5.03 cm existiendo una diferencia de 2.7 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 54% su tamaño.

Las concentraciones de 100 ppm y 200 ppm de NPK fueron iguales estadísticamente y no tuvieron un efecto significativo con esta variable, registrando plantas con una altura promedio no mayor a 3.47 cm existiendo una diferencia 1.17 cm con respecto al testigo sin fertilizante (T0) aumentando un 33 % su tamaño (Cuadro 1).

La concentración de 800 ppm fue la de menor efecto en altura de las plantas con solamente 0.8 cm de incremento, mientras que Triple 17 registró una altura de 4.27 cm.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

La concentración de 400 ppm NKP aplicado en esta especie aumenta el crecimiento de las plantas como también lo encontró Martínez (2008) con agaves, refiriendo que resultados dependen del nivel de estos en el suelo.

### Efecto entre balance nutrimental

**Diámetro ecuatorial (DE) y Diámetro polar (DP).** – Entre los balances nutrimetales existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), desde los 60 días de evaluación, siendo el balance nutrimental del testigo comercial Triple 17, el que superó al resto de los balances evaluados, hasta los 153 días de establecimiento, registrando un DE de 3.12 cm y DP de 2.94 cm. Con este balance nutrimental el DE y DP de las plantas registró una diferencia con respecto a testigo sin fertilizante (T0) de 1.2 cm, aumentando en 42% su diámetro (Cuadro 2).

Los balances nutrimetales 100-50-50, 100-50-100 y 50-50-100 de NPK fueron estadísticamente iguales registrando un DE de 2.71 cm y DP de 2.69 cm, con estos tratamientos se registró una diferencia del 32 % con respecto a testigo sin fertilizante (T0) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Incremento del Diámetro Ecuatorial (DE), Diámetro Polar (DP) y Altura (A) por efecto de los balances nutrimetales en la aclimatación de la biznaga blanca chilona *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britt & Rose en invernadero**

BALANCE NUTRIMENTAL	DE0	DE5	INC*	DP0	DP5	INC*	A0	A5	INC*
Centímetros (cm)									
100-50-50	1.85	2.71	0.86 b	1.84	2.48	0.64 b	1.91	3.42	1.51 b
100-50-100	1.94	2.67	0.73 b	2.30	2.69	0.39 c	2.02	3.16	1.14 c
50-50-100	1.60	2.50	0.90 b	2.11	2.68	0.57 b	1.61	4.62	3.01 a
17-17-17	2.43	3.12	2.69 a	1.98	2.94	0.96 a	2.58	4.28	1.70 b
20-20-20	2.21	2.34	0.13 c	1.55	1.74	0.19 c	1.60	2.47	0.87 e
T0	1.04	1.82	0.74	1.42	1.69	0.27	1.23	2.30	1.07

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

b

d

d

Fuente: DE0.- Diámetro ecuatorial inicial; DE5. Diámetro ecuatorial final; DP0 Diámetro polar inicial; DP5.- Diámetro polar final; A0.- Altura inicial; A5.- Altura final; INC.- Incremento

\* Valores con la misma letra dentro de columna INC son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Altura (A).** - Con esta variable existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre balances nutrimentales a partir de los 60 días de evaluación, siendo el balance de 50-50-100 de NPK el que superó al resto de los balances evaluados, hasta el final de la evaluación, registrando un A de 4.62 cm aumentando en más del doble la altura de las plantas comparado con el testigo sin fertilizante (T0) obteniendo un incremento de 3.0 cm con respecto a su tamaño inicial (Cuadro 2).

El balance nutrimental del testigo comercial Triple 17 tuvo menor efecto, registrando al final de la evaluación una A de 4.28 cm existiendo una diferencia del 46% con respecto al testigo sin fertilizante (T0) de 1.9 cm.

Le siguieron en orden de importancia los balances nutrimentales de 100-50-50 y 100-50-100 de NPK quienes fueron estadísticamente iguales, registrando al final de la evaluación una A no mayor a 3.42 cm.

El testigo comercial Triple 20 se comportó como el testigo sin fertilizante (T0) registrando al final de la evaluación una A de 2.74 cm existiendo una diferencia con respecto al balance de 50-50-100 de NPK del 50% (Cuadro 2).

Los resultados del crecimiento vegetal de esta especie muestran que las plantas responden positivamente al balance nutrimental 50-50-100 de NPK donde se consideró la mitad de la proporción N y P con respecto a la proporción de K, mostrando que durante la aclimatación de estas plantas se necesita menor cantidad de nitrógeno y fósforo y más potasio. Este último

elemento al ser aplicado en el riego facilitó su absorción radicular, promoviendo la turgencia de las plantas evitando su deshidratación. Este elemento promueve la apertura y cierre de estomas evitando que las plantas se deshidraten, efecto que también se reportó con la biznaga *E. grusonii* (Islas, 2008). Un aporte adecuado de potasio aumenta el espesor de las paredes celulares, proporcionando mayor estabilidad a los tejidos, Urrestarazu (2004) refiere que el potasio tiene un efecto en la calidad de las frutas y verduras ya que resisten por más tiempo durante las postcosecha, en esta cactácea este elemento, junto con el nitrógeno y fósforo aplicados con este balance nutrimental, fueron positivos para promover

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

el crecimiento vegetal del tallo y síntesis de los componentes en las plantas, mostrando un color verde intenso en la planta, dando mayor calidad al producto.

### Efecto entre Tratamientos

Al realizar una prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.01$ ) considerando la interacción de la concentración y balance nutrimental, se encontró que al final de la evaluación el mejor tratamiento que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas de biznaga blanca chilota (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C. Weber ex Britton & Rose) fueron los tratamientos con la interacción de 400 y 800 ppm de NPK con el mismo balance nutrimental de 50-50-100. Las plantas que se hicieron crecer con 400 ppm de NPK y el balance nutrimental de 50-50-100 registraron mayor altura ( $A = 7.94$  cm) superando al resto de los tratamientos evaluados con un DE 3.00 cm y un DP de 3.60 cm; mientras que las plantas que se hicieron crecer con 800 ppm de NPK y el balance nutrimental de 50-50-100 registraron altura menor ( $A = 4.35$  cm) pero con un DE (3.52 cm) y DP (3.29 cm) semejante a las plantas del tratamiento anterior. Ambos tratamientos referidos fueron los que tuvieron mejor calidad comercial, triplicando su altura y duplicando en diámetro (DE y DP) al testigo sin fertilizante, siendo plantas que se pueden comercializar en maceta de 2.5 pulgadas aumentando su ciclo de producción en invernadero.

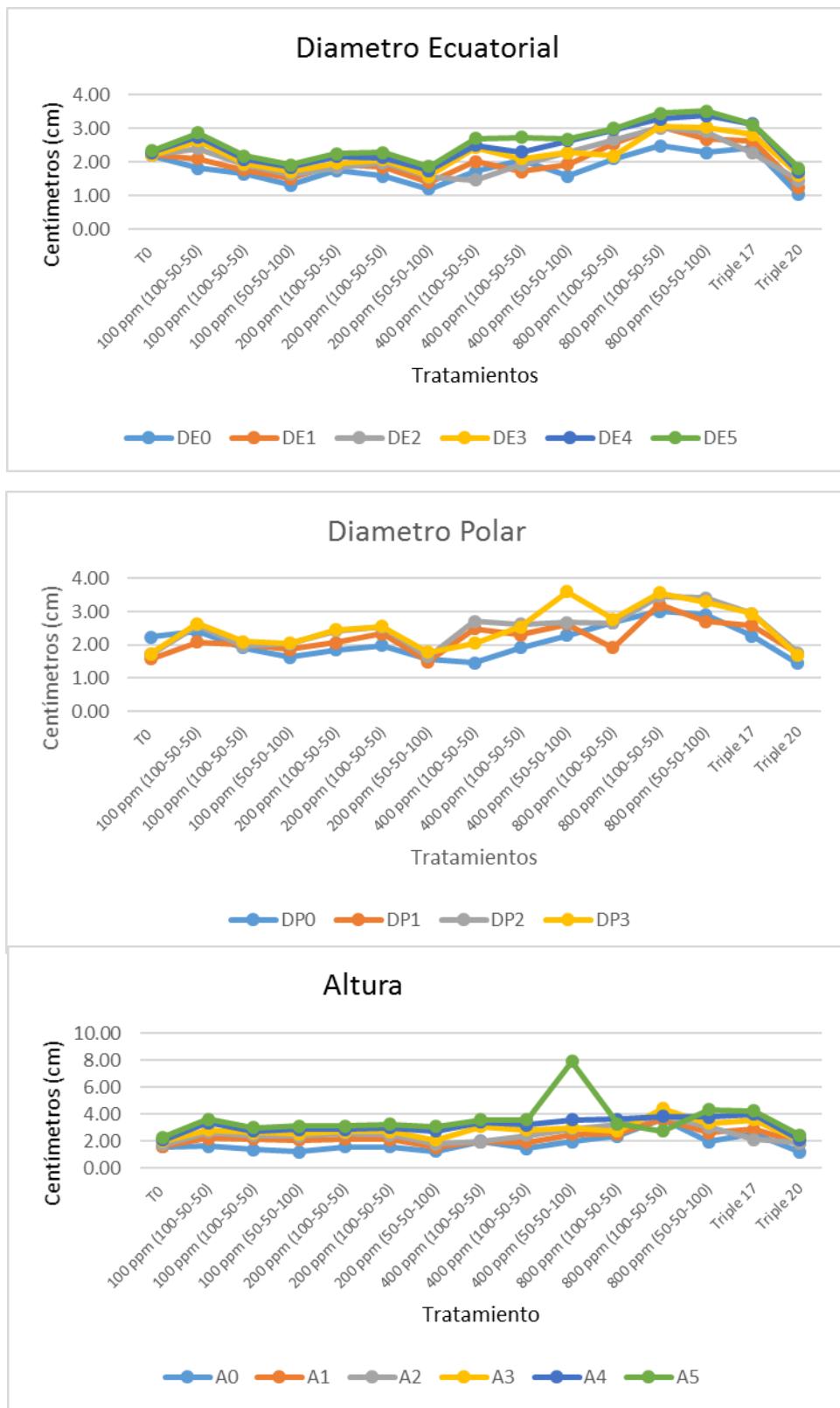
El crecimiento de las plantas con la concentración de 400 ppm y 800 ppm de NPK (50-50-100) superaron los testigos comerciales Triple 20 y Triple 17, los cuales registraron menor altura y diámetro (DE y DP) de las plantas, por lo que los productores tienen que considerar otras opciones de fertilización para mejorar su esquema de producción (Figura 1).

Estos resultados muestran que la nutrición es uno de los factores más importantes, donde no existe una solución estándar para todos los cultivares, por lo que es necesario determinar las necesidades de cada cultivar, para promover una productividad rentable y buena calidad de producto como lo refieren Rueda-Luna *et al.*, (2016) y Spurway y Thomas, (2001).

Para la nutrición de las plantas de esta especie durante la aclimatación se requieren de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio en diferente concentración y balance nutrimental comprobando que su interacción afecta positivamente su crecimiento.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Figura 1. Efecto de los tratamientos en las plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.A.C.) a) Diámetro ecuatorial (DE), b) Diámetro Polar (PD) y c) Altura (A) durante la aclimatación en invernadero



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

La fertilización en las cactáceas influye positivamente en el diámetro y altura de las plantas de esta especie y genera plantas de tamaño comercial en comparación con el testigo sin fertilizante al que únicamente se le aplicó agua.

Para la aclimatación de las plantas de la biznaga blanca chilona (*Epithelantha micromeris*) se requiere de una fertilización considerando una concentración de 400 y 800 ppm de NPK y un balance nutrimental de 50-50-100.

### 5. Agradecimientos

A la Convocatoria de Proyectos Fiscales de INIFAP por el apoyo al proyecto con registro SIGI: 1961334260 titulado: “Desarrollo tecnológico para la producción de planta comercial de cactáceas ornamentales en invernadero”.

### 6. Referencias

Bauer E., G. W. y R. Hernández V. 2004. Las Cactáceas de Coahuila. Editorial Instituto Coahuilense de Ecología. Saltillo, Coahuila. México. 104 p.

Flores P., S. 2009. Soluciones Nutritivas en la Producción de Injertos en Cactáceas. Tesis de Maestra en Ciencias. Colegio de Posgrados. Montecillo, Texcoco, Edo. México. 188 p

Gámez M., O. 2015. Diagnóstico de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en México 2002-2013. Diagnóstico de la Macro Red Ornamentales 2002-2013. SNICS-SINAREFI. 173 p (INEDITO).

Gámez M., O.; E. E. Villavicencio G.; M. A. Serrato C.; J. M. Mejía M.; G. Treviño C.; L. Martínez G.; M. Rodríguez O.; L. Granada C.; M. Flores C.; J. Reyes S.; M. Islas L.; E. Salome C.; R. A. Menchaca G.; C. M. Espadas M.; L. Hernández S.; L. M. Vázquez C. G.;

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

F. Martínez M.; O. Vargas P. y E. Ríos S. 2016. Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo 152 p.

Guzmán, U.; S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM. CONABIO. ISBN 970-9000-20-9. México, D. F. 315 p.

Granada C., L. 2014. La importancia del sector ornamental como un potencial de alto contenido de participación social. Primer Simposio Nacional Plantas ornamentales nativas mexicanas con potencial comercial. SNICS-SINAREFI. Tezoyuca, Morelos, México. 15 p.

Islas L., V. H. 2008. Crecimiento de plántulas de biznaga (*Echinocactus grusonii* Hildman) con diferentes sustratos y soluciones nutritivas. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. 60 p.

Martínez D., N. 2008. Efecto de la nutrición de *Agave durangensis* Gentry de 10 meses de edad y bajo condiciones de vivero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México 72 p.

Martínez M., F. 2015. Importación de Material Vegetativo para Cultivos Ornamentales en México. Consejo Mexicano de la Flor. SNICS-SINAREFI. Texcoco, Estado de México. (Inédito).

Neitzke R., S.; T. Jaksch; F. Kohlrausch & Röber, R. 2013. Response of various cultivars of ornamental peppers to different fertilization regimes. Acta Horticulturae 1000: 313-318.

Orrico Z., G. 2013. Respuesta de la Pitahaya Amarilla (*Cereus triangularis* L.) a la aplicación complementaria de dos fertilizantes en tres dosis. Puerto Quito, Pichincha. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. 88 p.

Rueda-Luna, R.; J. Reyes-Matamoros; M. del C. Flores-Yáñez; M. Romero-Hernández y J. V. Tamariz-Flores. 2016. Efecto de la relación N/K en el rendimiento y calidad de gerbera para flor de corte. Interciencia. Vol. 41 N° 4:260-265.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Rodríguez L., J. I. 2010. Evaluación de soluciones nutritivas en la aclimatización de vitroplantas de *Mammillaria carmenae* y *Mammillaria plumosa*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN), Buenavista, Saltillo Coahuila, México 70 p.

SAS Institute Inc. 2006. SAS/IML User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary NC. 856 p.

SIAP-SAGARPA. 2013. [http://www\\_siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/](http://www_siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/) consultado el 27 de julio de 2017.

Spurway, M. I., and Thomas, M. B. (2001). Nutrition of container-grown christmas cacti. Journal of Plant Nutrition., 24(4-5), 767-778.

Tropicos 2016. Trópicos: *Epithelantha micromeris*  
<http://www.tropicos.org/Name/33700793> (Consulta: 14 julio 2017).

Urrestarazu G., M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Universidad de Almería. Barcelona, España. 914 p.

Villavicencio G., E. E.; A. Arredondo G.; M. A. Carranza P.; O. Mares A.; S. Comparan S. y A. González C. 2010. Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México. Libro Técnico No. 2. ISBN: 978-607-425-473-0. Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP, Saltillo, Coahuila, México. 345 p.

Villavicencio G., E. E.; A. González C. y M. A. Carranza P. 2012. Micropropagación de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) F.C.A. Weber ex Britt & Rose, Cactácea Ornamental y Recursos Filogenético del Desierto Chihuahuense. Rev. Méx. Cien. For. Vol. 3 Núm. 14. pp 83-102.

Villavicencio G., E. E. 2015. Plan estratégico de la Red Cactáceas conforme al segundo Plan de Acción Mundial. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Saltillo Coahuila, México. 13 p. (Inédito).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### DIVERSIDAD GENÉTICA

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Establecimiento de un Banco Clonal como Fuente de Germoplasma de Calidad Genética de *Cedrela odorata* L.

José Vidal Cob Uicab<sup>1</sup>; Xavier García Cuevas<sup>1,1</sup>; Bartolo Rodríguez Santiago<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal. Correo mail: [josevidalc@yahoo.es](mailto:josevidalc@yahoo.es); [cob.jose@inifap.gob.mx](mailto:cob.jose@inifap.gob.mx)

#### Abstract

*Cedrela odorata* L. (cedro rojo), is a widely used timber tree species valued for its quality, beauty and hardness. The objective of the present study was to develop and standardize a method of asexual propagation to massify phenotypically superior trees as sources of germplasm of genetic quality. In the field, the selection method called "individual assessment" was applied, which consisted in evaluating each of the candidate trees according to their external characteristics. Vegetable rods and buds were then excised, which were used for the establishment of asexual propagation tests. By means of this propagation technique, genetically identical copies of the original mother plant were generated, which were established under a clonal bank scheme.

**Key Words:** Clonal silviculture, forest genetic improvement, forest germplasm.

#### 1. Introducción

El Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), es una de las especies maderables tropicales cuyo valor comercial alcanza hasta 15 veces más que el de otras especies forestales. Lo anterior, se debe principalmente a las características de su madera, tales como: dureza, color y aroma (ITTO, 2010). Sin embargo, las poblaciones de esta especie han sido severamente afectadas por la selección disgénica y la deforestación, a tal grado que sus poblaciones naturales han sido fragmentadas y disminuidas (Patiño, 1997). Lo anterior, ha generado una disminución en la capacidad de dispersión de las semillas, originando problemas de regeneración natural. Por lo tanto, es apremiante explorar alternativas eficientes de propagación que permitan rescatar, conservar y mejorar la calidad del germoplasma de esta especie.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Por tal razón, se propone el método de propagación vía asexual como una alternativa viable para la multiplicación de árboles fenotípicamente superiores (Roca y Mroginski, 1991). No obstante, los procesos en la multiplicación de especies leñosas los cuales, son lentos y los ciclos de vida, son largos.

Por otro lado, la multiplicación de individuos adultos por la vía asexual presenta serias dificultades como ocurre en la mayoría de las especies arbóreas (Lambers y Colmer, 2005). Lo anterior, genera un gran problema al tener que seleccionar caracteres de interés en la fase de la madurez, mientras que la propagación vegetativa de los mismos, es únicamente posible en la fase juvenil debido a que, a lo largo de la maduración se produce un declive en la capacidad morfogénica lo que, con frecuencia es una barrera para la regeneración de la planta (Rodríguez *et al.*, 2005). Frente a este escenario, el método de propagación vía injerto permite la revigorización de yemas vegetativas ontogénicamente adultas sobre portainjertos juveniles (Zapata, 2002). Además, posee la capacidad para revertir los procesos de envejecimiento fenotípico lo cual, facilita la manipulación de las capacidades morfogénicas y, por lo tanto, la clonación de materiales adultos selectos (Huang, 1992; Fraga *et al.*, 2002).

El objetivo del presente estudio, fue desarrollar y estandarizar un método de propagación por vía asexual para masificar árboles fenotípicamente superiores como fuentes de germoplasma de calidad genética. La importancia de este trabajo, radica en la masificación de genotipos fenotípicamente superiores y el establecimiento de un banco clonal como un sitio de reserva de un *pool* genético de *Cedrela odorata*.

### 2. Metodología

El presente trabajo, se realizó en el sitio experimental San Felipe Bacalar perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

#### Selección de árboles

La selección de los árboles, se realizó a partir de un ensayo de procedencias/progenies establecido en el sitio experimental San Felipe Bacalar. La determinación de los individuos fenotípicamente superiores, incluyó una evaluación visual considerando caracteres relacionados con la maximización del volumen maderable, tales como: altura total, altura de fuste limpio, diámetro normal, rectitud del fuste y libre de plagas y enfermedades.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Posteriormente, con la ayuda de un clinómetro, se midió la altura total y altura del fuste limpio; seguidamente, utilizando una cinta diamétrica, se midió el diámetro normal. Finalmente, se integró una base de datos al cual, se le practicó un análisis de varianza y mediante una correlación con la información de campo, se seleccionaron las procedencias y familias para su clonación (tabla 1).

**Tabla 1. Procedencias y familias de *Cedrela odorata* L. seleccionados y clonados.**

Código	Procedencia	Familias seleccionados								Número de familias seleccionadas y clonados	
		11	16	11	11	12	12	12	12	14	9
Cokal	Kalakmul, Campeche			0	7	1	3	5	6	2	
CoB	Bacalar, Quintana Roo	19	19								2
1		1	7								
CoZM	José María Morelos, Quintana Roo	15	16								2
		7	0								
CoEsc	Escárcega, Campeche	32	32	32							3
		6	8	9							
CoYuc	Peto, Yucatán	41									1
		7									
<b>Número total de familias clonados</b>											<b>17</b>

### Planta patrón

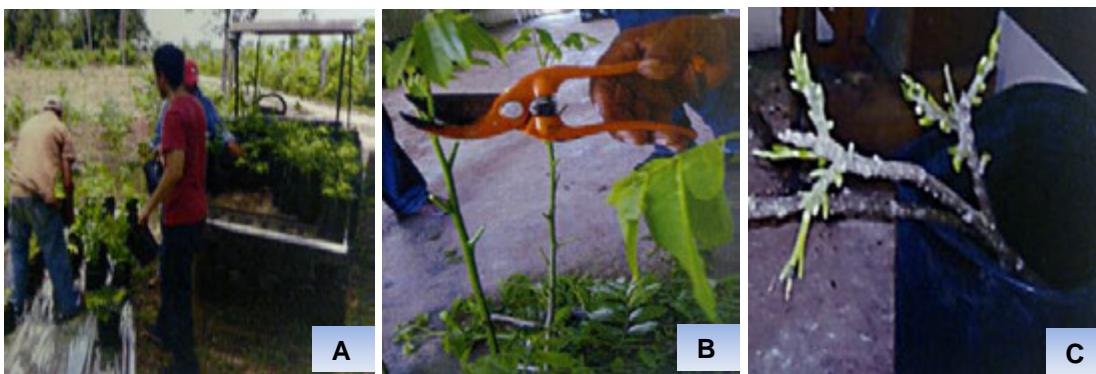
La planta patrón, se produjo en vivero a partir de semilla botánica recolectado de áboles vigorosos y libres de plagas y enfermedades. Al respecto, se utilizaron bolsas de 2 L de polietileno de color negro y una combinación de sustratos a base de compost de cachaza de caña de azúcar, aserrín y tierra negra en proporciones de 2:2:1, respectivamente. Además, se les proporcionó las labores culturales en forma adecuada y oportuna: deshierbes, riegos y fertilización. Finalmente, las plántulas que fueron utilizadas como planta patrón, fueron las que mostraron una buena sanidad y un buen vigor los cuales, se manifestó en el diámetro del cuello de la plántula (2,5 cm) y la presencia de tejido meristemático (figura 1A y 1B).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Material vegetal

Como material vegetal, se utilizaron yemas provenientes de los árboles fenotípicamente superiores previamente seleccionados. A cada árbol selecto, se le escindió de la zona apical y media de la copa varetas de entre 40-50 cm de longitud y de entre 2-2,5 cm de diámetro, conteniendo yemas vegetativas en pleno desarrollo (figura 1C). Las varetas, fueron apiladas en una hielera de unicel manteniendo su código único de identificación; seguidamente, fueron cubiertas con papel de estraza y sellado con papel film transparente. Finalmente, a cada colección de varetas apilado y sellado, se cubrió con un trozo de franela sobre los cuales, se colocaron paquetes de hidrogel para mantener un ambiente fresco en el interior de la hielera durante el traslado hasta el sitio de injertación.

**Figura 1. Producción de planta patrón y varetas con yemas para la injertación de *Cedrela odorata*.**



### Realización de injertos

Los injertos de yema, se realizaron mediante dos técnicas denominadas: “de corona” y “de hendidura lateral”. El proceso de injertación, inició realizándole tres cortes a la planta patrón: dos en forma vertical y separados por un tercio del grosor del tallo y un tercer corte en forma horizontal en la parte superior (uniendo los cortes verticales). Posteriormente, utilizando la misma navaja, se separó la corteza jalándola hacia abajo hasta formar un corte alargado (en forma de lengüeta). En el corte tipo lengüeta, se implantó una placa conteniendo una yema (injerto) el cual, se sujetó con una venda de plástico. El vendaje, fue realizado en dirección de abajo hacia arriba, en forma de espiral protegiendo en su totalidad la placa y el corte realizado a la planta patrón. Finalmente, se proporcionó un amarre fuerte en la parte superior del injerto.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Durante el proceso de injertación, se preparó una mezcla de fungicida a razón de 5 gr de promyl (producto fungicida) por cada litro de agua; seguidamente, se diluyó la mezcla en la cual, se sumergieron las varetas durante 10 minutos. A continuación, se remojó un trozo de franela con la misma solución y, se impregnó sobre la herida de la planta patrón.

Una vez afirmado el periodo óptimo de injertación, se procedió con la siguiente fase del experimento relacionado con el establecimiento de los ensayos para la evaluación de las técnicas de injertación: “de corona” y “de hendidura lateral”.

### Diseño del banco clonal

Las réplicas de cada genotipo (*clon*), fueron establecidos en hileras puras en forma lineal con distanciamientos de 1,5 m entre hileras y 1,0 m entre *clon*. Al primer año del establecimiento, se le aplicó una poda severa a cada *clon* y, posteriormente, cada seis meses registrándose ya un total de cinco podas.

### 3. Resultados

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos en relación con los porcentajes de prendimiento de los injertos. En este, se observa que los meses de abril y mayo fueron los meses del año que registraron altos porcentajes en el prendimiento de los injertos. En contraste, los meses de febrero y marzo registraron bajos porcentajes de prendimiento y, en particular, junio observó buenos porcentajes los cuales, no lograron un éxito final debido a los altos porcentajes de pudrición (tabla 2).

**Tabla 2. Porcentajes de prendimiento de injertos de *Cedrela odorata* a los 4, 6 y 8 semanas posterior a su injertación.**

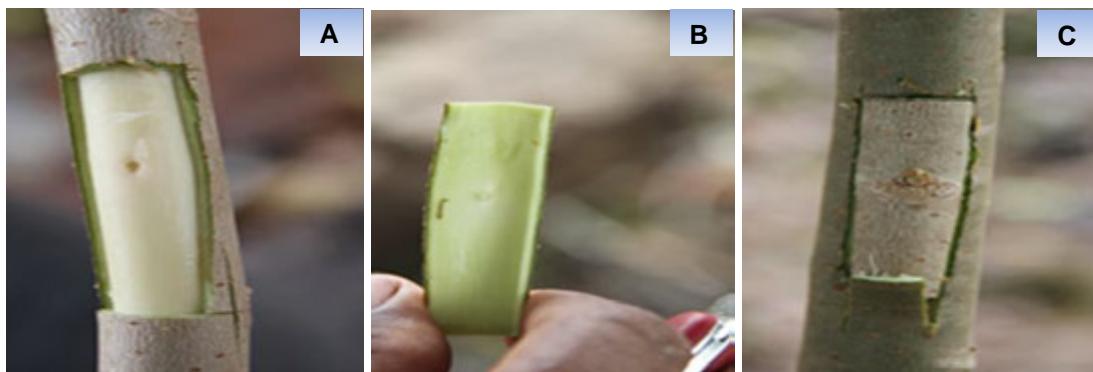
Meses del año 2014	Número de injertos realizados	Porcentaje de prendimiento (%)		
		4 semanas	6 semanas	8 semanas
Febrero	100	22	24	24
Marzo	100	28	32	34
Abril	100	68	76	80
Mayo	100	78	82	90
Junio	100	70	72	72

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

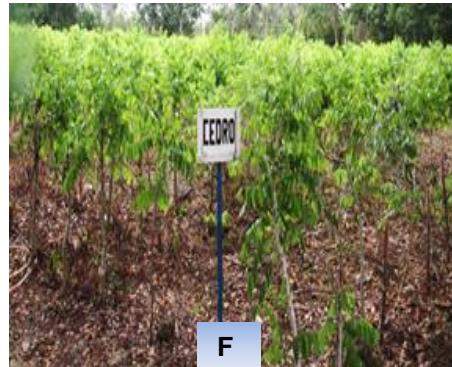
Estos resultados, concuerdan con lo reportado por otros autores los cuales, indican que la época óptima del año para la realización de injertos en ecosistemas de clima tropical, comprende los meses de marzo, abril y mayo dependiendo de la especie de interés. Lo anterior, es atribuible al estado fisiológico y a los niveles hormonales endógenos de la planta madre promovido por el cambio de estación de invierno a primavera lo cual, concuerda con los meses de marzo a mayo.

Por otro lado, los resultados sugieren que, con altos porcentajes de humedad no es recomendable injertar ya que, a pesar de lograr altos porcentajes en el prendimiento, se tendrán altos índices de pudrición y, por ende, la pérdida total del injerto. Otro factor clave, fue lo referente a la compatibilidad entre el injerto y el portainjerto. Al respecto, en *C. odorata* ha sido exitoso el homoinjerto (tejido de la misma especie) lo cual, se confirmó al observarse un crecimiento vigoroso del injerto como consecuencia de un rápido establecimiento de la conexión vascular.

**Figura 2. Aspecto del proceso de injertación, injertos y banco clonal de *Cedrela odorata*.**



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Tabla 3. Porcentaje de prendimiento y vigor expresado de injertos de *Cedrela odorata* en función con la técnica de injertación.**

Meses del año 2015	Número de injertos realizados	Técnica de injertación			
		De corona		De hendidura lateral	
		Vigor expresado	% de prendimiento	Vigor expresado	% de prendimiento
Abril	100	Débil	23	Fuerte	89
Mayo	100	Débil	28	Fuerte	90

Con relación a las técnicas de injertación ensayados los resultados demuestran que la técnica “de hendidura lateral”, fue la que observó mejores porcentajes de prendimiento registrando hasta un 90% de efectividad en el mes de mayo (tabla 3). A los seis meses de edad, los injertos que fueron logrados a partir de esta técnica registraron una longitud de entre los 40 y 50 cm y un diámetro de copa que varió entre los 22 y 28 cm. En contraste, la técnica de injertación “de corona”, registró bajos porcentajes de prendimiento y los injertos mostraron un vigor débil (tabla 3).

Por otro lado, la injertación mediante la técnica “de corona” observó daños por el desprendimiento del injerto. Lo anterior, es atribuible al deterioro de las células del cambium al momento del corte, tanto en la púa como en la planta patrón originando una unión frágil y una menor vitalidad. Contrario a lo que sucedió con la técnica “de hendidura lateral” en la cual, la formación de nuevos tejidos funcionó como un cinturon que sujetó sólidamente a la yema injertada en la planta patrón. Asimismo, se observó que la unión de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

los tejidos fue continua sin la formación de protuberancias en la parte externa de la herida lo cual, generó soldaduras más sólidas entre los tejidos y, por consiguiente, uniones mecánicamente más fuertes.

**Tabla 4. Prueba comparativa entre medias del porcentaje de prendimiento de injertos de *Cedrela odorata* generado mediante el procedimiento prueba de diferencia significativa honesta de Tukey.**

Técnica de injertación	Variables		Crecimiento de la yema injertada después de seis meses (cm)
	% de prendimiento	Vigor expresado	
De corona	24,9 <sup>a</sup>	Débil	23
De hendidura lateral	89,5 <sup>b</sup>	Fuerte	48

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

El análisis de prueba de diferencia significativa honesta de Tukey, confirmó a la técnica de injertación “de hendidura lateral” como el tratamiento que observó diferencias estadísticamente significativas sobre la variable “porcentaje de prendimiento” (tabla 4). Por lo tanto, se afirma estadísticamente que la técnica de injertación “de hendidura lateral”, fue la que maximizó los resultados en la injertación de esta especie en particular. Asimismo, se observó un crecimiento vigoroso de la yema injertada lo cual, es atribuible a la reversión de los procesos de envejecimiento relacionados con la división celular, crecimiento y desarrollo. Específicamente, el vigor expresado evidenció la capacidad de la proliferación celular, característica que concuerda con el crecimiento vegetativo en la fase juvenil de especies leñosas.

La aplicación de estos resultados, fue la masificación de 17 genotipos fenotípicamente superiores y el establecimiento de un banco clonal (figura 2D, 2E y 2F). Dicho banco clonal, constituye un sitio de conservación *in situ* que aloja a un pool genético selecto y funcional como una fuente de germoplasma de calidad genética de *Cedrela odorata*.

### 4. Conclusiones

La determinación de una época óptima y la estandarización de una técnica de propagación por vía asexual (injerto), permitieron la masificación exitosa de 17 genotipos selectos de *Cedrela odorata*. Además, se logró la replicación del pool genético de individuos

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

superiores y el establecimiento de un banco clonal como un sitio de conservación *in situ* y fuente de germoplasma de calidad genética de *Cedrela odorata*.

### 5. Referencias

Fraga, M., Cañal, M., Aragonés, A and Rodríguez, R. 2002. Factors involved in *Pinus radiata* D. Don. micrografting. Ann. For. Sci. 59: 51-157.

Huang, L.C., Hsiao, C.K., Lee, S.H., Huang, B.L and Murashige, T (1992). Restoration of vigor and rooting competence in stem tissues of mature Citrus by repeated grafting of their shoot apices onto freshly germinated seedlings in vitro. In vitro Cell. Dev. Biol. 28: 30-32.

ITTO (2010). International Tropical Timber Organization guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests. ITTO Policy Development Series No 13. ITTO, Yokohama.

Lambers, H. and Colmer, T. D. 2005. Root physiology—from gene to function. Plant Soil. 274(1-2), 7-15.

Patiño, V.F (1997) Genetic resources of *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata* in the neotropics: Priorities for coordinates actions. Forest Gnenetics No. 25 FAO, Roma. 12 pp.

Roca, M.W., Mroginski, L.A. 1991. Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones. CIAT (Centro Internaciol de Agricultura Tropical). Cali, Colombia. p. 542 - 575.

Rodríguez, R., Diego, L.B., Berdasco, M., Hasbun, R., Valledor, L and Cañal, M.J (2005). Aging, Maturation and Reinvigoration in Agroforestry Species. Forest Biotechnology in Latin America.

Zapata, J. 2002 Caracterización Morfológica de la Micropropagación en *Pinus radiata* D. Don. Tesis. Universidad de Concepción. Chile. 160 pp.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Diversidad Genética de 22 Especies del Género *Agave*, mediante SSR e ISTR, de la Colección Nacional de Agaves UG-SAGARPA

Luz Angélica Nieto González<sup>1</sup>; Héctor Gordon Nuñez Palenius<sup>1,1</sup>; Lisset Herrera Isidrón<sup>2</sup>; Ma. De la Luz Ruiz Aguilar<sup>1,2</sup>; Julio César Pérez de la Cerda<sup>3</sup>; Rafael Guzmán Mendoza<sup>1,3</sup>; Ma. Del Rosario Abraham Juárez<sup>1,4</sup> y Vicente J. Álvarez Villafaña<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guanajuato Campus Irapuato-Salamanca. División de Ciencias de la Vida, ExHacienda El Copal Km 9, Carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Gto. e-mail: [angelicoux\\_ng@hotmail.com](mailto:angelicoux_ng@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingenierías Campus Guanajuato. Av. Mineral de Valenciana No. 200 Col. Fracc. Industrial Puerto Interior, Silao de la Victoria, Gto.

<sup>3</sup> Subdirección de Centros de Conservación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, SAGARPA, Av. Guillermo Pérez Valenzuela 127, Col. Del Carmen, Delegación Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04100

#### Abstract

The *Agave* genetic resources, *in vitro* conserved, in the National Collection of Agaves, Camote de Cerro and Achiote UG-SAGARPA have not been molecularly characterized. The present work evaluated the genetic diversity of 22 *Agave* accessions belonging to this Collection, either using Simple Sequence Repeat (SSR) or Inverse Sequence-Tagged Repeat (ISTR) microsatellites. Molecular markers of the SSR type detected 71 amplification products, from which, 5 polymorphic bands were obtained, and the ISTR technique detected 63 amplification products, 10 of which were polymorphic bands. A dendrogram was obtained, based on the genetic distances of *Agave* species with a 0.723 Cophenetic Correlation Coefficient.

**Key Words:** *Agave*, marcadores moleculares, microsatélite, SSR, ISTR

#### 1. Introducción

Los Agaves son un grupo de plantas de gran importancia económica y ecológica para México (Gentry, 1982). El género *Agave* cuenta con más de 160 especies, 75% de las cuales se encuentran presente en el país. Este número de especies es notable, tomando en cuenta la gran similitud, morfológica y ecológica entre la mayoría de las especies del género (Eguiarte & Souza, 2007).

Gentry (1982) dividió al género *Agave* en dos subgrupos genéticos, Littaea y Agave, abarcando en total 136 especies (p. 49-58). Sin embargo, los botánicos coinciden en que

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

existen dificultades para determinar con exactitud las especies de este género debido a la escasa información escrita y a las deficiencias en las colecciones existentes (Dávila, Castillo, & Laurentin, 2007).

La importancia de la conservación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, unida a la amenaza de erosión genética a la que están sometidos, han propiciado la necesidad de salvaguardar la diversidad genética de estos recursos (Engels & Visser, 2007).

Los estudios moleculares han sido de gran utilidad en el establecimiento de diferencias genéticas en otras especies, especialmente en aquellas donde la base de datos del ADN es desconocida. Los métodos moleculares para la detección de dicha variabilidad han demostrado su utilidad en especies, como las del género *Agave*, con largos ciclos de vida que presentan características semélparas (plantas que mueren una vez concluidos sus períodos de floración). Estas técnicas representan una herramienta valiosa para documentar la existencia de variabilidad genética, evaluarla y posteriormente implementar trabajos de mejoramiento genético que contribuyan a la conservación del recurso (Torres-Morán, Morales-Rivera, Nuño-Romero, Santacruz-Ruvalcaba, & Rodríguez-García, 2007).

Los microsatélites son segmentos cortos de ADN con una secuencia repetitiva de nucleótidos que tiende a aparecer en regiones no codificantes del genoma (Zane, Bargelloni, & Patarnello, 2002). El número de microsatélites puede diferir entre individuos y por lo tanto pueden ser usados como marcadores de ADN. La forma más común de detectar microsatélites es mediante el diseño de iniciadores específicos para PCR los cuales se corresponden con un locus particular en el genoma apareándose a cada lado de la región repetitiva, por lo tanto, al emplear un solo par de iniciadores cada individuo de una especie podría revelar productos de diferentes tamaños según sea el tamaño de cada microsatélite (Morgante & Olivieri, 1993).

En el presente trabajo se realizó la caracterización molecular, por medio de marcadores moleculares SSR e ISTR, de 22 accesiones de *Agave* pertenecientes a la Colección Nacional *In vitro* de Agaves, Camote de Cerro y Achiote UG-SAGARPA (*A. tequilana*, *A. victoriae-reginae*, *A. guengola*, *A. angustifolia*, *A. mitis*, *A. inaequidens*, *A. durangensis*, *A. mapisaga*, *A. salmiana crassispina*, *A. applanata*, *A. cupreata*, *A. striata*, *A. lechuguilla*, *A. obscura*, *A. vilmoriniana*, *A. salmiana*, *A. fourcroydes*, *A. americana*, *A. weberi*, *A. scabra*, *A. pygmaea* y *A. celsii*).

### 2. Metodología

#### Banco de colección

Se seleccionaron 22 accesiones de *Agave* provenientes de la Colección Nacional *In vitro* de Agaves, Camote de Cerro y Achiote UG-SAGARPA que corresponden a las de mayor uso

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

potencial. En la Tabla 1 se muestra la descripción de cada accesión en estudio, clasificada según Gentry (1982).

**Tabla 6. Descripción de accesiones de Agave utilizadas**

ID	Accesión	Género	Subgénero	Grupo	Especie
1	35	Agave	Agave	Rigidae	<i>tequilana</i>
2	55	Agave	Littaea	Marginatae	<i>victoriae-reginae</i>
3	50	Agave	Littaea	Choritepalae	<i>guiengola</i>
4	48	Agave	Agave	Rigidae	<i>angustifolia</i>
5	47	Agave	Littaea	Polycephalae	<i>mitis</i>
6	45	Agave	Agave	Crenatae	<i>inaequidens</i>
7	40	Agave	Agave	Ditepalae	<i>durangensis</i>
8	33	Agave	Agave	Salmianae	<i>mapisaga</i>
9	20	Agave	Agave	Salmianae	<i>salmiana crassispina</i>
10	11	Agave	Agave	Ditepalae	<i>applanata</i>
11	3	Agave	Agave	Crenatae	<i>cupreata</i>
12	60	Agave	Littaea	Striatae	<i>striata</i>
13	43	Agave	Littaea	Marginatae	<i>lechuguilla</i>
14	52	Agave	Littaea	Marginatae	<i>obscura</i>
15	49	Agave	Littaea	Amolae	<i>vilmoriniana</i>
16	5	Agave	Agave	Salmianae	<i>salmiana</i>
17	53	Agave	Agave	Rigidae	<i>fourcroydes</i>
18	46	Agave	Agave	Americanae	<i>americana</i>
19	44	Agave	Agave	Sisalanae	<i>weberi</i>
20	15	Agave	Agave	Americanae	<i>scabra</i>
21	57	Agave	Agave	Hiemiflorae	<i>pygmaea</i>
22	58	Agave	Littaea	Polycephalae	<i>celsii</i>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Extracción del ADN genómico

Se aisló el ADN de hojas de las plantas conservadas *in vitro* de las 22 accesiones, utilizando el protocolo de extracción indicado por Doyle y Doyle (1987), modificado con STE (TrisHCl 100 mM pH 8, EDTA 50 mM pH 8, NaCl 100 mM, 2% mercaptoetanol 0.3%). La calidad del ADN se verificó y se comprobó visualmente en gel de agarosa al 0.8%, enseguida se cuantificó la concentración midiendo la absorbencia a 260 nm, y la relación de absorbencia a 260/280 nm en el Nanodrop® se utilizó como medida de calidad. Posteriormente, se hicieron diluciones de cada ADN, para tener una concentración de 10 µM, las cuales se utilizaron para realizar las reacciones de amplificación.

### Análisis molecular mediante SSRs e ISTRs

Se utilizaron los marcadores microsatélites publicados en la literatura para diferentes especies de Agave. Fueron probados, con los 22 genotipos diferentes de Agave, un total de 3 cebadores para la técnica SSR y 5 cebadores para los ISTR (y sus combinaciones para ambos) reportados por diferentes autores (Tabla 2).

**Tabla 2. Descripción de los cebadores utilizados en las técnicas de SSR e ISTR**

Técnica	Oligonucleótido	Motivo repetido	Secuencia (5'-3')*	Referencia
SSR	P15	(GACA) <sub>3</sub>	5'-GACAGACAGACA RG	Dávila, 2007; Vargas-Ponce, 2009
	P16	(GACA) <sub>3</sub>	5'-YR GACAGACAGACA	Dávila, 2007
	P49	(CAC) <sub>4</sub>	5'-CACACACACACACACA RT	Dávila, 2007
ISTR	F1-B6	(AC) <sub>3</sub>	F: 5'-GCA CTC CAC CAA GAA TAC C B: 5'-GGT TCC ACT TGG TCC TTA G	Hurtado, 2008; Torres-Morán, 2013
	F9-B6	(CC) <sub>3</sub>	F: 5'-TTA CCT CCT CCA TCT CGT AG B: 5'-GGT TCC ACT TGG TCC TTA G	Torres-Morán, 2013; Almaraz-Abarca, 2013
	F10-B8	(AG) <sub>3</sub>	F: 5'-TAA GCA AGC ATC TCG GAG B: 5'-ATA CCT TTC AGG GGG ATG	Torres-Morán, 2010; Vargas-Arreola, 2009; Almaraz-Abarca, 2013
	F10-B6	(AG) <sub>3</sub>	F: 5'-TAA GCA AGC ATC TCG GAG	Torres-Morán, 2009

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

(TCC)<sub>2</sub>      B: 5'-GGT TCC ACT TGG  
                  TCC TTA G

F91-31	(AA) <sub>2</sub>	F: 5'-ATA TGG ACT TAA
	(GC) <sub>2</sub>	GCA AGC CA
	(CC) <sub>2</sub>	B: 5'-TAA CCA CGT CTA
	(AC) <sub>2</sub>	CCC TTA

Torres-Morán, 2013

\*R=G o A y Y=C o T

### Preparación de la mezcla maestra

La mezcla de amplificación para un volumen total de 20 µl estuvo compuesta por 10 µl de Master Mix (2X) Thermo Scientific™, 0.6 µl de cada uno de los cebadores (indirecto y directo), 0.6 µl ADN genómico a 10 µM, y el resto a completar con agua.

### Amplificación (PCR)

Las reacciones de amplificación se realizaron en un termociclador Techne (TC-512) y se siguió un programa de 3 horas de duración aproximadamente, con diferente perfil de temperatura para SSR y ISTR.

Para los SSR se realizó un paso inicial de desnaturalización de 5 min a 94°C, seguida de 35 ciclos, los cuales estuvieron compuestos por una etapa de desnaturalización de 1 min a 94°C, una hibridación 50 s a 40°C y una extensión de 1 ½ min a 72°C; la finalización del programa se realizó con un ciclo de extensión final a 72°C durante 10 min.

Para los ISTR se realizó un paso inicial de desnaturalización de 5 min a 94°C, seguida de 45 ciclos, los cuales estuvieron compuestos por una etapa de desnaturalización de 30 s a 94°C, una hibridación 50 s a 40°C y una extensión de 1 min a 72°C; la finalización del programa se realizó con un ciclo de extensión final a 72°C durante 10 min.

### Separación de los productos SSR e ISTR

Las muestras amplificadas se separaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5% con 0.5 µL de bromuro de etidio y se cubrió el gel en buffer TBE 0.5X, en cámara electroforética horizontal a 100 V durante 1 h y con un marcador de 1 Kb de peso molecular (Thermo Scientific™). Antes de cargar el gel se le añadió a cada una de las muestras 5 µL de buffer de carga.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Visualización de los productos

Para la visualización de los fragmentos amplificados del ADN en los geles, se capturaron las imágenes utilizando el fotodocumentador FluorShot EVO (Biosens SC 805).

### Análisis de los productos

Se analizó la presencia/ausencia de cada banda (o locus) generada por los cebadores en los individuos y se arreglaron los datos en una matriz de 1 (presencia) y 0 (ausencia) para cada uno de estos. De esta manera se obtuvo una matriz por cada cebador.

Los genotipos de Agave estudiados se agruparon con base a sus relaciones de similitud genética con el método UPGMA (Unweighted Pairwise Group Method with Arithmetic Averages), a partir de la matriz de similitud obtenida por el coeficiente de similitud de Jaccard. Se calculó el coeficiente de correlación cofenética determinando la fidelidad del ajuste entre matriz de similitud original y el dendograma obtenido. La fiabilidad de los grupos obtenidos en el dendrograma se evaluó mediante análisis de remuestreo bootstrap utilizando 100 réplicas. Dichos cálculos se efectuaron mediante el programa en línea Dendro-UPGMA (Garcia-Vallve, et al., 1999).

Los niveles de polimorfismo se determinaron como se describe en Infante et al. (2003) y Gil et al. (2006), donde el número de fragmentos polimórficos se divide por el número total de fragmentos analizados y fue expresado como el porcentaje.

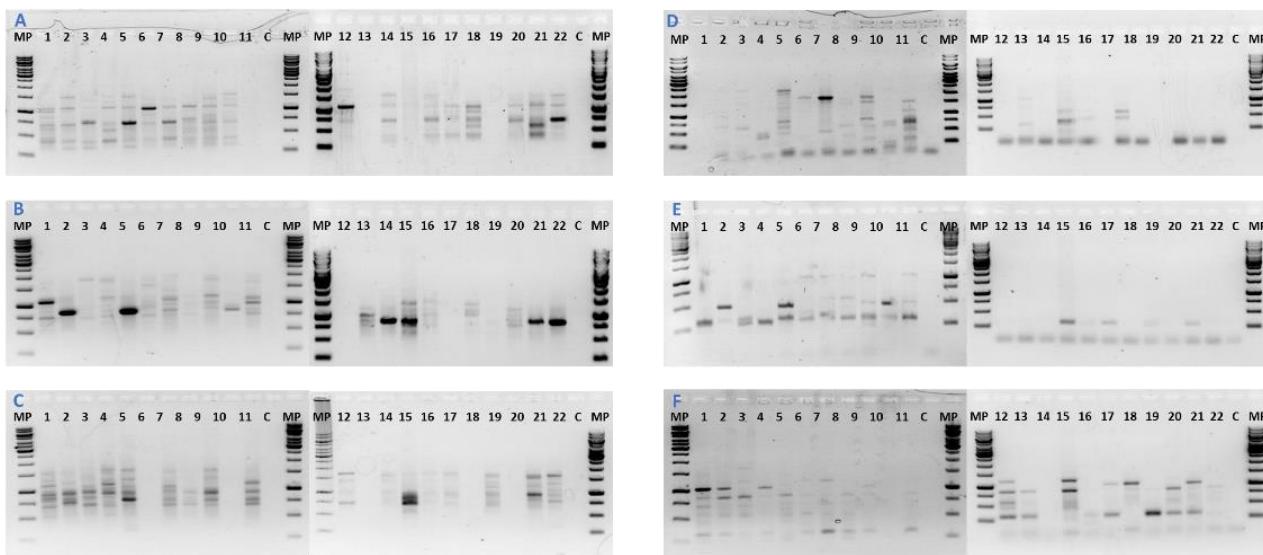
### 3. Resultados

#### Amplificación del ADN

En la Figura 1 se pueden observar los geles de corrida de los productos de amplificación por PCR, correspondientes a los cebadores P15, P16, P49, F1-B6, F9-B6 y F10-B8 antes de ser leídos para la realización de la matriz binaria a ser utilizada en el programa. Se omitieron los geles de F10-B6 y F91-31 por la baja cantidad de productos amplificados.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Figura 1. Amplificación del ADN de 22 genotipos de *Agave* con los oligonucleótidos P15(A), P16 (B), P49 (C), F1-B6 (D), F9-B6 (E) y F10-B8 (F)**



En total se evaluaron 22 individuos, y se identificó un total de 134 alelos con un tamaño entre 580 y 7 pb, de los cuales 21 fueron amplificados con el cebador P15, 24 con el cebador P16, 26 con el cebador P49, 21 con el cebador F1-B6, 10 con el cebador F9-B6, 25 con el cebador F10-B8, 2 con el cebador F10-B6 y 5 con el cebador F91-31. Se encontraron 38 alelos únicos repartidos entre las 22 poblaciones y el porcentaje de estos se encuentra en 20-50% (Tabla 3).

**Tabla 3. Número de productos amplificados, alelos polimórficos por especie y nivel de polimorfismo de cada oligonucleótido**

Cebador	Productos amplificados	Polimorfismo por especie (%)																				Polimorfismo total (%)		
		35. <i>A. tequilana var. azul</i>	55. <i>A. victoriae-reginae</i>	50. <i>A. guengola</i>	48. <i>A. angustifolia</i>	47. <i>A. mitis</i>	45. <i>A. inaequidens</i>	40. <i>A. durangensis</i>	33. <i>A. mapisaga</i>	20. <i>A. salmiana crassispina</i>	11. <i>A. applanata</i>	3. <i>A. cupreata</i>	60. <i>A. striata</i>	43. <i>A. lechugilla</i>	52. <i>A. obscura</i>	49. <i>A. vilmoriniana</i>	5. <i>A. salmiana</i>	53. <i>A. fourcroydes</i>	46. <i>A. americana</i>	44. <i>A. weberi</i>	15. <i>A. scabra</i>	57. <i>A. pygmaea</i>	58. <i>A. celsii</i>	
P15	21	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	23.8
P16	24	8.3	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

P49	26	7.7	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	3.9	3.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.9
F1-B6	21	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	9.5	4.8	4.8	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
F9-B6	10	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0
F10-B8	25	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0	0.0	8.0	4.0	0.0	28.0
F10-B6	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
F91-31	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0

### Diferenciación entre poblaciones

Para detectar diferencias entre las poblaciones se realizó una selección de los alelos visiblemente más marcados de los geles de amplificación de ADN para cada cebador. Estos alelos se tomaron como alelos polimórficos debido a la seguridad de encontrarlos al reproducir el experimento.

En la Tabla 4 se presentan las accesiones diferenciadas con cada cebador. Se encontraron diferencias significativas entre la técnica utilizada para las 22 poblaciones lográndose diferenciar 5 accesiones con marcadores SSRs y 7 accesiones con ISTR.

**Tabla 4. Número de accesiones identificadas mediante las técnicas de SSR e ISTR**

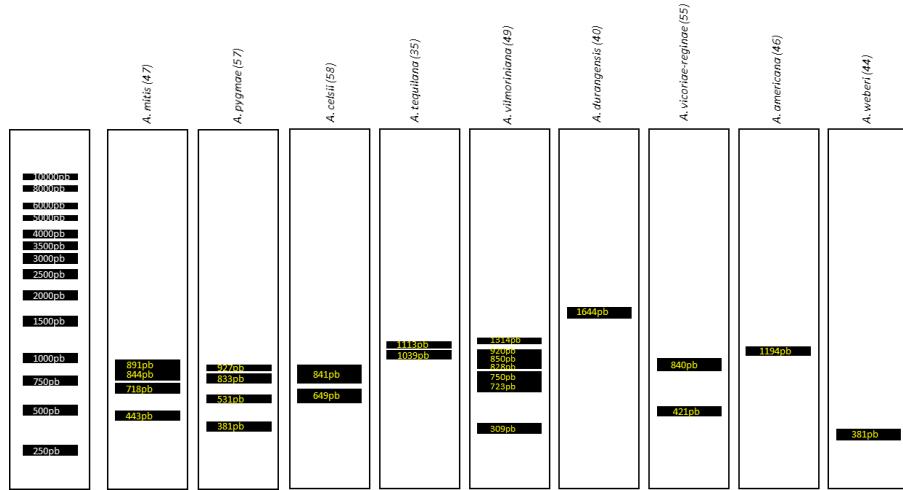
Técnica	Cebador	Rango de bandas amplificadas	No. Accesión (pb)	Especies identificadas
SSR	P15	1671-233	47	<i>Agave mitis</i>
			57	<i>Agave pygmaea</i>
			22	<i>Agave celsii</i>
	P16	2101-610	35	<i>Agave tequilana</i>
		5880-472	47	<i>Agave mitis</i>
	P49		49	<i>Agave vilmoriniana</i>
			57	<i>Agave pygmaea</i>
ISTR	F1-B6	2198-110	40	<i>Agave durangensis</i>
		1042-15	55	<i>Agave victoriae-reginae</i>
	F9-B6		47	<i>Agave mitis</i>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

		49	<i>Agave vilmoriniana</i>
		47	<i>Agave mitis</i>
		46	<i>Agave americana</i>
F10-B8	4872-7	44	<i>Agave weberi</i>
		35	<i>Agave tequilana</i>
F10-B6	274-219	47	<i>Agave mitis</i>
F91-31	756-390	NA	NA

Con base en los alelos polimórficos se diseñó un patrón combinado de las especies diferenciadas, estos con la finalidad de generar una base de datos para la futura identificación de cada una de las especies en cuestión (Figura 2).

**Figura 2. Patrones diseñados de identificación para las accesiones polimórficos con alelos**



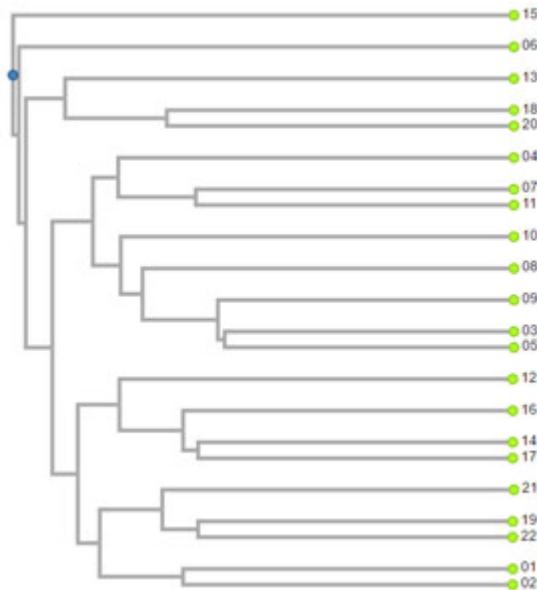
### Relaciones genéticas entre los genotipos estudiados

Se obtuvieron varios dendrogramas de las combinaciones entre los diferentes fragmentos de amplificación obtenidos con los 3 SSRs y 2 ISTRs, haciendo uso del análisis de UPGMA a partir del índice de Jaccard. Se eligió aquel que presentaba mayor correlación cofenética ( $CP=0.723$ ), el valor elevado sugiere robustez en la clasificación de los genotipos reflejada en el dendrograma generado (Figura 2). Se puede apreciar que la mayoría de las accesiones responden a una distancia genética cercana a la de los grupos a los que pertenecen según la clasificación de Gentry (1982). Las distancias genéticas se estimaron con el índice de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Jaccard, y fueron en promedio  $D = 0.6483$ , con un mínimo de 0.5 entre *A. guengola-A. mitis*, y un máximo de 1 entre *A. lechuguilla-A. fourcroydes*, *A. mitis-A. weberi* y *A. inaequidens-A. striata*.

**Figura 3. Dendrograma de los genotipos de Agave, basado en un análisis UPGMA**



Fuente: DendroUPGMA.

### 4. Conclusiones

Se establecieron los protocolos y condiciones robustas para determinar la diversidad genética de las accesiones de la Colección Nacional *In Vitro* de Agaves UG-SAGARPA, mediante marcadores moleculares del tipo SSR e ISTR. Se demostró que la técnica de ISTR tiene un mayor porcentaje de polimorfismo y la mayor cantidad de especies de Agave diferenciadas por bandas polimórficas. El cebador F10-B8 fue capaz de diferenciar la mayor cantidad de especies (*A. mitis*, *A. americana*, *A. weberi* y *A. tequilana*).

### 5. Agradecimientos

Se agradece el financiamiento de la SAGARPA, a través de la COFUPRO, para la realización de este proyecto, mediante el **Programa Fomento a la Agricultura del Componente de Innovación Agroalimentaria 2016**, con la aprobación del proyecto intitulado: “**Conservación de los recursos fitogenéticos e identificación de usos**”

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

potenciales de la diversidad de especies de agave en México”, Folio de solicitud SURI: DF1600000635, Folio de solicitud interno: SNITT/17.

### 6. Referencias

- Dávila, M., Castillo, M. A., & Laurentin, H. (2007). Uso de marcadores moleculares ISSR para inferir las relaciones genéticas y la variabilidad intraespecífico de Agave. Rev. Fac. Agron. (Maracay), 93-111.
- Eguiarte, E., & Souza, V. (2007). Historia natural del Agave y sus parientes: Evolución y Ecología. En P. A. Larqué, E. Eguiarte, & Zizumbo-Villareal, En lo Ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves (pág. 3-27). CICY, CONACYT, CONABIO, SEMARNAT, INE.
- Engels, J. M., & Visser, L. (2007). Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. En Manuales para bancos de germoplasma (Vol. VI). Roma, Italia: Biodiversity International.
- Gentry, H. (1982). Agaves of continental North America. Tucson, Arizona, USA: Univ. of Arizona Press.
- Morgante, M., & Olivieri, A. M. (1993). PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. Plant J., 82-175.
- Torres-Morán, M. I., Morales-Rivera, M. M., Nuño-Romero, R., Santacruz-Ruvalcaba, F., & Rodríguez-García, A. (2007). Variabilidad de Agave tequilana Weber variedad azul encontrada en micropropagación y su exploración a nivel molecular. Bol. Nakari, 3-5.
- Zane, L., Bargelloni, L., & Patarnello, T. (2002). Strategies for microsatellite isolation: a review. Molecular Ecology, 1-16.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Estudio Sobre la Gestión Ambiental en México

Guillermo Alexis Vergel Rangel<sup>1</sup>; María Elena Tavera Cortés<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional

<sup>2</sup> UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional

#### Abstract

This research carried out a review of the concept of environmental management in Mexico and its relevance at present as a strategy for the protection of the environment, aimed at achieving sustainability. Through a descriptive study, supported by the review of different secondary sources of environmental character, the conceptualization of environmental management is initiated, addressing the term of sustainable development, highlighting the application of environmental practices subject to the legal aspect or international standards such as the Environmental management systems. Finally, a theoretical review of the emission of greenhouse gases and their implications in Mexico was carried out.

The work aims at conceptual elements that allow the discussion and development of new researches that provide solutions for the preservation of the environment not only in Mexico but also an international level.

**Key Words:** gestión ambiental, sistemas de gestión ambiental, desarrollo sustentable, medio ambiental, gases de efecto invernadero.

#### 1. Introducción

Hablar de desarrollo sustentable y en especial de la protección al medio ambiente, a pesar de su relevancia en la actualidad, no es algo reciente. Desde la década de los setenta, este tema ha cobrado relevancia en la agenda política internacional, siendo objeto de diferentes acuerdos y programas que han direccionado las estrategias en cada país. A pesar de las acciones emprendidas, el panorama ambiental actual presenta un contraste al discurso

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

político. Lo anterior, ha obligado a la empresa privada a replantear sus procesos y adoptar prácticas que les permitan reducir su impacto negativo al medio ambiente, concepto conocido como gestión ambiental.

La aplicación de una gestión ambiental en empresas mexicanas puede estar demarcada a través de diversas herramientas empezando por la normatividad legal y por las certificaciones ambientales otorgadas por la SEMARNAT y sus entidades adscritas. De igual manera los sistemas de gestión ambiental constituyen un método para la adopción de prácticas ambientales en las organizaciones, son de carácter voluntario y los más destacados son el Sistema de Gestión Ambiental de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la Norma Ekoscan y el Reglamento Europeo EMAS III. En los últimos años, el número de empresas alrededor del mundo que han implementado una gestión ambiental va en aumento, sin embargo, comparado con las entidades económicas existentes, la proyección aun es limitada. En particular, la situación actual de México no es diferente del panorama internacional; de acuerdo al INEGI, tan sólo un 0,1% de las empresas nacionales cuentan con el certificado de Industria Limpia otorgado por la PROFEPA.

En materia ambiental, uno de los principales desafíos que ha enfrentado la sustentabilidad ha sido la reducción de la emisión de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, dado que estos constituyen la principal causa del fenómeno conocido como calentamiento global. Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). En el contexto nacional, México fue el primer país en establecer una ley relacionada con la emisión de GEI, sin embargo, al día de hoy no se llevan a cabo mediciones de GEI emitidos por fuentes fijas y de área, además, no se cuenta con factores de emisión nacionales, por lo tanto, se utilizan los valores por defecto del IPCC. Aunque se han logrado avances relevantes, cada categoría de emisión cuenta serios vacíos y necesidades en materia de información e investigación. Ante este panorama y considerando la necesidad de profundizar en el análisis del contexto mexicano se decide realizar una revisión sobre la conceptualización de la gestión ambiental que permita la discusión y el desarrollo de nuevas investigaciones que aporten soluciones para la preservación del medio ambiente no solo en México sino también a nivel internacional.

### 2. Metodología

#### Desarrollo sustentable

Hablar de desarrollo sustentable y de protección al medio ambiente a pesar de su relevancia en la actualidad no es algo completamente nuevo. En el año 1972 se celebró la primera conferencia de la ONU sobre cuestiones ambientales internacionales conocida como la Cumbre de la Tierra de Estocolmo, acontecimiento que significó un antes y un después en la agenda política internacional acerca del medio ambiente (Baylis & Smith, 2005).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Para finales de la década de los 80's, el término "desarrollo sustentable" ya empezaba a colarse dentro de asuntos de coyuntura internacional como lo son el cambio climático, la desnutrición infantil y la pobreza; no obstante, es hasta el año de 1987 donde surge su primera conceptualización dentro del Informe de Brundtland, un documento presentado por la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, que establece:

*"El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"* (World Commision on Environment And Development, 1987, p. 41).

Esta primera conceptualización representó la primera visión del mundo que incluye los aspectos ambientales dentro del desarrollo económico y social, permitiendo el surgimiento del concepto de "sustentabilidad", que más tarde abriría la puerta para diferentes investigaciones y acuerdos internacionales (Redclift, 2005), siendo uno de ellos, la Segunda Cumbre de la Tierra realizada en el año de 1992 en Río de Janeiro. Más adelante, en el año de 1997 se llevó a cabo el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, cuyo propósito se enfocó en la reducción de un 5% de las emisiones totales de seis gases de efecto invernadero. Su entrada en vigor fue hasta el año 2005 con la ratificación de 154 países, excepto Estados Unidos que en el año 2001, encabezado por el presidente George W. Bush, rechazó los lineamientos del protocolo por ir en contra de sus propios intereses (Naciones Unidas, 1998).

En el año 2002 tuvo lugar la Cumbre de Johannesburgo centrada en el desarrollo sustentable que manejo temas clave como pobreza, derechos humanos, gestión de recursos naturales y globalización (Gao, 2008). Veinte años después de la Cumbre de Río, se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible denominada "Río +20", que reunió a diferentes líderes mundiales, representantes del sector privado y a organizaciones no gubernamentales para deliberar sobre las medidas que se deben tomar en torno a la sustentabilidad (Naciones Unidas, 2012). Si bien, la convocatoria Río +20 reavivó las esperanzas de avanzar en la transición a una sociedad global sustentable, las barreras todavía dominan la agenda pública de muchos países, que en algunos casos, parecen ignorar la problemática (Guimarães & Fontoura, 2012). A mediados del 2015 fue presentado el informe "Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) de las Naciones Unidas", documento que presenta la evaluación del avance y los logros de cada país y del mundo, con respecto a los "Objetivos del Milenio" propuestos en el año 2000. Si bien, se lograron avances en determinados aspectos, aún queda un gran trabajo por hacer en áreas como pobreza, concentración de la riqueza, contaminación, pérdida de la biodiversidad y calentamiento global (Naciones Unidas, 2015).

Finalmente, en diciembre de 2015 se llevó a cabo en París la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, también llamada COP21. Por primera vez, 195 países establecen un acuerdo que ratifica su compromiso con el medio ambiente. Uno de los principales objetivos acordados fue mantener el aumento de la temperatura promedio mundial por debajo de 2°C. A pesar de que Estados Unidos y China formaron parte de este acuerdo en un inicio, solo está última ratificó su compromiso de cumplimiento pues a

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

mediados del año 2017, el presidente de Estados Unidos, Donald Trump, anunció su salida del acuerdo de París y condicionó su regreso bajo una nueva negociación (Kelemen & Knievel, 2016). Lo anterior significó un retroceso en la protección al medio ambiente pues de acuerdo a cifras oficiales del Banco Mundial (2014), tan sólo Estados Unidos es responsable del 15% de las emisiones de carbono en el mundo. Las Naciones Unidas (2015), en su Informe de Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015, expresa que el camino para alcanzar un Desarrollo Sustentable es garantizando el cumplimiento de sus tres dimensiones, económica, social y medio ambiental, lo cual se traduce en la promoción de un desarrollo económico que asegure el bienestar de la sociedad y proteja al medio ambiente. La dimensión ambiental constituye el área que mayor interés ha generado en la agenda política internacional, pues con la intervención de diferentes órganos internacionales se han emprendido diversas iniciativas para el direccionamiento de las estrategias mundiales en materia de cuidado ambiental, lo que ha significado el establecimiento de leyes y normas para la regulación del uso de recursos naturales, labor realizada por gobiernos de cada país.

Con la puesta en marcha de una normatividad, la protección al medio ambiente ha demandado un mayor interés por parte de diferentes sectores de la sociedad, especialmente el de la empresa privada. En los últimos años, el número de entidades económicas alrededor del mundo que tiene implementada una gestión ambiental va en aumento, sin embargo, la proyección aun es limitada, situación que representa un claro contraste al discurso político (Nidumolu, Prahalad, & Rangaswami, 2009) y pone en tela de juicio el verdadero compromiso de cada país con el cuidado al medio ambiente, pues no es suficiente tener una legislación sino se cuenta con los mecanismos necesarios para garantizar su correcto cumplimiento. Investigaciones anteriores ponen en evidencia los impactos positivos que estrategias de gestión ambiental han suscitado dentro de las organizaciones y en su imagen pública (Cuevas Zúñiga, Rocha Lona, & Soto Flores, 2015). En vista de estos beneficios, existe un grupo reducido de compañías, especialmente grandes corporaciones, que han emprendido acciones que van más allá cumplimiento legal, con el fin vincular la sustentabilidad dentro sus estrategias empresariales, propósito conocido bajo el concepto de “Responsabilidad Social Empresarial”, el cual de manera activa y voluntaria alienta a las empresas a destinar esfuerzos que contribuyan a la sociedad, al bienestar económico y a la protección del medio ambiente (Babiak & Trendafilova, 2011).

### Conceptualización de la Gestión Ambiental

La gestión ambiental constituye uno de los tres ejes estratégicos de la sustentabilidad y está definida como una estrategia encaminada en el desarrollo y puesta en marcha de procedimientos orientados a la conservación del medio ambiente y al aseguramiento de la calidad de vida de la sociedad (Cuevas Zúñiga et al., 2015). En los últimos años, la gestión ambiental ha tomado una relevancia cada vez mayor en las políticas y planes de cada país, pues su cumplimiento es pieza fundamental en la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo económico, desarrollo social y la protección del medio ambiente. De esta manera, la gestión

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

ambiental se convierte en un asunto concerniente a todas las esferas de la sociedad, ciudadanos, empresas, gobiernos, organismos internacionales y organizaciones no gubernamentales (Barrow, 2006). A pesar de esta responsabilidad compartida, el grado de compromiso de cada actor de la sociedad dependerá de la apropiación y daño que este ocasione a los recursos naturales.

Las empresas en su conjunto, representan el sector que mayor impacto negativo genera al medio ambiente (Vega Campos, Medina Jiménez, & Vega Juárez, 2013), situación que las involucra seriamente en el establecimiento de estrategias relacionadas con el cuidado del medio ambiente. Dentro de las acciones llevadas a cabo por el sector empresarial encontramos diversas iniciativas conocidas como prácticas ambientales. De acuerdo a Lorenzen (2016), las prácticas ambientales hacen referencia al ejercicio continuado o habitual de actividades enfocadas en la reducción del impacto ambiental negativo generado por los procesos productivos. El tipo de prácticas ambientales que una organización puede adoptar estará relacionado directamente con su actividad económica y con la problemática ambiental derivada de esta. Por ejemplo, en empresas del sector primario de la economía es común el establecimiento de programas para el manejo eficiente de residuos orgánicos y el ahorro de agua; en el sector secundario, el uso de energías limpias, el control de emisión de gases efecto invernadero y la construcción de edificios verdes; y por último, el ahorro de energía y el uso de transporte amigable con el medio ambiente en el sector terciario (Babiak & Trendafilova, 2011). La implementación de una gestión ambiental en las organizaciones está conformada por dos niveles complementarios:

El primer nivel corresponde a los mecanismos establecidos por el gobierno a través de leyes, reglamentos, normas y licencias ambientales; algunos de ellos de carácter obligatorio y otros de manera voluntaria (Rivas Marín, 2011).

En el segundo nivel se encuentran los sistemas de gestión ambiental (SGA) promovidos por entidades externas; son de carácter voluntario y su objetivo principal es la difusión de mecanismos de gestión en materia ambiental (Vega Campos et al., 2013).

Desde otra perspectiva, la adopción de prácticas ambientales a nivel empresarial contribuye no solo a generar un impacto positivo en el medio ambiente, también trae consigo, en algunos casos, un ahorro en costos, beneficios de tipo fiscal y la promoción de una buena imagen y reputación corporativa (Cuevas Zúñiga et al., 2015).

### Normatividad Ambiental Mexicana

El gobierno mexicano como ente regulador ha sido promotor de diversas leyes que buscan vigilar y controlar el uso de los recursos ambientales del país. Dentro de las leyes más relevantes que se han promulgado se encuentran:

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Medio Ambiente (1988, reformas 2013).

Ley General de Vida Silvestre (2000, reformas en 2013).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2013, reformas en 2013).

Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001, reformas en 2012) entre otras.

Para garantizar el cumplimiento de estas leyes, México cuenta con diferentes entidades encargadas, empezando por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), conformada por los siguientes organismos:

Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

A pesar de contar con este marco legal e institucional, México aún tiene un gran camino por recorrer en materia de gestión ambiental (Sánchez & Perevochtchikova, 2012), pues se tiene evidencia del gran deterioro ocasionado por las actividades productivas al medio ambiente. Por ejemplo, de acuerdo a cifras oficiales de la SEMARNAT (2016), de 1950 a 2014, se ha disminuido la disponibilidad del agua per cápita de 17,74 m<sup>3</sup> por habitantes por año a 3,74 lo cual significa una reducción de casi un 79% en los últimos 65 años. Por otro lado, durante el periodo de 1990 a 2010, las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) aumentaron un 33.4% con respecto al año base 1990 (SEMARNAT, 2013), un aumento significativo y preocupante si se tiene en cuenta que el efecto invernadero intensivo, generado por los GEI, es el principal causante del calentamiento global. Dentro de los programas voluntarios llevados a cabo en torno al desarrollo sustentable y la protección al medio ambiente se encuentra el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). La creación de esta iniciativa voluntaria obedeció a la necesidad de vincular a las empresas dentro una cultura ambiental que avale mediante una certificación que sus operaciones sean realizadas bajo una serie de lineamientos permitidos. Las certificaciones existentes son (PROFEPA, 2015):

Industria Limpia: para empresas manufactureras

Calidad Ambiental: enfocada a empresas de servicios

Calidad Ambiental Turística: para empresas pertenecientes al sector turismo.

A pesar de que el programa ha estado en operación por más de 20 años, al día de hoy, cuenta únicamente con 4,000 empresas registradas en las diferentes certificaciones (PROFEPA, 2016). Es decir, tan sólo un 0.1% del total de empresas nacionales, según los datos proporcionados por el INEGI en su Boletín de prensa núm. 285/16, pertenecen al programa (INEGI, 2016), cifra que refleja una ausencia de cultura ambiental en las empresas mexicanas.

La gestión ambiental, como ya se mencionó, es pieza fundamental de la sustentabilidad, por ende, su implementación a nivel empresarial no solo representa una estrategia para reducir

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

el impacto negativo al medio ambiente, también es un camino hacia el desarrollo sustentable. Es necesario que la gestión ambiental sea vista como una ventaja competitiva y no solo como una obligación legal para las empresas (Álvarez, Velázquez, & Vargas-Hernández, 2012). Sin embargo, es claro que el actuar de manera voluntaria no ha sido un motivante suficiente para las organizaciones, por lo tanto, se requiere que la adopción de este tipo de prácticas esté condicionada a un compromiso y no a las buenas intenciones de los empresarios. En ese orden de ideas, es indispensable que se reconsideren ciertos aspectos de normatividad ambiental actual, con el fin de identificar los vacíos existentes en materia de regulación y reforzar los mecanismos para su correcta aplicación en las empresas. De igual manera, es necesario estudiar la dinámica de las empresas mexicanas para comprender su contexto y hacerlas partícipes del establecimiento de las estrategias.

### Sistemas de Gestión Ambiental

Los Sistemas de manejo o de gestión ambiental conocidos como EMS en inglés (Environmental Management System) o SGA en español (Sistema de Gestión Ambiental) son un conjunto planeado y coordinado de acciones administrativas, procedimientos operativos, documentación y registros, implementados por una estructura organizacional, con el objetivo de proteger al medio ambiente mediante la reducción de los efectos ambientales adversos generados por actividad empresarial (Rivas Marín, 2011; Van Hoof, Monroy, & Saer, 2008).

Los SGA establecen una metodología para incorporar en los negocios y la planeación empresarial una estrategia ambiental, variable que ha estado ausente durante muchos años y que al día de hoy, más que una necesidad legal, es también un requerimiento del mercado (Moreno Freites, 2008; Vega Campos et al., 2013). Dentro de los factores clave para la implementación de un sistema de gestión ambiental en una empresa se encuentra el compromiso de la gerencia y sus colaboradores. En la medida que el SGA se asuma como una parte fundamental del negocio y se haga efectivo bajo un estricto control y mejora continua, puede llegar a convertirse en un factor clave para aumentar la productividad y competitividad de la organización (Van Hoof et al., 2008).

En la actualidad existen diferentes modelos de SGA, dentro de los que más se destacan en la literatura se encuentran: el Modelo de Gestión Ambiental de Winter (Alemania), el Modelo de la Cámara de Comercio Internacional, el Sistema de Gestión Ambiental de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la Norma Ekoscan y el Reglamento Europeo EMAS III; siendo estos tres últimos los de carácter certificable.

**ISO 14001:** Esta serie está constituida por normas que sirven como referencia a nivel internacional sobre administración, medición, evaluación y auditoría ambiental. La implantación de la ISO 14001 sigue un proceso sistemático y cílico de mejora continua, denominado ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).

**Norma Ekoscan:** Esta norma, más que un sistema de gestión medioambiental, es una base para la certificación de un sistema de tipo ISO 14000 o cualquier otro sistema.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Reglamento Europeo EMAS III:** El Reglamento Europeo EMAS III (Eco-Management and Audit Scheme) o Sistema Comunitario y Auditoría Medio Ambiental (SCGAM) es un mecanismo voluntario para que las empresas y organizaciones evalúen, gestionen y mejoren su desempeño en materia ambiental. La denominación de comunitario se debe a que es un sistema de gestión que nace dentro de la Unión Europea, aprobado en 1993, implementado desde 1995 y revisado y actualizado en 2001.

### Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) o Greenhouse Gases en inglés son componentes gaseosos de la atmósfera cuya función es absorber y emitir radiación en determinadas longitudes de onda dentro del rango infrarrojo, propiedad responsable del efecto invernadero (IPCC, 2007).

Aproximadamente un tercio de la energía solar que llega a la atmósfera terrestre se regresa al espacio, el resto, es absorbido principalmente por la superficie. De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) debe existir un equilibrio entre la energía absorbida por la tierra y la que esta debe irradiar vuelta al espacio, debido a sus bajas temperaturas, gran parte de esta radiación es absorbida por la atmósfera, fenómeno que se conoce como efecto invernadero. De manera análoga a la reducción del flujo de aire y el aumento de la temperatura en el interior de un invernadero, la tierra mediante un proceso físico conocido como efecto invernadero mantiene caliente su superficie. Gracias a este fenómeno que ocurre de manera natural en la atmósfera, es posible que exista la vida tal y como la conocemos en el planeta; de lo contrario, la temperatura media en la superficie de la tierra sería por debajo del punto de congelación del agua, inferior a los  $-18^{\circ}\text{C}$  (INECC, 2016). Los gases de efecto invernadero responsables de la absorción eficaz de radiación infrarroja son emitidos a la atmósfera a través de dos tipos de fuentes: naturales y antropógenas o antropogénicas, es decir, derivadas de la acción del hombre. Paralelo al crecimiento poblacional y al desarrollo económico e industrial, la emisión a la atmósfera de gases efecto invernadero resultado de actividades humanas ha aumentado excesivamente originando el denominado efecto invernadero intensificado. Este fenómeno se traduce en un aumento de la temperatura de la superficie de la tierra, situación que ha desencadenado otra problemática mundialmente conocida como calentamiento global (SEMARNAT, 2013). En vista de esta situación, desde hace varias décadas organizaciones internacionales como Naciones Unidas han emprendido diversas iniciativas para el establecimiento de medidas encaminadas en combatir el cambio climático, siendo una de estas la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), entrada en vigor el 21 de marzo de 1994.

Dentro de los objetivos principales de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se encuentra trabajar en la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a nivel que no contribuya al aumento desproporcionado de la temperatura de la tierra (SEMARNAT, 2013). Dentro de la CMNUCC está el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), principal organismo internacional encargado de la elaboración y

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

difusión de las metodologías y directrices para la realización del Programa de Inventarios Nacionales sobre GEI que cada país debe hacer. En el año de 1997, resultado de la III Conferencia sobre Cambio Climático llevada a cabo por la CMUNCC se estableció un acuerdo internacional conocido como Protocolo de Kioto con el objetivo de reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. De acuerdo al Anexo A de dicho protocolo (Naciones Unidas, 1998), los seis principales GEI son:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Cada gas de efecto invernadero tiene un impacto diferente a la atmósfera, es decir no todos absorben y emiten radiación en la misma cantidad. El grado de esta contribución se conoce como Índice Potencial de Calentamiento Global (PCG) o GWP (acrónimo del inglés Global-Warming Potential), definido por el IPCC como:

*“Índice que mide el forzamiento radiativo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto GEI, en un plazo de tiempo dado, comparado con el causado por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)”* (IPCC, 2014, p. 21)

De acuerdo al Segundo Informe de Evaluación del IPCC (1995), los índices Potenciales de calentamiento (conversión a CO<sub>2</sub> eq.) de cada GEI son:

**Tabla 1. Índice Potencial de Calentamiento Global**

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento (horizonte a 100 años)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
HFC-152a	140
HFC-143	300
HFC-245ca	560
HFC-32	650
HFC-134a	1,300

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

HFC-43-10mee	1,800
HFC-125	2,800
HFC-227ea	2,900
HFC-143a	3,800
HFC-236fa	6,300
HFC-23	11,700
CF4	6,500
C2F6	9,500
SF6	23,900

Fuente: IPCC (1995).

En vista de esta situación y con el objetivo de realizar una comparación objetiva de la contribución de cada gas a la atmósfera, la contabilización de las emisiones de cada uno se realiza en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq.), cuyo cálculo consiste en multiplicar la cantidad de emisiones cada gas por su valor de potencial de calentamiento global (IPCC, 2006).

### Medición de GEI en México

Dentro de los compromisos acordados por los 196 países firmantes de la CMNUCC, incluido México, se encuentra la presentación de un inventario nacional de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, utilizando metodologías desarrolladas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) (SEMARNAT, 2013). Con respecto a los métodos usados en la estimación, las Directrices del IPCC (2006) establecen tres enfoques:

Nivel 1, correspondiente a métodos básicos.

Nivel 2, es el nivel intermedio.

Nivel 3, el más exigente en términos de complejidad y requisitos de datos.

Al día de hoy, mayoría de los países poseen un rezago en los procedimientos de medición de gases de efecto invernadero, sobre todo para sectores como la agricultura, la silvicultura y el uso de la tierra, situación que los obliga utilizar metodologías del Nivel 1 (SEMARNAT, 2013). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2015), las principales debilidades en la estimación del inventario

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

nacional de gases de efecto invernadero de cada país radica en la calidad de los datos estadísticos y en las carencias a nivel institucional.

En el caso particular de México, no se llevan a cabo mediciones de GEI emitidos por fuentes fijas y de área, además, no se cuenta con factores de emisión nacionales, por lo tanto, se utilizan los valores por defecto del IPCC. Aunque se han logrado avances relevantes, cada categoría de emisión cuenta serios vacíos y necesidades en materia de información e investigación (SEMARNAT, 2013). En el sector de Energía [1] en México, por ejemplo, no se cuenta con un análisis desglosado del consumo de combustibles por tipo de tecnología, por ende, se lleva a cabo una estimación general. Por otro lado, en el grupo de Agricultura [4], donde la fuente clave de emisión es la actividad de fermentación entérica [4A], la metodología de emisión empleada es de tipo 1, resultado de la carencia de información suficiente acerca de las características de los tipos de ganado, tales como: peso promedio, aumento de peso, ingesta, alimentación y tasa de conversión ingesta-metano. Situación similar ocurre con la subcategoría de suelos agrícolas [4D], donde las emisiones estimadas también siguen un patrón tipo 1 debido a la falta de conocimiento sobre la fracción de nitrógeno generada por excrementos de origen animal durante el pastoreo (SEMARNAT, 2013). Este tipo de limitantes acotan el correcto desarrollo del inventario de gases de efecto invernadero, pues a pesar de que el INECC hace uso de datos de información secundaria provenientes entidades internacionales, los resultados finales pueden estar alejados del contexto nacional.

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) más reciente fue publicado en 2013, correspondiente al periodo comprendido entre 1990 y 2010. El informe presenta las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros de los seis GEI incluidos en el Protocolo de Kioto, para cinco de las seis categorías de emisión establecidas por el IPCC, siendo el faltante la categoría de Solventes [3], que sólo emite gases precursores de ozono. Para la realización del INEGEI, el Gobierno de México cuenta con la Coordinación del Programa de Cambio Climático perteneciente al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el cual a su vez hace parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La estimación de las emisiones y la posterior integración de los informes de cada categoría de emisión es un trabajo colaborativo entre el INECC y varios especialistas de las siguientes instituciones:

Biosfera Tlalli, A.C.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

Comisión Nacional Forestal (CO-NAFOR)

Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI-UNAM)

Pronatura México, A.C.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Gases de Efecto Invernadero en México

De acuerdo al inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) publicado en 2013, los siguientes datos corresponden a las emisiones de cada GEI para el año 2010.

**Bióxido de carbono:** Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron de 493,450.6 Gg en 2010, con una contribución de 65.9% al total del inventario y con un incremento de 23.6% con respecto a 1990. Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CO<sub>2</sub> en 2010 son: transporte con 31.1%, generación eléctrica con 23.3%, manufactura y construcción con 11.4%, consumo propio de la industria energética con 9.6%, conversión de bosques y pastizales con 9.2% y otros (comercial, residencial y agropecuario) con 6.7% (SEMARNAT, 2013).

**Metano:** En 2010, las emisiones de CH<sub>4</sub> fueron de 7,938.9 Gg, lo que representa un incremento de 59.8% con respecto a 1990. Los sectores con mayor contribución porcentual de emisiones de CH<sub>4</sub> en 2010 son: emisiones fugitivas por petróleo y gas natural con 45.9%; fermentación entérica con 22.8%; eliminación de desechos sólidos con 13.3%; tratamiento y eliminación de aguas residuales con 11.1%, y emisiones fugitivas por combustibles fósiles con 3.9% (SEMARNAT, 2013).

**Óxido nitroso:** En 2010, las emisiones de N<sub>2</sub>O fueron de 223.0Gg, lo que representa un incremento de 23.1% con respecto a 1990. La principal contribución proviene de los suelos agrícolas con 67.2%, seguida por transporte con 18.2%; manejo de estiércol con 9.3%, y tratamiento y eliminación de aguas residuales con 2.8%. En conjunto, representan 97.5% de las emisiones de N<sub>2</sub>O en 2010. En suelos agrícolas las emisiones provienen primordialmente del manejo de excretas y el uso de fertilizantes nitrogenados (SEMARNAT, 2013).

**Hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruros de azufre (SF<sub>6</sub>):** En 2010, las emisiones de HFC totalizaron 18,692.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq., lo que representa un incremento de 2,307% con respecto a 1990. Dicho incremento es reflejo de un mayor uso de HFC en refrigeradores y aires acondicionados de industrias, viviendas y automóviles, en sustitución de los clorofluorocarbonos (CFC) controlados por el Protocolo de Montreal4 y cuyo uso está restringido en el mundo (SEMARNAT, 2013).

### Fuentes de emisión de GEI en México

De acuerdo al IPCC en su documento “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, las fuentes antropogénicas de emisión de gases de efecto invernadero están categorizadas en cinco grandes sectores: energía, procesos industriales y uso de productos, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) y desechos (IPCC, 2006). A su vez, cada fuente de emisión está conformada por las siguientes subcategorías IPCC (2006).

**Tabla 2. Subcategorías sector Energía [1]**

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Categoría	Clave IPCC	Subcategoría
1. Energía	<b>1A</b>	<b>Consumo de combustibles fósiles</b>
	1A1	- Industrias de la energía
	1A2	- Manufactura e industria de la construcción
	1A3	- Fuentes móviles de combustión (transporte)
	1A3a	- Transporte automotor
	1A3b	- Transporte aéreo
	1A3c	- Transporte ferroviario
	1A3d	- Transporte marítimo
	1A4	- Otros sectores
	1A4a	- Sector comercial
	1A4b	- Sector residencial
	1A4c	- Sector agropecuario
	<b>1B</b>	<b>Emisiones fugitivas</b>
	1B1	- Combustibles sólidos
	1B2	- Industria del petróleo y gas natural

Fuente: IPCC (2006).

**Tabla 3. Subcategorías sector Procesos Industriales [2]**

Categoría	Clave IPCC	Subcategoría
2. Procesos Industriales	<b>2A</b>	<b>Industria de los minerales</b>
	2A1	- Producción de cemento
	2A2	- Producción de cal
	2A3	- Uso de caliza y dolomita
	2A4	- Producción y uso de carbonato de sodio
	2A5	- Material asfáltico para techos
	2A6	- Pavimentación asfáltica
	2A7	- Vidrio

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

<b>2B</b>	<b>Industria Química</b>
2B1	- Producción de amoníaco
2B2	- Producción de ácido nítrico
2B3	- Producción de ácido adípico
2B4	- Producción de carburos
2B5	- Otros
<b>2C</b>	<b>Industria de los metales</b>
2C1	- Producción de hierro y acero
2C2	- Producción de ferroaleaciones
2C3	- Producción de aluminio
2C4	Uso de hexafluoruro de azufre en fundidoras de aluminio y magnesio
<b>2D</b>	<b>Otros procesos industriales</b>
2D1	- Celulosa y papel
2D2	- Alimentos y bebidas
<b>2E</b>	<b>Producción de halocarbonos</b>
2EA	- Emisiones como residuos o subproductos
2EB	- Emisiones fugitivas
<b>2F</b>	<b>Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre</b>
2F1	- Consumo de halocarbonos
2F2	- Consumo de hexafluoruro de azufre

Fuente: IPCC (2006).

**Tabla 4. Subcategorías sector Agricultura [4]**

Categoría	Clave IPCC	Subcategoría
4. Agricultura	<b>4A</b>	<b>Fermentación entérica</b>
	<b>4B</b>	<b>Manejo de estiércol</b>
	<b>4C</b>	<b>Cultivo de arroz</b>
	<b>4D</b>	<b>Manejo de suelos agrícolas</b>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

	<b>4E</b>	<b>Quema prescrita de sabanas</b>
	<b>4F</b>	<b>Quema en campo de residuos agrícolas</b>

Fuente: IPCC (2006).

**Tabla 5. Subcategorías sector Uso del suelo, cambio de uso suelo y silvicultura (USCUSS) [5]**

Categoría	Clave IPCC	Subcategoría
5. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura	<b>5A</b>	<b>Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa</b>
	5A1	- Bosques tropicales
	5A2	- Bosques templados
	5A3	- Bosques boreales
	5A4	- Pastizales, sabana tropical y tundra
	5A5	- Otros
	<b>5B</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión de bosques y pastizales</b>
	5B1	- Bosques tropicales
	5B2	- Bosques templados
	5B3	- Bosques boreales
	5B4	- Pastizales, sabana tropical y tundra
	5B5	- Otros
	<b>5C</b>	<b>Captura por abandono de tierras manejadas</b>
	5C1	- Bosques tropicales
	5C2	- Bosques templados
	5C3	- Bosques boreales
	5C4	- Pastizales, sabana tropical y tundra
	<b>5D</b>	<b>Emisiones y remociones de CO<sub>2</sub> de los suelos</b>

Fuente: IPCC (2006).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Tabla 6. Subcategorías sector Desechos [6]**

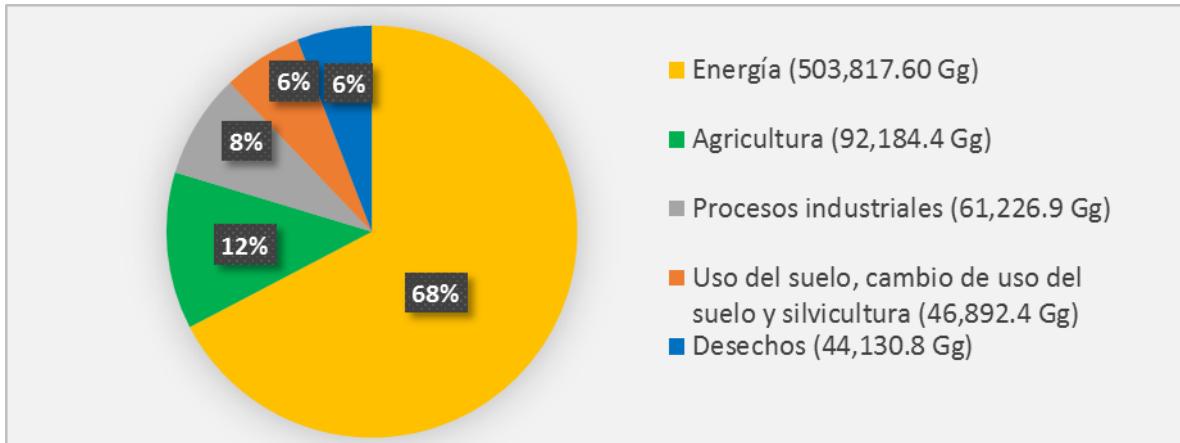
Categoría	Clave IPCC	Subcategoría
6. Desechos	<b>6A</b>	<b>Eliminación de desechos sólidos</b>
	6A1	- Sitios de eliminación de desechos gestionados
	6A2	- Sitios de eliminación de desechos no gestionados
	6A3	- Sitios de eliminación de desechos no categorizados
	<b>6B</b>	<b>Tratamiento biológico de los desechos sólidos</b>
	<b>6C</b>	<b>Incineración e incineración abierta de desechos</b>
	6C1	- Incineración de desechos
	6C2	- Incineración abierta de desechos
	<b>6D</b>	<b>Tratamiento y eliminación de aguas residuales</b>
	6D1	- Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales
	6D2	- Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Fuente: IPCC (2006).

De acuerdo al “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010” publicado por la SEMARNAT (2013), la contribución de las emisiones de los GEI de las diferentes categorías en términos de CO<sub>2</sub> equivalente en 2010 es la siguiente: Energía representó 67.3% (503,817.6 Gg); Agricultura, 12.3% (92,184.4 Gg); Procesos industriales, 8.2% (61,226.9 Gg); Uso del suelo, cambio uso de suelo y silvicultura, 6.3% (46,892 Gg), y Desechos, 5.9% (44,130.8 Gg).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Gráfico 1. Emisiones de GEI por sector es en México.



Fuente: SEMARNAT (2013).

Las emisiones totales en el territorio nacional de GEI han tenido un aumento significativo en los últimos años. Para 1990 fueron de 561,035.2 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente, mientras que para el año 2010 presentaron una cifra de 748,252.2 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente. En resumen, durante el periodo de 1990-2010, las emisiones totales aumentaron 33.4% con respecto al año base 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5% (SEMARNAT, 2013). De acuerdo al informe oficial del INEGEI (2013), estas cifras reflejan los cambios en la producción y consumo de combustibles fósiles que ha experimentado México durante las transformaciones económicas y sociales de las últimas décadas. Desde 1990 a 2010, periodo analizado por el INEGEI, actividades emisoras de GEI tales como, producción agrícola, pecuaria, silvícola, industrial y de servicios, y de aquellas relativas al uso del suelo en el país, han experimentado cambios sustanciales como la adquisición de nuevas tecnologías, la sobreexplotación del suelo agrícola y la aparición de esquemas de producción masiva (Salazar Arriaga, 2013).

Las cifras presentadas anteriormente refuerzan lo discutido en los apartados anteriores, es decir, la importancia de implementar una gestión ambiental eficiente en las empresas. Partiendo del principio de Pareto, donde el 20% de las causas resuelven el 80% del problema, es necesario enfocar los esfuerzos en aquellas empresas que generen el mayor impacto negativo al medioambiente, por ejemplo, las pertenecientes a los sectores de mayor emisión de gases de efecto invernadero. El sector agropecuario es el segundo mayor emisor de GEI a la atmósfera, situación que lo hace una de las actividades económicas más contaminantes y un foco de atención para el desarrollo de estrategias que le faciliten la adopción de una gestión ambiental.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Conclusiones

A pesar de que el desarrollo sustentable ha sido un concepto que ha venido trabajando la agenda política internacional desde hace varias décadas, aún queda un gran camino por recorrer, principalmente, en materia medio ambiental. Muchos han sido los acuerdos que han resultado de las cumbres internacionales organizadas bajo la premisa de proteger el medio ambiente, pero pocos han sido los países que verdaderamente se han comprometido con este ideal mediante el establecimiento de medidas eficientes para disminuir su impacto negativo.

Se pudo examinar la conceptualización de la gestión ambiental como una estrategia para proteger al medio ambiente y contribuir al desarrollo sustentable. Para lograr lo anterior, en el caso mexicano existen diversas herramientas empezando por la normatividad legal, certificaciones ambientales y los sistemas de gestión ambiental. La aplicación de una gestión ambiental resulta una labor de diferentes esferas de la sociedad, sin embargo, al ser las empresas las principales fuentes generadoras de impactos negativos al medio ambiente, su responsabilidad con dicha actividad prevalece sobre la de cualquier ciudadano común. Además de este compromiso, se tiene evidencia de los múltiples beneficios que trae consigo la aplicación de una gestión ambiental en las empresas como lo son el ahorro de costos, de tipo fiscal y de promoción de una buena imagen y reputación corporativa. Por consiguiente, la aplicación de una gestión ambiental en el caso de las empresas además de urgente resulta necesario y positivo debido a sus implicaciones a nivel interno y externo de la organización. El número de empresas que han tomado conciencia respecto a su compromiso ambiental mediante la implementación de un sistema de gestión ambiental ha ido en aumento, sin embargo, la proyección aún es muy limitada a empresas grandes, manteniéndose al margen las micro, pequeñas y medianas empresas. Esta situación refleja la necesidad de capacitar a las empresas y establecer los mecanismos para garantizar la adopción paulatina de prácticas ambientales por parte de estas, decisión que debe estar condicionada al logro de un motivante y no solo a una obligación legal o a las buenas intenciones de los empresarios.

De acuerdo a la información presentada, la emisión de gases de efecto invernadero constituye uno de los principales desencadenadores de problemas en el medio ambiente como lo es el calentamiento global. No obstante, las medidas que se han tomado hasta ahora no han sido suficientes para reducir su impacto negativo, por el contrario, se tiene evidencia que este ha aumentado con el paso de los años.

### 4. Referencias

Álvarez, L. V., Velázquez, & Vargas-Hernández, J. G. (2012). La sustentabilidad como modelo de desarrollo responsable y competitivo. *Revista Ingeniería de Recursos Naturales Y Del Ambiente*, (11), 97–107.

Babiak, K., & Trendafilova, S. (2011). CSR and environmental responsibility: motives and

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

pressures to adopt green management practices. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 18(1), 11–24. <https://doi.org/10.1002/csr.229>

Banco Mundial. (2014). Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt). Retrieved June 12, 2017, from [http://datos.bancomundial.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?year\\_high\\_desc=true](http://datos.bancomundial.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?year_high_desc=true)

Barrow, C. J. (2006). *Environmental management for sustainable development* (2nd ed.).

Baylis, J., & Smith, S. (2005). *The globalization of world politics – An introduction to international relations*. Oxford University Press (3rd ed., Vol. 1).

Cuevas Zúñiga, I. Y., Rocha Lona, L., & Soto Flores, M. del R. (2015). Incentivos, motivaciones y beneficios de la incorporación de la gestión ambiental en las empresas. *Universidad & Empresa*, 18(30), 121–141.

FAO. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura*.

Gao, J. (2008). *The evolution of business sustainability: historical trajectory and structural relationships*. University of Western Ontario London,.

Guimarães, R. P., & Fontoura, Y. S. D. R. Da. (2012). Rio + 20 ou Rio-20 ? Crônica de um fracasso anunciado. *Ambiente & Sociedade*, 3(Febrero), 19–39.

INECC. (2016). Gases y compuestos de efecto invernadero. Retrieved June 8, 2017, from <http://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

INEGI. (2016). *Boletín De Prensa Núm. 285/16*.

IPCC. (1995). *Segunda evaluación Cambio Climático 1995*.

IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. *Nature* (Vol. 446). <https://doi.org/10.1038/446727a>

Kelemen, R. D., & Knievel, T. (2016). The United States, the European Union, and international environmental law: The domestic dimensions of green diplomacy. *Oxford University Press*, 13(4), 945–965. <https://doi.org/10.1093/icon/mov057>

Lorenzen, J. A. (2016). Going Green. *Sociological Forum*, 27(1), 94–116.

Moreno Freites, Z. (2008). Gestión ambiental: una estrategia empresarial y una herramienta para la conservación de nuestro entorno natural. *Revista Científica Teorías, Enfoques Y Aplicaciones En Las Ciencias Sociales*, 1(1), 95–113.

Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*.

Naciones Unidas. (2012). Naciones Unidas Rio+20 El futuro que queremos. Retrieved October 26, 2016, from <http://www.un.org/es/sustainablefuture/about.shtml>

Naciones Unidas. (2015). *Informe Objetivos de Desarrollo del Milenio de 2015*. Naciones

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Unidas. <https://doi.org/10.1108/17427370810932141>

Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2009). Why sustainability is now the key driver of innovation. *Harvard Business Review*, 87(9), 57–64.

PROFEPA. (2015). Programa Nacional de Auditoría Ambiental. Retrieved October 26, 2016, from

[http://www.profepa.gob.mx/mx/programa\\_nacional\\_de\\_auditoria\\_ambiental.html](http://www.profepa.gob.mx/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.html)

PROFEPA. (2016). La ley al servicio de la naturaleza. Retrieved November 23, 2016, from [http://www.profepa.gob.mx/v/26/1/mx/programa\\_nacional\\_de\\_auditoria\\_ambiental.html](http://www.profepa.gob.mx/v/26/1/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.html)

Redclift, M. (2005). Sustainable development (1987–2005): an Oxymoron Comes of Age. *Wiley InterScience*, 227(July), 212–227.

Rivas Marín, M. I. (2011). Modelo de sistema de gestión ambiental para formar universidades ambientalmente sostenibles en Colombia. *Revista Gestión Y Ambiente*, 14(1), 151–162. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/27592/1/25453-89516-1-PB.pdf%5Cnhttp://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25453>

Salazar Arriaga, H. C. (2013). Las funciones del sector agropecuario y rural de México deben replantearse. *Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.*, XVII, 393–395.

Sánchez, A. T., & Perevochtchikova, M. (2012). La gestión del agua y el desarrollo de indicadores ambientales en México y Canadá: un análisis comparativo. *Journal of Latin American Geography*, 11(2), 145–165. <https://doi.org/10.1353/lag.2012.0032>

SEMARNAT. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

SEMARNAT. (2016). Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. Retrieved from <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores16/index.html>

Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). *Producción más limpia: paradigma de gestión ambiental*. México: Universidad de los Andes, Alfaomega.

Vega Campos, M. Á., Medina Jiménez, A., & Vega Juárez, M. Y. (2013). Los sistemas de gestión ambiental y su aplicación en la industria agropecuaria de México: una breve revisión del tema. *Entreciencias*, 1(2), 197–210.

World Commision on Environment And Development (WCED). (1987). *Our common future (Brundtland Report)*.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Especies Arbóreas del Estrato Superior en Relictos de Selva Alta Perennifolia en el Municipio de Huehuetla, Hidalgo

Mario Castelán Lorenzo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Profesor-investigador del Área de Agronomía. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco. c.p. 56230. Email: mariocastelan2003@yahoo.com.mx

#### Abstract

The evergreen forests, because of their climatic conditions, have the highest species richness properties of any terrestrial ecosystem, as well as the most developed vegetation type, the most luxuriant and rich in species, often with several hundred species of plants per hectare. Besides a great diversity of fauna, mainly by the climatic conditions that they possess. This ecosystem has a unique importance since they are home to about 70% of the total biodiversity of the planet, are producers of different goods and services for man: food, derived from their woods, oxygen producer, water, etc.

Through a route in the highland forest relics of Huehuetla, Hgo., The main trees were identified, those that, due to their size in height and normal diameter, stood out from the rest of trees. Twenty - three species of trees were found in relics of high perennial forest in the municipality of Huehuetla, Hidalgo, whose importance is that they are unique specimens, making them important for their conservation.

**Key Words:** Evergreen forest, biodiversity, conservation

#### 1. Introducción

El municipio de Huehuetla se ubica en el corazón de la Sierra Hidalguense, forma parte de la Sierra Madre Oriental, que comprende la franja desde la Sierra de Puebla, Acaxochitlán, la Sierra de Tenango de Doria, Molango, Tlahuiltepa, Tepehuacan de Guerrero, Chapulhuacan, Pisaflores; hasta limitar con la sierra de Querétaro. Según Miranda y Hernández X. (1963), el tipo de vegetación de Huehuetla es selva alta perennifolia. Este tipo de vegetación corresponde al clima al cual ni la falta de agua ni la de calor constituye factores limitantes del desarrollo de las plantas a lo largo de todo el año.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Las selvas son ecosistemas dominados por árboles generalmente muy densos, con una abundancia de bejucos y plantas epífitas. Los árboles del estrato superior miden más de 30 m de alto y con cierta frecuencia alcanzan los 65 o 75 m con fustes muy largos y limpios con ramas situadas por lo común en el extremo superior del tronco y copas redondeadas o ampliamente piramidales. Son muy frecuentes los contrafuertes bien desarrollados y amplios (Pennington y Sarukhán 2005). Particularmente en una selva, el estrato superior está formado por las copas de los árboles más altos (dominantes o emergentes) y su principal Importancia es para el mantenimiento de la biodiversidad en general, como soporte, sobre todo por la gran cantidad de musgo, líquenes, plantas epífitas y enredaderas ahí presentes. Así el principal objetivo de este trabajo es identificar y caracterizar los principales árboles de relictos de selva alta perennifolia en el Municipio de Huehuetla, Hgo.

### 2. Metodología

A través de un recorrido en los relictos de selva alta perennifolia se fueron identificando los principales árboles, aquellos que, por su tamaño en altura y diámetro normal sobresalían del resto de árboles.

Se recorrió con detalle la región de estudio para ubicar e identificar a los árboles emergentes contando para ello con cámara fotográfica, libreta de campo, GPS, cinta diamétrica, plancheta dendrométrica, clinómetro y machete. Los datos y características que se registraron y anotaron del árbol emergente en cada sitio fueron: nombre común, altura, diámetro normal y diámetro de copa (N-S y E-W), así como observaciones físicas, biológicas y ecológicas, además del número de individuos de la misma especie encontrados en el sitio. Posteriormente se investigó el uso principal de cada árbol, así como su importancia ecológica.

### 3. Resultados

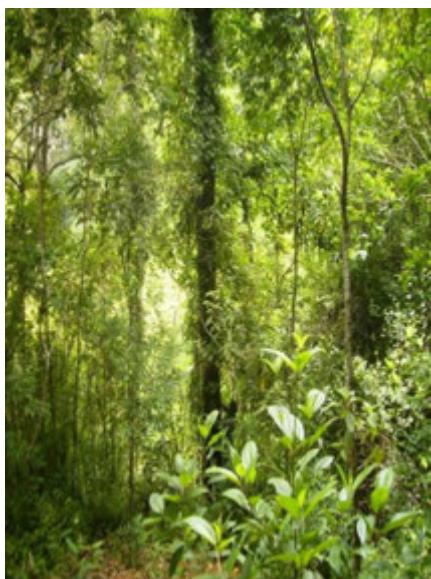
La selva alta perennifolia es aprovechada por los pobladores de las diferentes comunidades que habitan el municipio ya mencionado, forma parte de su patrimonio natural, cultural, económico y alimenticio, por esto es indispensable proteger estos sitios, promoviendo su importancia, función y el uso potencial, pudiendo sensibilizar a la población para minimizar la perturbación causada por los diversos manejos que se le da y a la presión que sufre debido a la cada vez más creciente mancha urbana. En el municipio de Huehuetla, Hidalgo se han encontrado 23 especies diferentes de árboles.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En la zona sur del municipio, cerca del poblado de San Guillermo se encuentran las siguientes especies.

**Especie**

Liquidambar: *Liquidambar macrophylla Oerst*

**Importancia y uso potencial****Ecológicas:**

Especie generadora de agua

**usos****- Maderables:**

Para fabricación de muebles.

**- Medicinal:**

Resina usada en torceduras, heridas y dolor de dientes.

**-Ritual:**

Resina usada en curaciones.

**- Ceremonial:**

Su resina se usa en ceremonias para incienso en día de muertos.

**- Plaguicidas:**

Se ponen ramas en nidos de gallinas para eliminar borucos.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Encino prieto: *Quercus oleoides*



Encino blanco: *Quercus conspersa*



### Biológicas:

- Es un árbol con gran atractivo por el heno, lianas, enredaderas y orquídeas que regularmente lo cubre.

### Ecológicas:

- Debajo de las hojas que tira, crecen hongos comestibles que son aprovechados por las personas del lugar.
- Sus bellotas sirven de alimento para la fauna silvestre.

### Usos

#### - Maderable:

Muy buena calidad, usada para fabricar postes y muebles. También se usa la madera para construcciones. Se produce leña y carbón de alta calidad. Se le usa ocasionalmente para delimitar predios.

#### - Medicinal:

La corteza se usa para enjuagues bucales.

### Ecológicas:

- Sirve de hábitat para abejas meliponas.
- Sus bellotas sirven de alimento para la fauna silvestre.

### Usos

#### - Maderable:

Madera de muy buena calidad, usada para fabricar postes, muebles y construcciones. Se produce leña y carbón de alta calidad. Se le usa ocasionalmente para delimitar predios.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Álamo: *Platanus mexicana Moric.*



Cedro rojo: *Cedrela odorata L.*



### Usos

#### - Medicinal:

Resina para golpes y torceduras.

#### - Maderable.

Por su dureza es muy apreciada para vigas y otras estructuras para la construcción.

#### - Es usado como árbol de sombra.

- Es usado como ornato, por su corteza vistosa y sus hojas.

### Usos

#### - Maderable:

Fabricación de muebles, puertas y vigas.

#### - Medicinal:

Se prepara una infusión con la corteza que sirve para amacizar la dentadura, enjuague para evitar la caída del cabello y la caspa.

#### - Plaguicida:

Con la infusión, se remoja el maíz para evitar plagas.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Chalame: *Ficus cotinifolia*



### Ecológicas:

- Los contrafuertes son ocupados como madrigueras por mamíferos y reptiles.
- Sus frutos son ampliamente consumidos por las aves **Uso**
- Medicinal:  
La infusión de la corteza es usada para tratar problemas intestinales y estomacales.
- Se utiliza la madera para leña.
- Esta especie es utilizada como sombra.

Nogal: *Juglans pyriformis Liebm*



### Ecológicas:

El fruto sirve de alimento para los mamíferos

### Uso

- Medicinal:  
La infusión de las hojas sirve para lavar el pelo cuando hay caspa y teñir las canas.
- Frutos.
- Colorante:  
Con la infusión de la cáscara (corteza) se tiñen costales o carrizos.
- Maderable:  
Su madera es de excelente calidad, considerada preciosa por su color y veteado.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Pagua: *Persea schiedeana* Nees.



### Ecológicas:

-El fruto es consumido por mamíferos y aves.

### Usos

#### - Comestible:

Los frutos se comen frescos acompañando diferentes platillos, se venden en los tianguis del municipio.

#### - Medicinal:

La infusión de la corteza se toma para mordidas de ciempiés.

#### - Plaguicida:

La infusión del tallo se usa para lavar la cabeza y eliminar piojos.

Mango: *Mangifera indica* L.



### Ecológicas:

- Con sus frutos mantiene a buena parte de la fauna silvestre (principalmente aves) y humanos.

### Usos

-Comestible: los frutos se consumen frescos y se preparan diferentes bebidas con los frutos.

- El árbol se usa como sombra.

Chaca: *Bursera simaruba*

### Usos

#### - Medicinal:

La infusión se utiliza para bajar de peso. La resina es usada como purgante, sudorífico y diurético.

- La resina se utiliza como pegamento para diferentes piezas como vidrio, loza y porcelana.

- Esta especie tradicionalmente ha sido utilizada como cerca viva ya que sus estacas pegan con facilidad. - En algunos lugares es apreciada como planta de sombra.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



Las siguientes especies se localizan en la zona noroeste, cerca de la población de Santa Úrsula.

Especie	Importancia y uso potencial
---------	-----------------------------

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Petatillo: *Ulmus mexicana (Liebm) planch*



### Ecológicas:

- Hábitat para mamíferos pequeños, reptiles y aves.
- sus frutos son alimento para aves y algunos mamíferos.

### Usos

#### - Medicinal:

El té de las ramas se toma como anticonceptivo. El árbol se abraza para obtener energía.

#### - Maderable:

La madera se emplea en carpintería para hacer objetos torneados.

- Artesanal: La madera, que es muy dura, se empleaba para fabricar los “trapiches”.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Árbol de quince: *Lonchocarpus hidalgensis*



Lundell

### Usos

- Maderable:

Principalmente para horcones.

- Artesanal:

Con este árbol se construyen los llamados en la región “Trapiches” herramienta utilizada en el proceso de elaboración de piloncillo.

Palo de zopilote: No identificado



### ecológicos:

- Hábitat para pequeños mamíferos.

### Usos

- Maderable: su madera es considerada a nivel local como de las mejores por su dureza y es utilizada para construcción de casas y artesanías.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Las siguientes especies se encuentran cerca de la comunidad de cantarranas.

Especie	Importancia y uso potencial
Chagua: No identificado 	<b>Ecológicas:</b> - Su tronco es utilizado por mamíferos como madrigueras.  <b>Usos</b> - Maderable: Principalmente para vigas que se utilizan en la construcción de casas.
Palo de agua: <i>Dendropanax arboreus</i> (L.)  <i>Planck</i>	<b>Usos</b> - Maderable: Madera fácil de trabajar y pulir, se utiliza en la carpintería en general. - Se usa como leña y para construcciones. - Usado para cercas vivas. - Árbol con potencial apícola, por su gran cantidad y calidad de flores.

Las siguientes especies se encuentran cerca de la comunidad de cantarranas y San Antonio.

Especie	Importancia y uso potencial
---------	-----------------------------

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Mirra: No identificado



### Usos

Maderable: Se utiliza la madera para construir casas y para leña.

Las siguientes especies se encuentran cerca del paraje denominado el crucero.

### Especie

Zapote negro: *Diospyros digyna* Jacq.



### Importancia y uso potencial

#### Biológico

-Hábitat para musgos, enredaderas, plantas epífitas y orquídeas.

#### Ecológicas:

-Sirve de hábitat para abejas meliponas.

#### Usos

- Comestible:

Los frutos son muy apreciados por su sabor y valor nutricional.

- La madera, aunque no tiene usos industriales, es apreciada para diferentes usos.

- De interés apícola, debido a la gran cantidad de flores y al agradable aroma que producen.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Frijolillo: *Pithecellobium arboreum* (L.) Urban



### Biológicas:

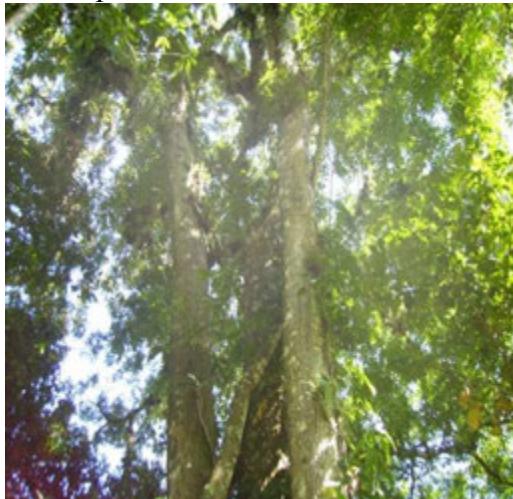
-Hábitat de musgo, plantas epífitas y orquídeas

### Usos

-Maderable:

Se ha usado para la fabricación de mangos de herramientas y piezas similares.

Jobo: *Spondias mombin* L.



### Biológicas:

-Los troncos y ramas son cubiertos por enredaderas, Orquídeas y otras plantas epífitas.

### Ecológicas:

- Nidos.

-Madrigueras en el tronco.

### Usos

- Comestible:

Los frutos se consumen frescos o preparados en diferentes bebidas.

- Se siembran como cercas vivas para delimitar terrenos. Se siembran a lo largo de los caminos para sombrearlos.

Mamey: *Pouteria sapota*

### Biológicas:

-los troncos y ramas son cubiertos con enredaderas, plantas epífitas, heno

### Ecológicas:

- Presenta una oquedad entre los contrafuertes que sirve de madriguera para mamíferos y reptiles.

### Usos

- Comestible:

Los frutos son su producto más apreciado, por su agradable y peculiar sabor. Se consume fresco o en postres, además es comercializado.

- Medicinal:

Hojas y semillas son utilizados para el tratamiento

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



de diversos males.

- La madera por ser muy dura es apreciada para diferentes usos.

Las siguientes especies se encuentran cerca de la comunidad del Mirasol.

Especie	Importancia y uso potencial
Rabo de cojolite: <i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé ex Dc.	<p><b>Biológicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hábitat para epífitas, orquídeas y musgo</li></ul> <p><b>Usos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Su madera es usada para la construcción de casas y otras construcciones rurales.</li><li>- Para fabricar mangos de herramientas agrícolas.</li></ul>

Las siguientes especies se encuentran cerca de la comunidad de San Ambrosio.

Especie	Importancia y uso potencial
Ceiba: <i>Ceiba pentandra</i>	<p><b>Biológicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hábitat para epífitas, orquídeas y enredaderas</li></ul> <p><b>Usos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Madera:</li></ul>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



Para contrachapado, material de embalaje, productos de pulpa y papel, canoas y balsas, muebles, fósforos y productos agrícolas.

El fruto tiene dentro una fibra, la cual ha sido utilizada para relleno de almohadas, colchones y chalecos salvavidas.

-El aceite de sus semillas se usa para cocinar y como combustible para lámparas.

Las siguientes especies se encuentran en la zona centro del municipio, cerca de la comunidad de San Antonio el Grande.

### Especie

Anaya: *Beilschmiedia anay* (Blake)



### Importancia y uso potencial

#### Biológicas:

- Hábitat para epífitas, Orquídeas, enredaderas.

#### Ecológicas:

Hábitat de aves

#### Usos

- Los frutos se consumen frescos solos o acompañando diferentes platillos.
- No se conocen usos industriales de la madera.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

Se encontraron 23 especies de árboles en total como sobresalientes o emergentes.

La importancia de los árboles registrados es que cumplen con una función importante para el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de las relaciones ecológicas y biológicas que se presentan en la selva. La mayoría de los árboles rebasan los 20 metros de altura y su diámetro normal oscila en los 50 cm, en los cuales pudo constatarse su importancia para el mantenimiento de la biodiversidad en general, sobre todo por la gran cantidad de nidos que albergan unos entre sus ramas; además de las plantas epífitas que se hayan creciendo y muchas de ellas aún sin ser identificadas; dejando, sin lugar a dudas, todo un complejo de estudios por realizar en lo posterior.

### 5. Referencias

Miranda, F. y Hernández X., E. (1963). *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Chapingo, México: Colegio de Posgraduados. ENA. 179 p.

Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3<sup>a</sup> ed. México: UNAM, FCE. 523 p.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Diversidad Vegetal, Riqueza y Abundancia de Especies Arbóreas y Arbustivas en el Sureste de Guanajuato

Rosa María García Núñez; Fernanda Sandoval Tinoco

Universidad Autónoma Chapingo. Preparatoria Agrícola. Correo electrónico:  
[blondynunez@gmail.com](mailto:blondynunez@gmail.com)

#### Abstract

The study was realized in the Yuriria municipality in the southeastern region of the state of Guanajuato in tropical deciduous forests, xerophyte shrublands and mezquite forests that still exist. Twenty eight species were found, of which the palo dulce [(*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.]), uña de gato (*Mimosa fasciculata* Benth) and huizache [(*Acacia farnesiana* (L.) Willd.]) were the most abundant, having a moderate diversity in the area; On the other hand, there were significant differences in each of them with respect to the 15 sites sampled. The primary uses given to species in the study area are firewood and forage. The firewood is used for local consumption and sale. The species prized for firewood are Mezquite (*Prosopis laevigata* Humb.), Palo Dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.). The arboreal species with forage value and greater use are Mezquite, Palo Prieto, Tepame (*Acacia pennatula* Schldl.), Cachiripo, Huizache [*Acacia farnesiana* (L.) Willd.]).

**Key words:** Arid zones vegetation, diversity, multiple use.

#### 1. Introducción

Existen un gran número de estimaciones acerca de la diversidad de especies vegetales en el mundo, la Convención de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (2002) estima alrededor de 13 millones de especies, de las cuales 1.75 millones han sido descritas. Uno de los ecosistemas que alberga una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas son los bosques tropicales caducifolios, a nivel mundial ocupan 42% de la superficie (Miles *et al.* 2006; Espinosa *et al.* 2012).

Nuestro país ocupa el quinto lugar a nivel mundial en riqueza de especies, cerca del 40% de la flora vascular que hay en el planeta es propia o endémica del territorio mexicano (Saraukan 2008). Aproximadamente el 40% de la superficie de nuestro país está cubierta de vegetación de zonas áridas y semiáridas (Rzedowsky 2006), la cual posee una gran diversidad de especies que proveen un sin número de productos no maderables. Desafortunadamente la pérdida acelerada de sus recursos conlleva a grandes problemas ambientales, entre los que destacan la pérdida de biodiversidad vegetal y productividad del suelo, y otros procesos que traen consecuencias graves para las poblaciones humanas.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En la región sureste del estado de Guanajuato, subsisten comunidades vegetales formadas por pequeños bosques tropicales caducífolios, matorrales xerófitos y mezquiteras propios de climas semiáridos caracterizados por un alto grado de perturbación induciendo una vegetación sucesional (Rzedowski 1978).

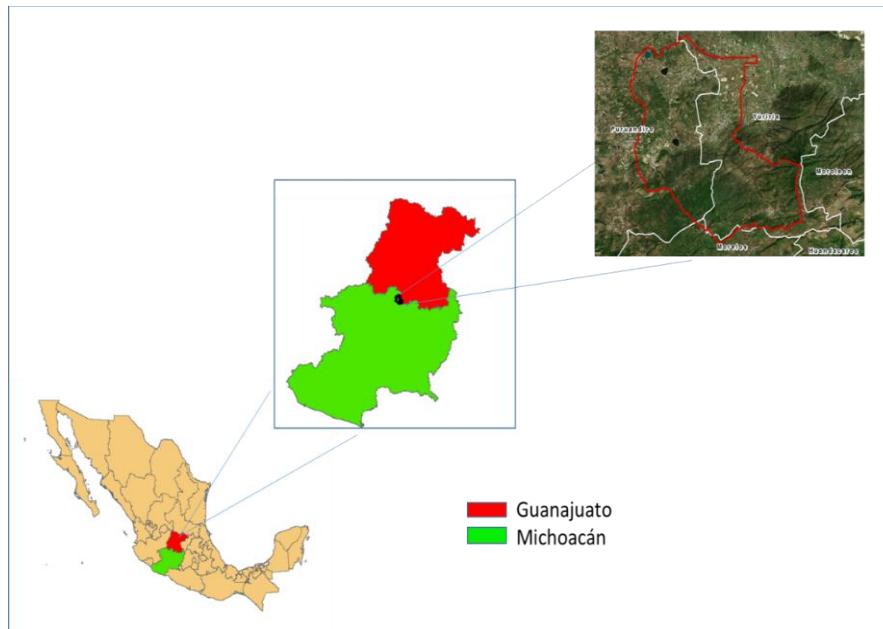
Actualmente se encuentra sujeta a una gran cantidad de disturbios ecológicos y presiones sociales, ocasionando que gran parte de estas comunidades, se encuentren inmersos en un alto grado de perturbación (García, *et al.*, 2014). El objetivo general fue evaluar la riqueza, abundancia y diversidad vegetal de árboles y arbustos presentes en el área de estudio como base para proponer algunas alternativas de aprovechamiento.

### 2. Metodología

El estudio se realizó en la microcuenca de Arroyo Prieto y Colorado situada en los límites del estado de Guanajuato y Michoacán, entre las coordenadas 20° 19' y 20° 01' de latitud norte y 100° 59' y 101° 26' de longitud oeste, con una altitud entre 1600 y 2900 metros sobre el nivel medio del mar. La cuenca tiene una superficie de 13,014.68 ha y un perímetro de 60.29 km (Figura 1).

El clima en esta región es semicálido subhúmedo (A)C (wo) (w), con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre los 18 y 21 °C y la precipitación promedio anual es de entre 600 y 800 mm (García, 1981).

**Figura 1.** Localización del área de estudio. Región SE de Guanajuato México



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue el Muestreo Aleatorio Estratificado, utilizando solo las áreas que tenían vegetación de bosque tropical caducifolio y discriminando las áreas agrícolas, así como los asentamientos humanos que estaban dentro de la microcuenca. La ecuación que se utilizó para calcular el tamaño de la muestra es la siguiente (Cochran, 1998):

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 S_i^2}{W_i} \cdot \frac{D}{N^2 D + \sum N_i^2 S_i^2}$$

Donde:

$N_i$ = Es el número de elementos en el estrato i

$S^2$ = La varianza poblacional

$W_i$ = Proporción de datos que pertenecen al estrato

D= Error máximo que se desea para la media

Las unidades de muestreo fueron de 10x10 m. y en cada una se registró número de sitio, pendiente, nombre común de las especies, altura, diámetro, ancho de copa, así como su forma biológica (árbol, arbusto o crasa).

**Riqueza de especies.** Para evaluar la riqueza de especies y utilizando los datos de presencia-ausencia (Burnham y Overton 1979; Heltshe y Forrester 1983; Chao, 1984; Palmer, 1995; Estades, 1997; Butler y Chazdon, 1998; Chazdon *et. al.*, 1998; Colwell 1994), se decidió usar el estimador Jackknife 1 con ayuda del programa Stimates versión 9.1.0.

**Análisis Cluster.** Para evidenciar gráficamente las posibles diferencias en la proporción de especies registradas por sitio de árboles, arbustos y crosas registrados en el área de estudio, se realizó un Análisis de Clúster en el software Minitab 17; el cual consiste en técnicas de tipo exploratorias para clasificar un gran conjunto de variables en grupos (clúster).

**Abundancia Relativa.** Para determinar la abundancia relativa, se utilizaron los datos de frecuencias registradas por especie en cada uno de los sitios de muestreo, mismas que se analizaron con el estimador del mismo nombre, el cual se llevó a cabo en el programa Excel 2016 (Microsoft Excel, 2016).

**Chi Cuadrada.** Para determinar si existe relación estadísticamente significativa entre la proporción de individuos registrada por especie y los sitios levantados, tomando en cuenta los datos de presencia-ausencia, se realizó la prueba de  $\chi^2$  para tablas de contingencia (Krebs, 1978; Zacarias *et. al.*, 2011) para dos o más muestras independientes, utilizando

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

nuevamente el software JMP versión 8.0, este tipo de cuadros permitió conocer si existe homogeneidad entre poblaciones (Molinero, 2003; Blanes *et al.*, 2015).

**Diversidad.** Para determinar la diversidad de especies, se emplearon los datos de presencia-ausencia, mismos que se analizaron mediante el índice no paramétrico de Shannon-Wiener, el cual se ejecutó en el software Stimates versión 9.1.0 (Colwell 2013).

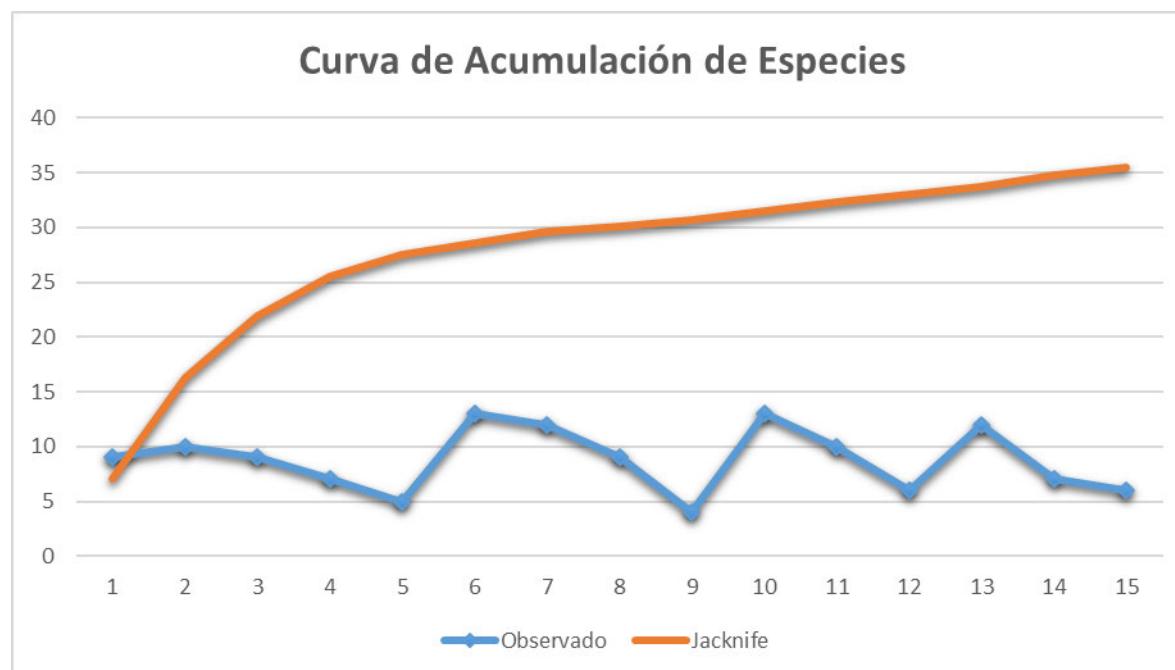
Para detectar diferencias significativas en la riqueza de especies, la abundancia y la diversidad, se realizó la comprobación de los supuestos estadísticos paramétricos de normalidad y homogeneidad en las varianzas, al no cumplirse ninguno de ellos, se procedió a utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Blake, 1992; Zar, 1999).

### 3. Resultados

#### Riqueza.

Se registraron un total de 250 individuos reportados en 28 especies; de las cuales, 162 fueron arbóreas, 84 arbustivas y cuatro crasas. Los resultados de Jackknife muestran que lo obtenido en campo fue 8.8%, siendo menor a lo predicho por el estimador que fue 27.9%, conociendo apenas el 31.54% de las especies que potencialmente pueden encontrarse en la zona con un intervalo de confianza de 95% y un  $\alpha=0.05\%$  (Gráfica 1).

**Gráfica 1.** Curvas de acumulación de especies arbóreas, arbustivas y crasas observadas y estimadas (índice de Jackknife) en la Microcuenca de Arroyo Prieto y Colorado



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Se han realizado muchos estudios de riqueza de especies, sin embargo, el realizado por Pineda *et. al.* (2007) coincide con la tendencia registrada en el presente trabajo, ya que evidencia un mayor número de especies de árboles en relación a arbustos, sin embargo, la riqueza registrada es mayor ya que ellos estimaron la riqueza para especies leñosas en un bosque tropical caducifolio en el Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero, reportando 43 especies, de las cuales más de la mitad fueron árboles, mientras que los arbustos y lianas presentaron una riqueza similar de 22 y 17, respectivamente. De manera consistente entre sitios y las diferentes categorías diamétricas, (Lott *et al.*, 1987; Gentry, 1991, 1995; Trejo, 1998; Gilliespie *et al.*, 2000).

### Diversidad.

Los resultados obtenidos mediante Shannon-Wiener exhiben un valor de diversidad mínimo de  $H'=1.88$  mínimo, máximo de  $H'=3.07$  y un promedio de  $H'=2.8$ , por lo que se considera una comunidad vegetal con una diversidad relativamente estable.

Estos datos contrastan con lo registrado por Saynes (1989), Hernández, (2007), quienes evaluaron las comunidades vegetales de sotavento de la Sierra Juárez, presentando valores de diversidad mediante Shannon-Wiener de  $H'=1.42$ ,  $H'=1.67$ ,  $H'=1.68$ ,  $H'=1.65$ ; para el caso de las especies arbóreas  $H'=2.30$ ,  $H'=2.34$ ,  $H'=1.78$  1, para las especies de arbustos, los resultados obtenidos en el trabajo citado corresponden a un estudio realizado en encinares y bosque de pino-encino respectivamente donde la diversidad de árboles fue muy baja en el encinar arbustivo, mientras que en los bosques tuvo valores similares, tomando variables como la latitud-altitud de árboles y arbustos haciendo el análisis para cada uno, por lo que , al comparar el presente estudio difiere en cuanto a los valores obtenidos, sin embargo, tomando en cuenta los índices de diversidad reportados para arbustos que fueron más elevados.

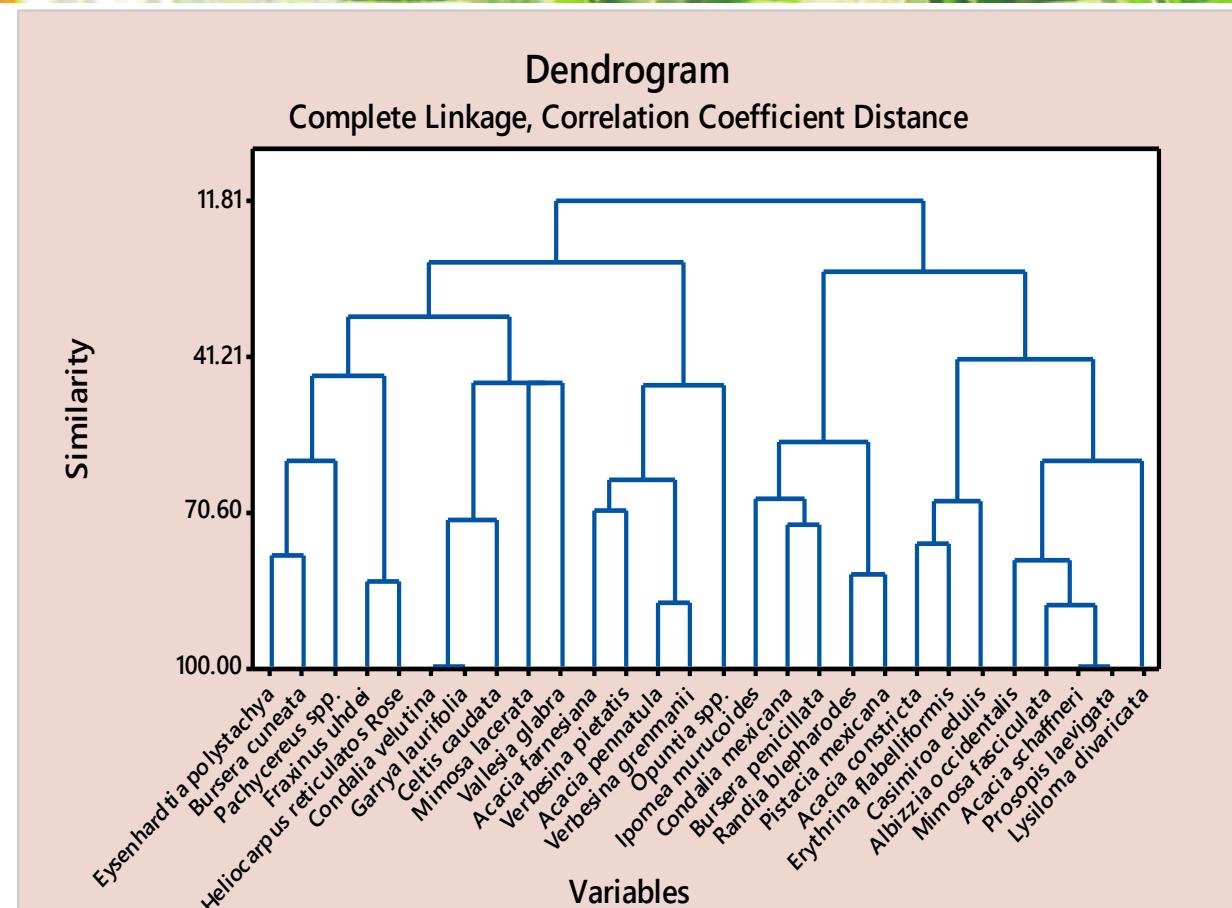
### Abundancia Relativa.

Los resultados de abundancia evidencian que la especie representativa en sus frecuencias registradas en la presente fueron: *Eysenhardtia polystachya* (IAR=0.24; 24%), *Mimosa fasciculata* Benth. (IAR=0.13; 13%), *Acacia farnesiana* (IAR=0.1; 1%).

Los resultados de  $X^2$  muestran que existe relación estadísticamente significativa ( $GDL=124$ ;  $P\text{-value}= 0.5391$ ) entre la proporción de individuos registrada por especie y lo sitios levantados; lo cual sugiere, que se registraron las frecuencias de éstas que potencialmente existen en la zona bajo estudio con un  $\alpha=0.05$ .

El resultado de Clúster muestra la conformación de seis clústeres con una distancia euclíadiana de  $e=2.37$ , cuyas amalgamaciones parecen mostrar relativa similitud aritmética (Gráfica 2).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Gráfica 2. Conformación de Clústeres en los que se muestran las amalgamaciones entre especies arbóreas, arbustivas y crasas en la microcuenca de Arroyo Prieto y Colorado.**

Los resultados de Kruskal-Wallis ( $F$  ratio=6.6500, P-value=0.4662) para riqueza, ( $F$  ratio=14.0000, P-value=0.4497) para diversidad y ( $F$  ratio=16.9234, P-value=0.2603) para abundancia, evidencian que no hay diferencias estadísticamente significativas entre sitios levantados, por lo tanto, se acepta  $H_0$ :  $M_1=M_2$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

La abundancia marca una tendencia que coincide con Uslar *et. al.* (2004) en un estudio de la Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia, donde menciona que la familia Fabaceae fue una de las familias más abundante en individuos arbóreos (Lott *et. al.* 1987, Gentry 1995, Gillespie *et. al.* 2000, Kessler *et. al.* 2000). Y las especies más abundantes en dos evaluaciones de años diferentes (1995 y 2002) fueron: *Aspidosperma cylindrocarpon* (105 y 99), *Myrciaria cauliflora* (90 y 91), *Phyllostylon rhamnoides* (85 y 79) y *Caesalpinia pluviosa* (53 y 48), aunque se presentan especies diferentes por tratarse de dos zonas geográficamente distintas, en ambos casos coinciden con que las especies más abundantes son las de la familia Fabaceae.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

Se determinó la diversidad vegetal, riqueza y abundancia de las especies de la zona, sin embargo, no se ha explorado al 100% por lo que éstos resultados solo son una muestra de un primer estudio realizado de este tipo en el área de estudio.

Se evaluó la diversidad y abundancia de las especies encontradas, concluyendo que se tiene una diversidad moderada además que las especies más abundantes fueron *Eysenhardtia polystachya*, *Mimosa fasciculata* y *Acacia farnesiana*.

Aunque este tipo de estudio despertó el interés local, es necesaria la asesoría técnica, sobre todo para impulsar alternativas viables de manejo y conservación de sus alterados ecosistemas.

### 5. Referencias

Blake, J. G. 1992. Temporal variation in point counts of birds in a lowland wet forest in Costa Rica. CONDOR, 94:265-275.

Butler, B. J., and Chazdon, R. L. 1998. Species Richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary tropical rain forest. BIOTROPICA, 30(2):214-222.

Burnham, K. P., and Overton, W. S. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. ECOLOGY, 60:927-936.

Blanes-Peiró, J., Borge-Diez, D., & González-Martínez, A. 2015. Aplicación de Técnicas de Ludificación Para la Consolidación de Conocimientos en Asignaturas del Área de Ingeniería Eléctrica y Energética.

Chazdon, R. L., Colwell, R. K., Denslow, J. S., and Guariguata, M. R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of northeastern Costa Rica. The Dallmeier F., y Comiskey, J. A. (eds.) 1997. Forest biodiversity research, monitoring.

Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. SCAND J STAT, 11:256-270

Cochran William, G. (1998). Técnicas de muestreo. México: Editorial Continental.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL<[purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)>

Colwell R.K. y Coddington J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society, London (Series B) 345:101-118.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Espinosa, C. I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2).

Estades, C. F. 1997. Entomologic-Habitat relationships in a vegetation gradient in the Andes of Central Chile. *CONDOR*, 99:719-727.

García, N. R.M., Sánchez, V.A., Hernández, M.M., Reséndiz, F.N. (2014). Estudio descriptivo de diversidad florística y usos de árboles y arbustos nativos del sureste de Guanajuato. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. México. Vol. 2. Núm. 2. Pp. 24-31.

Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In Seasonally dry tropical forests, S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds.) Cambridge University Press, Cambridge. p. 146-190.

Gilliespie, T. W., A. Grijalva y N. Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47

Heltshe, J., and Forrester, E. 1983. Estimating species richness using the Jackknife procedure. *BIOMETRICS*, 39:1-12.

Hernández L.I. 2007. Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la comunidad de Calpulalpam de Méndez, Ixtlán Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp 90.

Kessler M. 2000. Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology* 149:181-193

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Krebs, Ch. J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance 2<sup>a</sup> ed. Harper International Edition. Harper and Row Publishers. New York. U.S.A. 678 p.

Lott, E., S. H. Bullock y J. A. Solis-Magallanes. 1987. Floristic diversity and structure of upland and Arroyo Forests of coastal Jalisco. *Biotropica* 19: 228-235.

Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 491-505.

Molinero, L. M. 2003 a. Análisis de tablas de contingencia de más de 2 variables cualitativas. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial. Madrid, España. 9 p.

Palmer, M. W. 1995. How should one count species? *NAT AREA J*, 15:124:135.

Pineda-García, F., Arredondo-Amezcuia, L., & Ibarra-Manríquez, G. (2007). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(1), 129- 139.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. *Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México, 504.

Rzedowski, J., & Huerta, L. (1978). *Vegetación de México* (Vol. 432). México: Limusa.

Saraukan J. 2008. Capital Natural de México. Comision Nacinal para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Vol. 1. México D.F.

Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis doctoral. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 206 p.

Zacarias-Eslava, L. E., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González- Castañeda, N., & Ibarra-Manríquez, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 854-869.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. pp. 32-45.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Sistemas Agroforestales como Estrategia de Conservación en un Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña; Diversidad de Especies Leñosas

Rocío Madeni Arévalo Madrigal<sup>1</sup>; Rosa María García Núñez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Estudiante de la Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Preparatoria Agrícola. Correo electrónico: [blondynunez@gmail.com](mailto:blondynunez@gmail.com)

#### Resumen

El estudio se desarrolló en tres condiciones de la Sierra Norte de Puebla con historial de extracción selectiva de especies leñosas, con el objetivo de determinar la diversidad y el valor de uso de las especies leñosas, en remanente de bosque mesófilo de montaña, sistemas silvopastoril y ornamental, mediante la utilización de índices ecológicos y cultural para proponer mejoras en cada zona, que ayuden a la conservación del Bosque mesófilo de montaña. Para el análisis se establecieron 22 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, en los cuales se evaluaron todas las especies leñosas recabando información dasométrica como altura (h), diámetro a 1.30 y diámetro de copa. Se determinaron los parámetros ecológicos de Riqueza, abundancia relativa y diversidad con el índices de Shannon ( $H'$ ), en cada uno de los parámetros no se encontraron diferencias significativas y se presenta un índice de diversidad de ( $H'=2.92$ ) para RBMM, seguido por el sistema silvopastoril ( $H'=2.61$ ) y por último el sistema ornamental ( $H'=2$ ), lo cual indica que es un ecosistema es poco estable en relación a otros tipos de ecosistemas.

**Palabras Clave:** mesófilo de montaña, diversidad, agroforesteria.

#### 1. Introducción

El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) ocupa una superficie muy reducida en México. Rzedowski (1996), menciona que la superficie de los BMM del país no llega a cubrir ni los

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

20,000 km<sup>2</sup>, aunque seguramente más de 10,000, o sea entre 0.5 y 1% del territorio de la República.

Pese a ocupar una extensión tan reducida, el BMM es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación a su área (Challenger, 1998); se calcula que alrededor de 2500 a 3000 especies de plantas vasculares habitan exclusiva y preferentemente en estos bosques (Rzedowski 1996).

Una desventaja que presentan los Bosques Mesófilo de Montaña es que tiende a dispersarse en fracciones en las cumbres montañosas y están expuestos a una mayor fragmentación a consecuencia de la deforestación y la construcción de carreteras. Su principal amenaza la constituye la deforestación para dedicar las tierras a la agricultura y la ganadería (Bubb et al., 2002).

No se conoce con exactitud en qué tanta proporción de esta superficie los bosques desaparecieron en función de actividades humanas, pero sin duda queda mucho menos de la mitad, pues, a pesar de tratarse en su mayor parte de áreas de topografía abrupta, el impacto ha sido y sigue siendo intenso (Rzedowski, 1996).

El análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido ya que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o área amenazada, o bien monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente (Magurran, 1998).

Además de la importancia ecológica intrínseca de la biodiversidad, numerosas especies de plantas y animales de los BMM son una fuente importante de productos para usos maderables, medicinales, ceremoniales, alimentarios, y fines comerciales para los habitantes de estas áreas (Endress, Gorchov & Berry, 2006). Sánchez-Velásquez, Ramírez-Bamonde, Andrade-Torres y Rodríguez-Torres (2008) a partir de una revisión de 80 trabajos botánicos en el BMM, reportan 414 especies de plantas con al menos un uso. El BMM es hábitat también de variedades silvestres de muchas especies de plantas de cultivo como la papaya, el tomate, la fruta de la pasión, el aguacate, el frijol, el pepino, el pimiento y la papa (Conabio, 2010).

La Agroforestería puede desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica dentro de los paisajes deforestados y fragmentados suministrando hábitats y recursos para las especies de animales y plantas (López, Sevilla, & Rivas, 2007) al mismo tiempo que los productos obtenidos de las especies leñosas representen una fuente de ingresos para el productor. Es por eso que el siguiente estudio tiene el propósito de

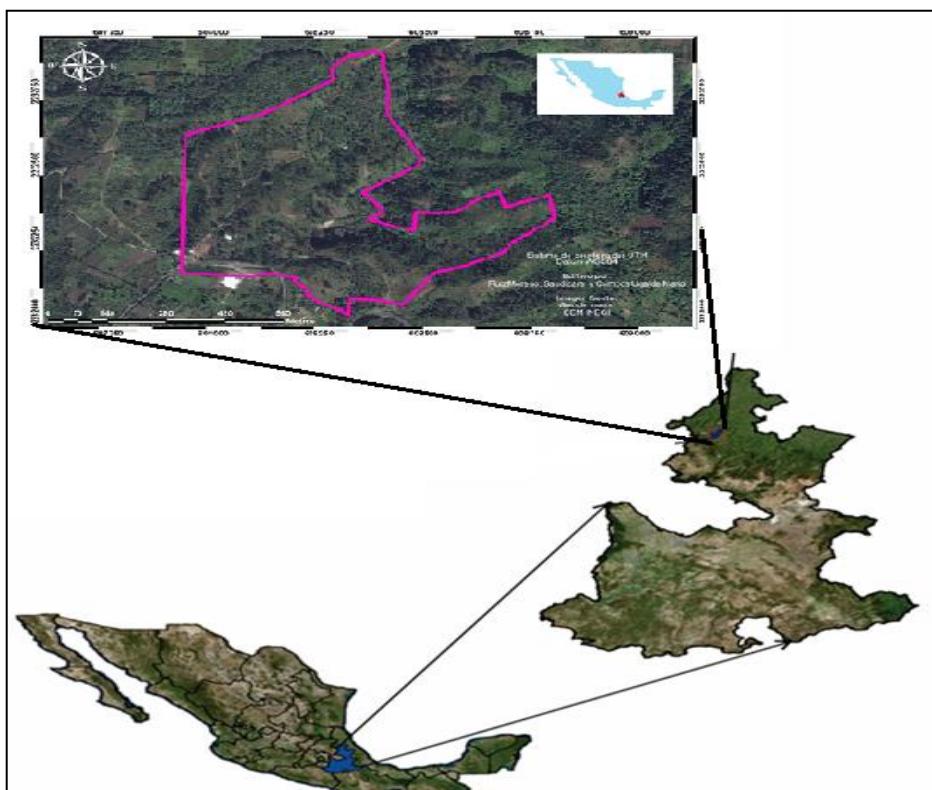
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

determinar la diversidad y el valor de uso de las especies leñosas, en remanente de bosque mesófilo de montaña, sistemas silvopastoril y ornamental, mediante la utilización de índices ecológicos y cultural para proponer mejoras en cada zona, que ayuden a la conservación del bosque mesófilo de montaña.

### 2. Metodología

#### Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la propiedad privada de Ocotitla, en la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla, con una extensión de 40 ha dedicadas a la producción de ornamentales. Dicha zona se localiza entre las coordenadas extremas 97°58'5.303" longitud oeste y 20°11'23.06" latitud norte; 97°57'30.836" longitud oeste y 20°10'57.124" latitud norte, a una altitud de 1280 m. (Ruiz-Moreno, Álvarez-Sánchez, Gómez-Díaz y Cuevas-Sánchez, 2016).



**Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (Google Earth, 2016).**

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Diseño de muestreo

Para esta investigación se eligieron tres zonas de estudio: 1) sistema de producción de ornamentales 2) sistema silvopastoril y 3) remanentes de bosque mesófilo de montaña.

El diseño de muestreo que se utilizó en toda el área de estudio es el Muestreo Sistemático con distancias predeterminadas en arreglos a manera de cuadriculas (Geupel, Martin, & Milá, 1996); para esto, en Quantum GIS se dividió el polígono en cuadros de 0.5 ha., llamados estos cuadros como unidades de muestreo (UM) en las que se obtuvo un total de 76 y estos fueron enumerados de forma ascendente de izquierda a derecha de abajo hacia arriba.

Una vez enumerada la cuadricula se seleccionaron las UM y en el centro de cada UM se ubicaron los sitios obteniendo un total de 21, esto permitió determinar las distancias entre sitios y entre líneas que fue de 141.42 m para ambos. En Quantum GIS se obtuvieron las coordenadas de cada sitio de muestreo dichas coordenadas fueron exportadas al GPS para ubicar los puntos en campo.

### Riqueza, abundancia y diversidad de las especies

Para este caso se utilizará la metodología modificada propuesta por Zarco-Espinosa et al (2010), estableciendo sitios cuadrados de 10 m x 10 m. en el centro de cada unidad de muestreo.

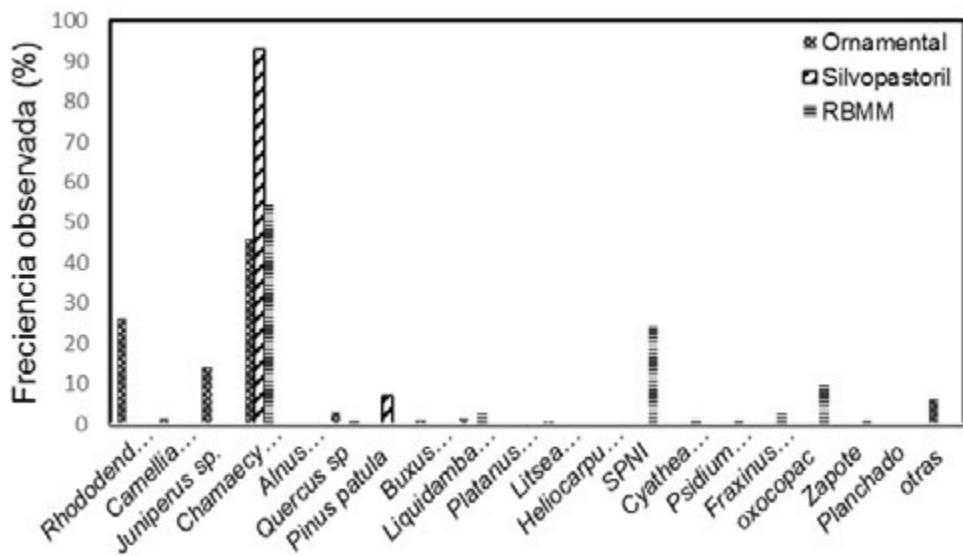
En cada sitio de muestreo se midió con cinta diamétricas el diámetro de cada uno de los árboles a 1.30 m, con un clinómetro se tomaron la altura total de los árboles y con un flexómetro se midió la altura total y diámetro de copa de los arbustos; en forma simultánea a las mediciones se realizó la colecta de ejemplares botánicos de cada especie, los cuales fueron herborizados (Lot & Chiang 1986) e identificados taxonómicamente en los herbarios de la Universidad Autónoma Chapingo campus Texcoco, México, depositados en éste herbario.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Resultados

#### Frecuencia de Observación (Fo)

Los resultados de Fo por condición, señalan que la especie más representativa en ellas es *Ch. lawsoniana*; encontrándose un 45.74% (938 individuos.) en el sistema ornamental, 92.86% (42) para Silvopastoril y 54.29% (70) para RBMM; el valor porcentual del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición (Figura 1).



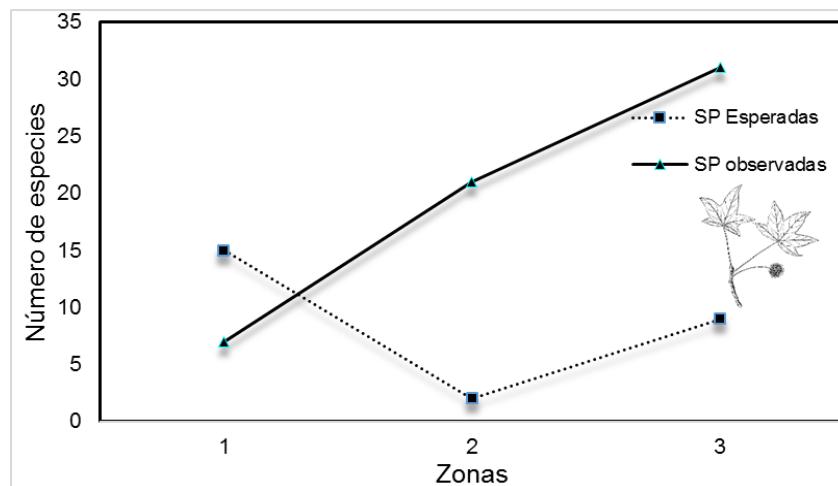
**Figura 1. Frecuencia de observación de especies leñosas en sistema ornamental, sistema silvopastoril y RBMM.**

#### Riqueza de especies

#### Curvas de rarefacción de Jack nife 1 por zonas

Los resultados de Jackknife1 para la riqueza de especies por condición, indican un estimado de 15 especies, por lo que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo realizado se conoce el 100% de las especies teóricamente presentes en esta condición, para el sistema silvopastoril se registró 2 especies, lo que muestra un esfuerzo de muestreo de 10% y para el RBMM se observaron 9 especies, indicando un esfuerzo de muestreo de 29% (Figura 2).

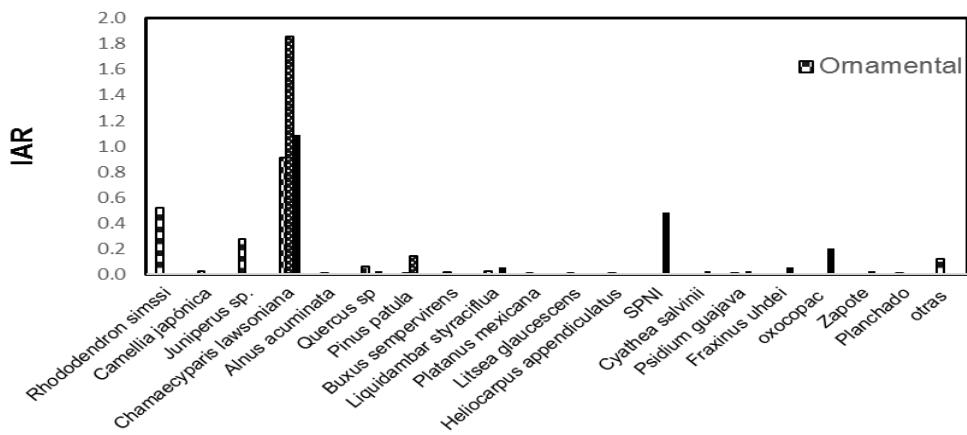
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Figura 2.** Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en las tres condiciones de estudio.

### Abundancia relativa (AR)

Los resultados de IAR por condición, señalan que la especie más representativa en ellas es *Ch. lawsoniana* (IAR=0.96) en el sistema ornamental, (IAR=1.86) para Silvopastoril y (IAR=1.09) para RBMM; el valor del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición (Figura 3).



**Figura 3.** Abundancia relativa de las especies registradas en las tres condiciones de estudio.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Diversidad de especies

Los resultados de Shannon- Wiener para los datos de las diferentes condiciones bajo estudio, sugieren que el de mayor diversidad fue: el RBMM ( $H'=2.92$ ), seguido por el sistema silvopastoril ( $H'=2.61$ ) y por último el sistema ornamental ( $H'=2$ ) (Figura 4).

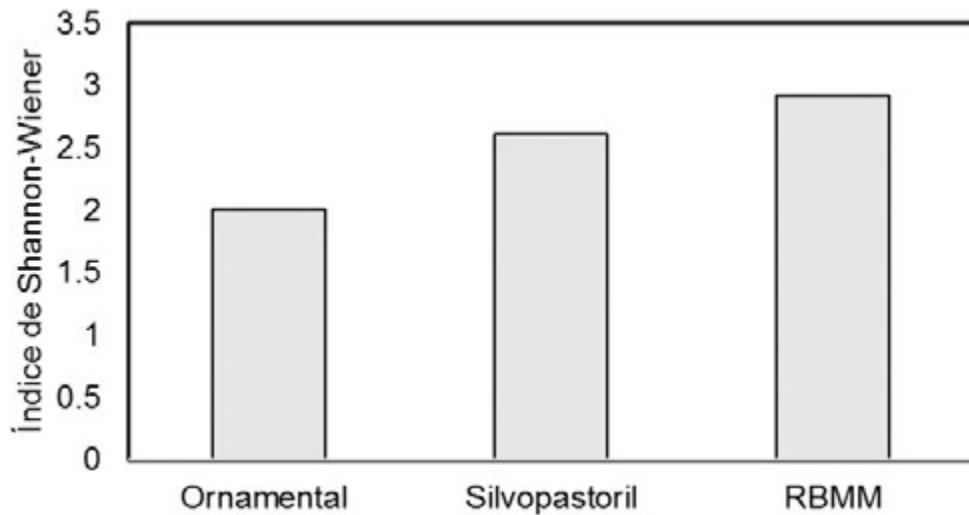


Figura 4. Diversidad de especies leñosas encada uno de las condiciones.

### Análisis estadístico

#### Prueba de Kruskal Wallis

Los resultados de Kruskal Wallis para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por condiciones bajo estudio sugieren que no existen diferencias significativas con 2 grados de libertad y P-value de 0.37 para cada una de las condiciones, por lo tanto, se rechaza  $H_0=$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

#### Prueba de chi-cuadrado

Los resultados de chi-cuadrada para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por condiciones bajo estudio sugieren que no se registraron todas las especies que potencialmente existen en el área de estudio con R cuadrado de 1 y un valor

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

de Pearson de 0.19 para cada una de las condiciones, por lo tanto, se rechaza  $H_0 =$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Las tendencias en las frecuencias de observación evidencian la presencia de un mayor número de especies introducidas al bosque, lo cual discrepa con los obtenidos por Catalán, López-Mata y Terrazas (2003) quienes señalan que la mayor frecuencia de especies son características del bosque mesófilo de montaña, esta tendencia se debe a que el estudio de estos autores fue realizado en uno de los bosques mesófilo de montaña más diversos del país; a diferencia de la presente en donde se considera un sistema silvopastoril dentro del bosque mesófilo de montaña; la presencia de estas especies exóticas dentro de un sistema agroforestal concuerda con los reportados por Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona (2007) en el cual registraron la presencia de especies exóticas como *Inga oerstediana*, *Pimenta dioica*, *Psidium guajava* y *Syzygium jambos* dentro de terrenos usados como cafetales: tal como lo reportado por Noy-Meir, Mascó, Giorgis, Gurvich, Perazzolo y Gustavo Ruíz (2012) quienes registraron la presencia de especies exóticas como *Morus alba* y *Ligustrum lucidum* presentes en dos fragmentos del bosque de Espinal en Córdoba. Así mismo Kalesnik, Cagnoni, Bertolini, Quintana, Madanes y Malvárez (2005) registraron a nivel de comunidades vegetales especies introducidas, donde destacan *L. sinense*, *Iris pseudacorus* y *Fraxinus sp*, lo cual indica que el presente estudio registra por primera vez la frecuencia de especies introducidas en este tipo de bosque; son los primeros registros en un sistema silvopastoril inmerso en este ecosistema particular; en el cual, dicho sistema sirve como hábitat para la fauna silvestre promoviendo su conservación, restauración del suelo, producción de alimentos, forraje y aprovechamiento de plantas de ornato (Canche, 2016).

Las tendencias en la riqueza registrada en la presente coinciden con lo reportado por Chiarucci, Enright, Perry, Miller y Lamont (2003) quienes señalan que datos procedentes de muestras grandes analizadas mediante Jackknife 1 presentan valores más precisos de la riqueza. López-Gómez y Williams-Linera (2006) emplearon dicho estimador logrando registrar un 77%; lo cual discrepa con lo reportado en el presente; en contraste Gutiérrez-Báez, Ortiz-Díaz, Flores-Guido y Zamora-Crescencio (2012) obtuvieron una representación del 78% para parcelas pequeñas utilizando el modelo de Clench. En RBMM se registró una baja riqueza en relación al estimador empleado; lo cual difiere con lo reportado por García-De la Cruz, Olivares-López y Ramos-Prado (2013) quienes infieren una curva de acumulación mejor ajustada para un fragmento de este tipo de bosque, dado que el esfuerzo de muestreo que emplearon arrojó una inferencia del 98% utilizando el estimador Chao2; el presente trabajo utiliza por primera vez curvas de rarefacción con el estimador Jackniffe 1

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

para sistemas silvopastoril, se obtienen los primeros registros a nivel beta en este tipo de bosque considerando un sistema silvopastoril.

Los patrones de las tendencias en las pruebas de comparaciones medianas para la riqueza de especies concuerdan con lo reportado por Hernández-Salas, Aguirre-Calderón, Alanís-Rodríguez; Jiménez-Pérez, Treviño-Garza, González-Tagle, Luján-Álvarez, Olivas-García y Domínguez-Pereda (2012) donde no obtuvieron diferencias significativas para un bosque templado del noreste de México, utilizando una prueba de Tukey, así mismo Rosales, Cuevas, Gliessman y Benz (2014), realizaron un estudio en sistema agroforestal de piña bajo sombra, en el occidente de México, donde no encontraron diferencias significativas entre parcelas, utilizando una prueba de Tukey. Por su parte Casasola, Ibrahim, Harvey y Kleinnpero (2001) tampoco encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies entre las categorías de vegetación identificados en sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua, en el cual realizaron una prueba de t; Sin embargo, Pérez, Sotelo, Ramírez, Ramírez, López y Siria (2006) reportaron resultados que discrepan con los obtenidos en la presente, obteniendo diferencias significativas entre diferentes usos de suelo, incluyendo seis sistemas silvopastoriles, en el cual utilizaron un ANOVA, con un muestreo no aleatorio e intencional.

Las tendencias en la abundancia demuestran que las especies ornamentales son las más sobresalientes, lo cual difiere con lo obtenido por Velázquez (2016), quien reporta que estas son características en bosque mesófilo conservado; en contraste a la presente, en donde el área de estudio se maneja bajo un esquema de producción agroforestal inmerso en dicho tipo de ecosistema, siendo el sistema ornamental el que mayor aporta al parámetro en cuestión. Las condiciones evaluadas exhiben la presencia de una especie dominante, a diferencia de lo reportado por Salmerón, González, Barbán y Álvarez (2015), quienes registraron la presencia de diferentes especies en tres niveles de perturbación de un bosque semideciduo micrófilo; Así mismo, Gutiérrez-Báez, Ortiz-Díaz, Flores-Guido y Zamora-Crescencio (2012) registraron diferentes especies leñosas características de selva mediana subcaducifolia en superficies pequeñas. De la misma manera Andrade y Mora-Delgado (2014) muestran nuevamente especies diferentes en su estudio realizado en pastura del trópico seco en Tolima, al igual que Soler, Berroterán, Gil y Acosta (2012) obtuvieron diferentes especies en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. La presente registra por primera vez la evaluación de dicho parámetro comparándolo entre tres condiciones, incluyendo un sistema silvopastoril y son los primeros registros de abundancia de especies introducidas a este tipo de bosque.

El patrón de las tendencias en las pruebas de comparaciones medianas para la abundancia relativa concuerda con la obtenida por Alanís-Rodríguez, Jiménez-Pérez, Valdecantos-

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Dema, González-Tagle, Aguirre-Calderón y Eduardo J. Treviño-Garza (2012) donde tampoco encontraron diferencias significativas en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México, en cual utilizaron un análisis de varianza ANOVA de un factor a dos niveles. Así mismo AMolla & Gonfa Kewessa (2015) no encontraron diferencias significativas entre la abundancia en áreas de agrosilvicultura tradicional. Mientras que Mudzengi, Kativu, Murungweni, Dahwa, Poshiwa & Shoko (2013) difieren con los obtenidos en la presente, ya que ellos obtuvieron diferencias significativas en dicho parámetro entre sitios invadidos y no invadidos, por especies invasoras. De igual modo Vila-Ruiz, Meléndez-Ackerman, Santiago-Bartolomei, García-Montiel, Lastra, Figuerola & Fumero-Caban (2014) encontraron diferencias significativas utilizando una prueba de *t-test* en la abundancia de especies de plantas ornamentales y alimenticias entre patios delanteros y patios traseros considerado como espacios verdes en áreas urbanas.

Las tendencias en la diversidad dan cuenta de un parámetro relativamente estable lo cual concuerdan con los obtenidos por Alanís, Aranda, Mata, Canizales, Jiménez, Uvalle, Valdecantos y Ruiz (2010) quienes efectuaron un estudio dentro de un bosque tropical caducifolio, encontrando en este valores similares a los reportados en la presente; de igual forma Canizales-Velázquez, Alanís-Rodríguez, Aranda-Ramos, Mata-Balderas, Jiménez-Pérez, Alanís-Flores, Uvalle-Sauceda y Ruiz-Bautista (2009) realizaron su estudio en el matorral submontano donde encontraron de igual forma valores que oscilan en la caracterización de dicho parámetro semiestable; sin embargo, Catalán et al (2003), comprobaron que para un bosque mesófilo de montaña dicho estimador presenta valores que superan y caracterizan a una comunidad muy estable ( $H'=3.3$  y  $5.2$ ); no obstante, López-Ortíz, Pérez-Hernández, Vargas-Mendoza, Gallardo-López y Gómez-Merino (2011) obtuvieron resultados muy bajos en el parámetro caracterizando a las comunidades evaluadas como bajas ( $H'= 0.87 \pm 0.24$ ), sin embargo, aun cuando trabajaron en un sistema silvopastoril, este no estaba inmerso en un bosque mesófilo; de igual forma Mora, Alanís, Jiménez, González, Yerena y Cuellar (2013) realizaron otro estudio en un sistema silvopastoril, encontrando valores similares a los obtenidos en la presente, aun cuando este no es ni siquiera cercano a un bosque de este tipo. En la presente se maneja bajo un esquema de producción agroforestal, en este caso se considera la intervención de un sistema silvopastoril, reportando los primeros datos de diversidad para un sistema silvopastoril en este tipo de bosque.

Las tendencias indican que no existe diferencia significativa en cuanto a la diversidad entre de sitios, dichos resultados concuerdan con los presentados por Esquivel, Harvey, Finegan, Casanoves, Skarpe y Nieuwenhuyse (2009) en el cual no encontraron diferencias

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

significativas entre categorías de desarrollo de árboles y arbustos en potreros activos de Nicaragua, en donde utilizaron una prueba de Tukey. No obstante, Bogino y Bravo (2014) tampoco encontraron diferencias significativas en la diversidad de especies entre diferentes disturbios antrópicos más ampliamente difundido en las regiones áridas y semiáridas de Argentina. Mientras que Encina, Zárate, Valdés y Villarreal (2007) difieren en con los de la presente, ya que ellos reportaron diferencias significativas en diversidad de especies entre dos asociaciones del bosque de encino, aplicando una prueba de *t*-Student. De igual manera Sánchez, López, García y Cuevas (2003) registraron diferencia significativa en algunas de sus parcelas evaluadas ubicadas en de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. Así mismo Verzino, Joseau, Dorado, Gellert, Rodríguez y Nobile (2005) también encontraron diferencias significativas entre la diversidad de los bosques quemados y los bosques testigo. Jiménez-Pérez, Alanís-Rodríguez, Aguirre-Calderón, Pando-Moreno y González-Tagle (2009) mostraron que existen diferencias significativas entre las parcelas con diferentes usos de suelo.

### 4. Conclusiones

Se logró realizar un estudio a nivel alfa y beta de la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas dentro del área de estudio, así como la obtención de dichos parámetros; en cuanto a la riqueza no se logró registrar todas las especies presentes del cada sitio por lo que se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo. se presentó mayor abundancia de especies ornamentales en todos los sitios, incluso en las tres condiciones hubo una dominancia de las especies introducidas. La diversidad de especies fue poco estable en los diferentes sitios y en las diferentes condiciones. La riqueza, abundancia y diversidad no fueron estadísticamente significativa entre sitios y tampoco entre condiciones. La abundancia de especies presentó un efecto significativo sobre altura, fuste limpio y pendiente.

La mayoría de los sitios presentó una escasa presencia de especies representativas del bosque mesófilo de montaña debido al cambio de uso de suelo que se realizó en la zona; sin embargo el sistema silvopastoril presentó una riqueza, abundancia y diversidad estable, es decir, que los sistemas agroforestales son una alternativa para conservación de las comunidades vegetales, en donde se pretende la diversificación de producción en una misma área, conservando las especies nativas del bosque asociados a otros cultivos.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 5. Referencias

Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1208-1214.

Alanís Rodríguez, E., Aranda Ramos, R., Mata Balderas, J. M., Canizales Velázquez, P. A., Jiménez Pérez, J., Uvalle Sauceda, J. I. & Ruiz Bautista, M. G. (2010). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México. *Ciencia UANL*, 13(3), 287-294.

Bautista-Tolentino, M., López-Ortíz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza, M., Gallardo-López, F., & Gómez-Merino, F. C. (2011). Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad el Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1).

Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., ... & Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(2), 115-120.

Casasola, F., Ibrahim, M., Harvey, C., & Kleinn, C. (2001). Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 8(30), 17-20.

Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado presente y futuro (No. 581.5 C44Y).

Chiarucci, A., Enright, N. J., Perry, G. L. W., Miller, B. P., & Lamont, B. B. (2003). Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and distributions*, 9(4), 283-295.

Conabio. (2010). El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Encina Domínguez, J. A., Zárate Lupercio, A., Valdés Reyna, J., & Villarreal Quintanilla, J. A. (2007). Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (81).

Endress, B. A., Gorchov, D. L., & Berry, E. J. (2006). Sustainability of a non-timber forest product: effects of alternative leaf harvest practices over 6 years on yield and demography of the palm Chamaedorea radicalis. *Forest Ecology and Management*, 234(1), 181-191. ISO 690

Esquivel Sheik, M. J., Harvey, C. A., Finegan, B., Casanoves, F., Skarpe, C., & Nieuwenhuyse, A. (2009). Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos de Nicaragua.

Escobar-Ocampo, M., & Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 391-419.

Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J. J., Flores-Guido, J. S., & Zamora-Crescencio, P. (2012). Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica*, (33), 151-174.

Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., ... & Domínguez-Pereda, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 189-200.

Heverástico, C. C., Mata, L. L., & Terrazas, T. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 74(2), 209-230.

Kalesnik, F., Cagnoni, M., Bertolini, P., Quintana, R., Madanes, N., & Malvárez, A. (2005). La vegetación del refugio educativo de la Ribera Norte, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Invasión de especies exóticas. *MISCELÁNEA*, 14, 140.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

López Gómez, A. M., & Williams Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la sociedad botánica de México*, (78).

López, A. S., Rodríguez, A. G., Álvarez, L. B., & Quintana, L. O. Á. (2015). Abundancia y diversidad de plantas leñosas en áreas de bosques semideciduos micrófilos, sometidos a diferentes niveles de perturbaciones antrópicas. *Forestal Veracruzana*, 17(2), 11-20. ISO 690.

López, B. J. M. G., Sevilla, B. W. E. W., & Rivas, B. G. (2007). Universidad Nacional Agraria.

Lot, A., & Chiang, F. (1986). Manual de Herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos (No. Sirsi) i9789686144000 QK61).

Magurran, A. E. (1998). *Ecological diversity and its measurement*. 179p.

Molla, A., & Kewessa, G. (2015). Woody Species Diversity in Traditional Agroforestry Practices of Dellomenna District, Southeastern Ethiopia: Implication for Maintaining Native Woody Species. *International Journal of Biodiversity*, 2015.

Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. A., Yerena Yamallel, J. I., & Cuellar Rodríguez, L. G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1).

Noy-Meir, I., Mascó, M., Giorgis, M. A., Gurvich, D. E., Perazzolo, D., & Ruiz, G. (2012). Estructura y diversidad de dos fragmentos del bosque de Espinal en Córdoba, un ecosistema amenazado. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 47(1-2), 119-133.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Olivares-López, L. A., & Ramos-Prado, J. M. (2013). Estructura y composición arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 91-101.

Rosales Adame, J. J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S. R., & Benz, B. F. (2014). ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN EL SISTEMA AGROFORESTAL DE PIÑA BAJO SOMBRA EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1).

Pérez, A. M., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A., & Siria, I. (2005). Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Rio Blanco (Matagalpa, Nicaragua). *Revista Ecosistemas*, 15(3).

Serrano, J. R., Andrade, H. J., & Mora-Delgado, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1).

Soler, P. E., Berroterán, J. L., Gil, J. L., & Acosta, R. A. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Trop*, 62(1-4), 25-37. ISO 690.

Vila-Ruiz, C., Meléndez-Ackerman, E., Santiago-Bartolomei, R., Garcia-Montiel, D., Lastra, L., Figuerola, C., & Fumero-Caban, J. (2014). Plant species richness and abundance in residential yards across a tropical watershed: implications for urban sustainability. *Ecology and Society*, 19(3).

SM, B., & Bravo, M. B. (2014). Impacto del rolado sobre la biodiversidad de especies leñosas y la biomasa individual de jarilla (*Larrea divaricata*) en el Chaco Árido Argentino. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 22(1-2).

Sánchez Rodríguez, E. V., López Mata, L., García Moya, E., & Cuevas Guzmán, R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (73).

Verzino, G., Joseau, J., Dorado, M., Gellert, E., Rodríguez Reartes, S., & Nobile, R. (2005). Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 25-34.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó., Pando-Moreno, M., & González-Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y bosques*, 15(3), 5-20.

Rzedowski, J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, (35), 25-44

Sánchez-Velásquez, L. R., Ramírez-Bamonde, E. S., Andrade-Torres, A., & Rodríguez-Torres, P. (2008). Ecología, florística y restauración del bosque mesófilo de montaña. *Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México*, 9-49.

Geupel, C. J. R. G. R., Martin, P. P. T. E., & Milá, D. F. D. B. (1997). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres.

Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. L., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 26(1), 1-17.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Agaves y Taxa Vegetales Asociados al Sistema Agroforestal con Metepantle en Tepetlaoxtoc, México

Miriam Galán Reséndiz.<sup>1</sup>; Rosa García Núñez.<sup>1</sup>; Rogelio Álvarez Hernández.<sup>2</sup>; Jesús A. Cuevas Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Texcoco, México. miriamgalanr.suelos@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de preparatoria Agrícola, Centro de Investigación en Agricultura Orgánica y Alternativa, Texcoco, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, Banco Nacional de Germoplasma (BANGEV) Texcoco, México.

#### Resumen

Los Sistemas Agroforestales Ancestrales con Metepantle en las comunidades San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, San Vicente, La Asunción, La Santísima y San Bernardo Tlalminilolpan en Tepetlaoxtoc, México, fueron caracterizados en colaboración con la Asociación de Magueyeros Xóchitl A. C., el Colectivo Chinicuiles, el Centro de Investigación en Agricultura Orgánica y Alternativa UACh y miembros de la comunidad, durante los veneros de 2016 y de 2017 en las clases de tierra campesinas identificadas para este municipio. Se seleccionaron tres transeptos por clase donde el diseño del sistema fue diferenciado a partir del espaciamiento (m) entre hileras de *Agave*, el espaciamiento entre plantas, la pendiente (%), el intervalo vertical (IV), el intervalo horizontal (IH), las variedades, la densidad y edad de plantación. Se seleccionaron aleatoriamente tres Agaves para caracterizar las variedades (nombre común), el diámetro de copa (m, %), la cobertura (m, %), el diámetro (m) y área basal (m, %), altura (m), número total de hojas desplegadas, longitud (m), ancho parte media (m), longitud de la espina terminal (mm), número y separación entre espinas laterales (mm) así como su uso y manejo que permitió evidenciar que históricamente ha posibilitado la obtención de un abastecimiento consistente, fundamentado en los usos múltiples de las variedades de *Agave* pulquero que popularmente se conocen como maguey Manso, Verde, Ayoteco, Carrizo y Púa larga y los taxa vegetales silvestres, tolerados, fomentado y domesticados como el maíz, nopal, frijol, calabaza, los árboles y arbustos de usos múltiples como el huizache, pirul, palo dulce, fresno, durazno, piñón, encino, tepame, tepozán y capulín. Esto, en contribución al entendimiento de los sistemas agroforestales con metepantle en suma a investigaciones recientes de estas formas ancestrales de uso y manejo de la tierra, para la generación de estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento, que permita su posterior manejo sustentable.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Palabras clave:** Clase campesina de tierra; Sistema Agroforestal; Metepantle; Ancestral; Tepetlaoxtoc.

### 1. Introducción

El Metepantle en lengua náhuatl (metl, maguey; pantle, bandera, división), como un Sistema Agroforestal (Moreno-Calles, 2013) puede ser considerado una práctica ancestral de los pueblos originarios de México. Históricamente ha posibilitado la obtención de un abastecimiento comunal consistente. Fundamentado en los usos múltiples del *Agave*, conocido popularmente como maguey, en asociación con otras especies vegetales locales como maíz, nopal, frijol y calabaza, que de acuerdo con Flores-Sánchez (2012) ha contribuido a la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria de las comunidades que lo practican.

Sin embargo, lo anterior no quiere decir que este tipo de sistemas agrícolas con metepantle sean, necesariamente, productivos. Debido a que se encuentran aunados a un deterioro generalizado de la capacidad productiva de la tierra que como menciona Duran (2003) se debe en gran parte a la deforestación, el cambio de hábito de consumo de las comunidades y al uso inapropiado de los recursos, trayendo. Por consecuencia, al mismo ritmo de la pérdida vegetal y edáfica, la pérdida de la riqueza cultural y de conocimientos sobre los recursos (Lagos-Witte, 2004).

En Tepetlaoxtoc, el cultivo de maguey pulquero, pervive como mencionan González y Meléndez (2016) en las condiciones ecológicas de la región, reflejado en prácticas sociales y productivas, determinadas por la articulación histórica de sus procesos tecnológicos y culturales, así como su impacto. Es para este pueblo una estrategia de conservación de la diversidad porque además permite la utilización de terrenos agrestes, mantiene fija la tierra, es decir, evita sea arrastrada por las corrientes de las aguas y les deje estériles e improductivas (Juárez-Flores, 2002) para a la agricultura.

Por lo que el objetivo de la investigación es contribuir al entendimiento de los sistemas agroforestales ancestrales con metepantle a través de la diferenciación y caracterización del diseño de las hileras de maguey que lo integran, así como las variedades de *Agave* y los *taxa* vegetales asociados, que permita diseñar estrategias para su posterior manejo sustentable. En suma, a las investigaciones recientes de estas formas ancestrales de uso y manejo de la tierra, para la generación de estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento de los sistemas agroforestales que empiezan a ser reconocidos como parte del patrimonio de los pueblos originarios de México.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

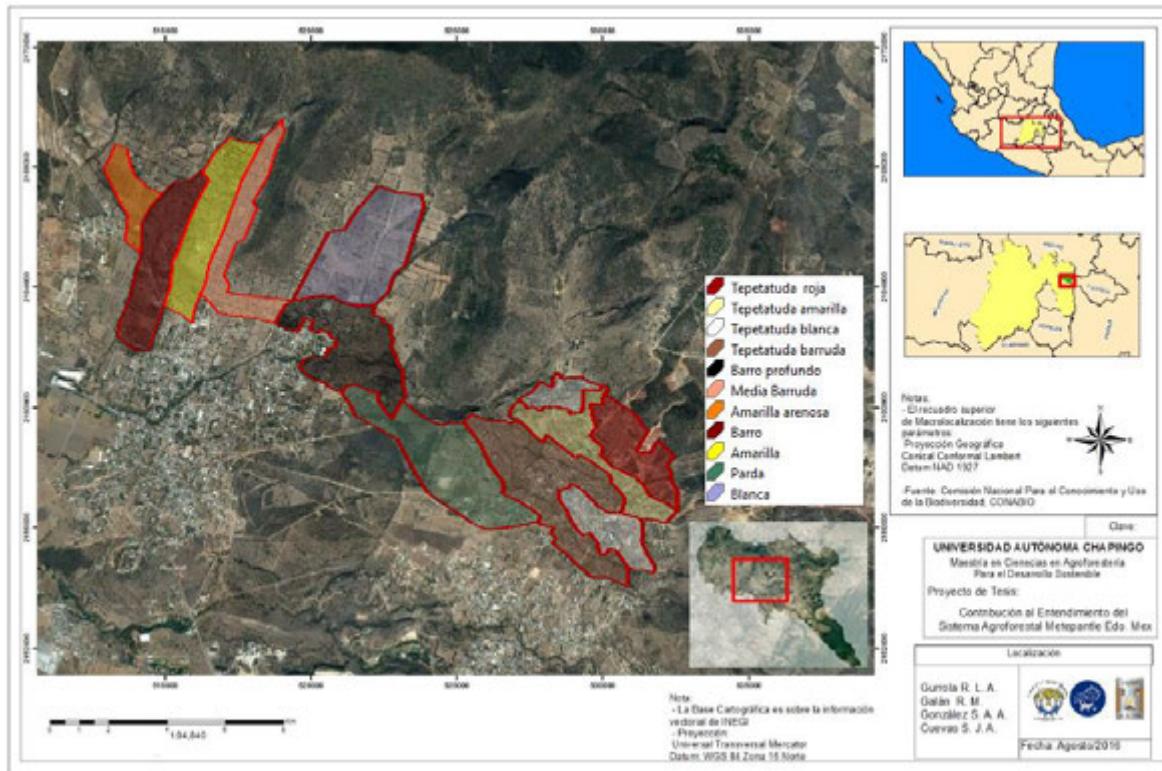
### 2. Metodología

#### Materiales y métodos

El trabajo se realizó, en las comunidades de San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, San Vicente, La Santísima y San Bernardo Tlalmimilolpan en el municipio de Tepetlaoxtoc de Hidalgo, Estado de México, en colaboración con la Asociación de Magueyeros Xóchitl A. C., el Colectivo Chinicuiles y miembros de las comunidades.

Durante el periodo comprendido en el verano de 2016 y el verano de 2017 en las Clases Campesinas de Tierras de Tepetlaoxtoc, México, identificadas en el proyecto de tesis que lleva por título Contribución al entendimiento del Sistema Agroforestal con Metepantle en Tepetlaoxtoc, México, de programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, en colaboración con el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México (BANGEV, UACH) y el Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo.

**Figura 1. Localización área de estudio, Tepetlaoxtoc de Hidalgo, México.**



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Descripción geográfica del área de estudio

Las comunidades se encuentran situadas entre 2 200 y 2 500 m de elevación, sus coordenadas geográficas están entre los 19°28' y 19°38' de Latitud Norte; los 98°39' y 98°52' de Longitud Oeste. Fisiográficamente (INEGI 2009). Corresponden a la provincia del Eje Neovolcánico, subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac en las topoformas lomerío de basalto, sierra volcánica con estrato volcanes, vaso lacustre con lomerío salino y lomerío de tobas.

La geología corresponde a rocas ígneas extrusivas toba básica, andesita y basalto el suelo dominante es Phaeozem, seguido de Andosol, Vertisol y Umbrisol, Pertenecen a la Región hidrológica Pánuco, Cuenca. R. Moctezuma, Subcuenca L. Texcoco y Zumpango, con las corrientes de agua Intermitentes Ahuayoto, El Órgano y Sila. El clima es Cw1, predominante del tipo subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C y precipitación media anual entre 700 y 1000 mm, con influencias polares lo cual se manifiesta con una baja oscilación anual de la temperatura ( $\pm 6^{\circ}\text{C}$ ) y la influencia de frentes fríos invérnale.

### Diseño de las hileras de *Agave*

La caracterización se realizó en las Clases Campesinas de Tierra de Tepetlaoxtoc a través de la selección de un transepto con tres repeticiones con dimensiones de 30 m de largo por la medida más grande de diámetro de penca abierta (Cuadro 1), representativos del sistema agroforestal con metepantle por clase.

El diseño de las hileras de maguey que componen el sistema fue diferenciado a partir de la determinación del espaciamiento (m) entre hileras de *Agave*, el espaciamiento entre *Agaves* y la pendiente (%) del transepto.

**Cuadro 1. Clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México y dimensiones de los transeptos.**

Clase de tierra	Nomenclatura	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Tepetatuda rojo	Tr	1.80	54.00
Tepetatuda Blanca	Tc	3.60	108.00
Tepetatuda barruda	Tb	3.10	93.00
Tepetatuda Amarilla	Tm	2.15	64.50

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

<b>Amarilla arenosa</b>	Aa	3.20	96.00
<b>Amarilla</b>	Am	3.50	105.00
<b>Parda</b>	Pa	2.10	63.00
<b>Barro</b>	Tb	1.95	58.50
<b>Barro profundo</b>	Bp	1.90	57.00
<b>Media barruda</b>	Mb	2.30	69.00
<b>Blanca</b>	Bl	1.50	45.00

El espaciamiento se midió utilizando la diferencia de nivel entre las hileras superior e inferior del transepto, denominado intervalo vertical (IV) y considerando la distancia horizontal (m) entre ellas, intervalo horizontal (IH). El intervalo vertical se calculó utilizando la siguiente fórmula (Villa *et al.*, 2012).

$$IV = \left( 2 + \frac{P}{3} \right) (o.305)$$

El intervalo horizontal se estima utilizando la fórmula siguiente.

$$IH = \frac{IV}{P} (100)$$

Dónde: IH es el intervalo horizontal (m); IV es el intervalo vertical (m): y P es la pendiente del terreno (%).

El análisis multivariado del diseño de las hileras de Agave se realizó mediante el Análisis de Conglomerados o Cluster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de Wards.

### Variedades de Agave y los *taxa* vegetales asociados

En el transepto y repeticiones establecido se determinó la Densidad de plantación (número de Agaves/transepto), las variedades, número variedades por transepto y de los Individuos de las variedades por transepto y la edad de la plantación.

Se seleccionaron aleatoriamente tres Agaves por transepto y repetición a los cuales se les identificó la variedad (nombre común), y determinó la estructura mediante la toma del diámetro de copa –diámetro de penca a penca abierta- (m, %), la cobertura (m, %) N-S y E-O, el diámetro y área basal (m, %), altura (m), número total de hojas desplegadas. Las hojas se evaluaron a través de la elección aleatoria de tres plantas por transepto, a las que se midieron, longitud (m), aparte media de la hoja (m), longitud de la espina terminal (mm), número de espinas laterales y la separación entre espinas laterales (mm).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En el caso de los *taxa* vegetales asociado se cuantificaron los árboles y arbustos de usos múltiples presente en el sistema, el número de especies, la densidad de las especies, así como el uso de estas.

Respecto al manejo y aprovechamiento las características que se consideraron fueron la asociación de cultivos entre hileras, número de especies, el uso de maquinaria agrícola, fertilizantes y/o abonado. Determinadas por medio de recorridos de campo y entrevistas semiestructuradas focalizadas, grupales y a informantes clave a través de algunas metodologías propuestas por Gelfius en 2002.

El análisis multivariado de las características estructurales de las variedades de *Agave* se realizó mediante el Análisis de Conglomerados o Cluster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de Wards.

### 3. Resultados

#### Diseño de las hileras de *Agave*

En México se reconocen de acuerdo con Rojas (1991) tres tipos de terrazas, consideradas ancestrales, el tenamitl con muro de tepetate o tierra, la represa en arroyos y barrancas con muros de piedra y los metepantles, terrazas en laderas suaves, bancales, melgas o semiterrazas estabilizadas con maguey para modificar la superficie con el levantamiento de bordos estabilizados con *Agave* y especies locales.

En el Cuadro 2 se observa el diseño que mostraron poseer las hileras de *Agave* respecto a la pendiente fue 1.9 a 17% en las Clases Tb y Tr respectivamente, el espaciamiento entre hileras de 5.0 m en Ba a 20 m Aa, el espaciamiento entre *Agave* varió de 2.50 a 4.5 m, de Pa a Am y Mb, el Intervalo vertical tuvo un rango de 0.80 a 2.35 m entre Tb y Tr y el Intervalo horizontal de 13.73 a 42.27 m, de Tr y Tb, mientras la densidad de población fue de 7 a 13 *Agaves* por transepto de Tc y Mb a Am.

Las variedades presentes se observan en el Cuadro 3, la clase de tierra con mayor número de variedades fue Am y con menor 2, Tc, Pa y Bp.

**Cuadro 2. Diseño de las hileras de Maguey y variedades en las clases campesinas de tierra.**

Clase	P	Eh	EA	IV	IH	Dp	Va
Tr	17.1	6.00	3.00	2.35	13.73	8	1, 2, y 5
Tc	4.9	7.00	3.80	1.11	22.62	7	1 y 2
Tb	1.9	6.50	2.60	0.80	42.27	12	1, 2, 3 y 4
Tm	9.6	6.00	3.50	1.59	16.52	8	1, 2, 3 y 4

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

								1, 2, 3 4 y 5
Aa	7.0	20.00	3.50	1.32	18.88	9		
Am	7.7	6.50	4.50	1.39	18.09	13	1, 2, 3 y 5	
Pa	5.0	10.00	2.50	1.12	22.37	12	1 y 2	
Ba	3.7	5.00	2.60	0.99	26.65	9	1, 2, 3 y 4	
Bp	6.1	17.00	3.00	1.23	20.17	10	1 y 2	
Mb	8.4	10.50	4.50	1.46	17.43	7	1, 2 y 3	
Bl	6.7	5.50	3.00	1.29	19.27	10	1, 2 y 4	

Nota: P. Pendiente (%); Eh. Espaciamento entre hilera (m); EA. Espaciamento entre Agave (m); IV. Intervalo vertical (m); IH. Intervalo horizontal (m); Dp. Densidad de población; Va. Variedades



**Figura 2.** Sistema Agroforestal con Metepantle típico de Tepetlaoxtoc, México

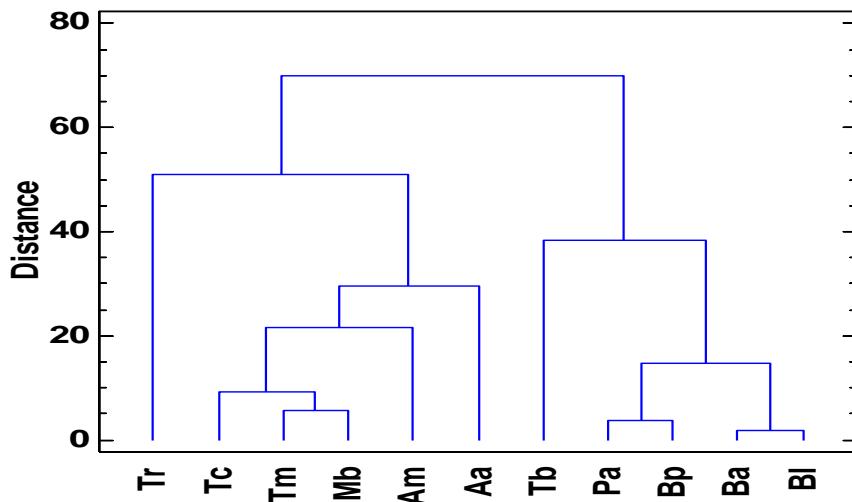
**Cuadro 3.** Variedades de Agave presentes en la comunidad

No.	Nombre común	Nombre científico
1	Manso	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm.
2	Verde	<i>Agave Americana</i> sp
3	Ayoteco	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm
4	Carrizo	<i>Agave</i> sp.
5	Púa larga	<i>Agave</i> sp.

El análisis multivariado del diseño de las hileras de Agave se realizó mediante el Análisis de Conglomerados o Cluster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de Wards mostro dos grandes grupos de diseño el primero Tr, Tc, Tm, M, Am y Aa, el segundo constituido por Tb, Pa, Bo Ba y Bl, que se sugirieron en 2 partes, el primer grupo quede representado en el primer subgrupo por Tr y las clases Tc, Tm, Mb, Am y Am en la segunda subagrupación, el segundo grupo se subdivido en Tb por un lado contra Pa, Ep, Bp, Ba y Bl por el otro lado (Figura 3).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Análisis Cluster. Diseño de las Hileras de Agave Ward's Method, Squared Euclidean



### Variedades de Agave y los taxa vegetales asociado

En México se cultivan diversas variedades de Agave, importantes económica y culturalmente, se considera centro de origen del género Agave, se reportan 272 especies, (Nobel, 1998; Rzedowski y Calderón, 1990). Este trabajo evidencia las variedades y su distribución en las diferentes clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, así como la estructura que poseen las variedades de Agave en las diferentes clases de tierra. Los resultados se muestran por variedad de Agave, en términos que usan para referirse a estas cotidianamente, y las características que presentaron en cada clase campesina de tierra.

#### Variedades de Agave

En el municipio de Tepetlaoxtoc se entroneraron las variedades de *Agave* pulquero que popularmente se conocen como maguey Manso, Verde, Ayoteco, Carrizo y Púa larga (Cuadro 3). Las variedades 1 y 2 estuvieron presentes en todas las clases, la 5 solo en Tr, Am y Aa, en Tb, Tm, Aa, Am, Ba y Mb la 3 y en Tb Tm, Aa, Ba y Bl la variedad 4 (Cuadro 4.). Las especies de las cuales se obtiene

el pulque son *A. salmiana* y *A. americana*, encontrándose presentes en todas las clases de tierra.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 4. Variedades de Agave  
presentes en la comunidad**

			1, 2, 3, 4 y 5
Aa			
Am			1, 2, 3 y 5
Pa			1 y 2
Ba			1, 2, 3 y 4
Bp			1 y 2
Mb			1, 2 y 3
Bl			1, 2 y 4
Tm	1, 2, 3 y 4		

Respecto al del diámetro de copa, que para fines prácticos se nombró en esos términos al diámetro de penca a penca abierta (m, %), la cobertura (m, %) N-S y E-O, el diámetro y área basal (m, %) y altura (m) en los Cuadros 5, 7, 9, 11 Y 13 mientras que las hojas se evaluaron a través del número total de hojas desplegadas y la elección aleatoria de tres plantas por transepto, a las que se midieron, longitud (m), aparte media de la hoja (m), longitud de la espina terminal (mm), numero de espinas laterales y la separación entre espinas laterales (mm), como se muestra en los Cuadros 6, 8, 10, 12 y 14. Los Cuadros muestran los valores medios obtenidos por Clase Campesina de Tierra de los repeticiones y repeticiones transepto.

En las figuras 4, 7, 9, 11, 13 y 14 se muestran los Dendrogramas del análisis multivariado para la estructura de las variedades de Agave que se realizaron mediante el Análisis Cluster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de Wards que mostro los diferentes grupos y subgrupos de las clases de tierra que poseen características similares en la misma variedad de maguey.

**Cuadro 5. Estructura del maguey manso en las clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	A	B	C	D	E	F	G	H
Tr	5	1.79	2.52	4.66	0.50	0.19	0.36	1.38
Tc	8	3.50	9.62	8.91	0.80	0.50	0.47	1.92
Tb	12	3.25	8.30	6.91	1.25	1.23	1.06	2.80
Tm	15	2.12	3.53	5.47	0.77	0.46	0.71	2.20
Aa	16	3.20	8.02	8.35	0.42	0.14	0.14	1.22
Am	5	1.26	1.25	1.26	0.61	0.29	0.30	1.65
Pa	4	1.15	1.04	2.47	0.40	0.12	0.30	1.45

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Ba	9	1.44	1.63	2.52	0.27	0.06	0.09	1.60
Bp	9	1.85	2.69	4.07	0.62	0.30	0.46	1.40
Mb	10	1.95	2.99	4.33	0.53	0.22	0.31	1.60
Bl	8	1.55	1.89	3.14	0.48	0.18	0.30	1.40

Nota. A. Edad de la planta (años); B. Diámetro de copa (m); C. Cobertura ( $m^2$ ); D. Cobertura (%); E. Diámetro basal (m); F. Área basal ( $m^2$ ); G. Área basal (%); H. Altura (m).

Para el caso del maguey manso en las clases campesinas de tierra el trabajo muestra que la edad de las plantaciones mendos fue de 4 años y la mayor de 16 años en las clases Pa y Aa, los restantes Tc, Tb, Ba, Bp, Mb, Bl, se encuentran entre Tr, Am de 5 y Tm, de 15 años. Respecto a la estructura general del Agave el diámetro de copa, término que para fines prácticos se usó para diámetro de penca a penca abierta varió 1.15 a 3.5 m, de Pa y Tc, la cobertura de 1.04 a 9.62 m de Pa a Tc y en porcentaje de 1.26 a 8.91 % de Am a Tc, con base a las dimensiones del transepto (Cuadro 1), el diámetro basal de 0.27 a 1.25 m, el menor en Ba y el mayor en Tb, el área basal cambio de 0.06 a 1.23  $m^2$ , de Ba a Tb, en porcento del 0.09 y 1.06 % y altura de 1.22 2.80 m.

Las hojas se evaluaron a través del número total de hojas desplegadas y la elección aleatoria de tres hojas por variedad evaluada, los valores medios se observan en el Cuadro 6, la longitud varió de 0.94 a 2.0 m de Pa a Aa, la parte media de la hoja 0.19 a 0.32 m de Tc a Aa, la longitud de la espina terminal de 53.00 y 81.33 mm de Tm a Mb, el número de espinas laterales de 10 a 50 de Bl a Tb y la separación entre espinas laterales en mm de 29.95 a 75.57 en Bl, Tr y Mb.

Cuadro 6. Estructura de la hoja de maguey manso en las clases campesinas de tierra de Tepetlaotoc, México

Clase	I	J	K	L	M	N
Tr	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95
Tc	17	1.22	0.19	64.92	33	57.20
Tb	20	1.79	0.30	53.50	50	40.50
Tm	22	1.89	0.25	53.00	44	49.10
Aa	13	2.00	0.32	74.70	40	68.29
Am	12	1.10	0.27	62.92	30	60.42
Pa	10	0.94	0.22	76.30	33	45.50
Ba	10	1.1.1	0.22	80.90	30	66.60

Bp	14	1.30	0.26	60.37	20	62.05
Mb	15	1.57	0.23	81.33	19	75.57
Bl	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95

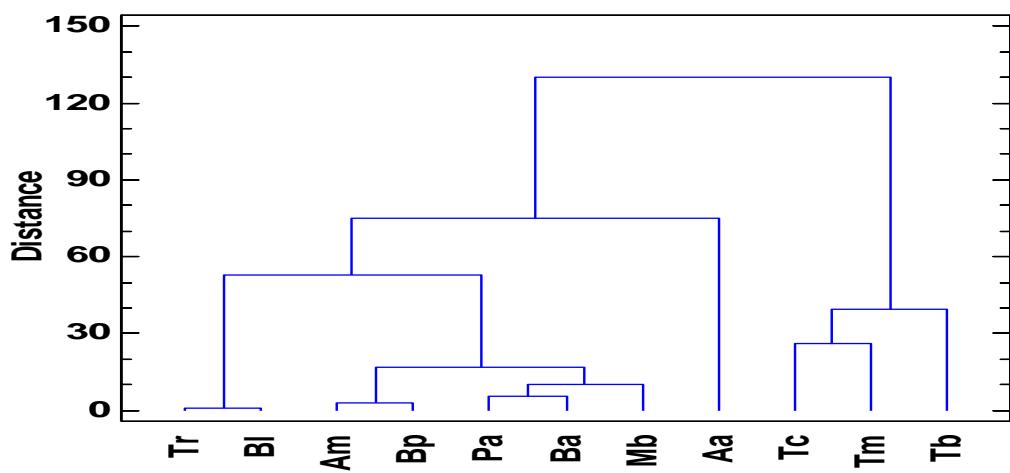
Nota: I. No. Total de hojas desplegadas; J. Longitud de la hoja (m); K. Ancho parte media de la hoja (m); L. Longitud de la espina terminal (mm); M. No. de espinas laterales; N. Separación entre espinas laterales (mm).

Figura 4. Maguey Manso

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Analisis Cluster. Maguey Manso  
Ward's Method, Squared Euclidean**



**Cuadro 7. Estructura del maguey verde en las clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	A	B	C	D	E	F	G	H
Tr	5	1.60	2.01	3.72	0.46	0.17	0.31	1.11
Tc	10	2.53	5.01	6.42	0.34	0.09	0.12	2.78
Tb	10	2.62	5.37	5.77	0.69	0.37	0.40	2.25
Tm	15	2.01	3.17	4.92	0.40	0.12	0.19	2.10

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Aa	7	3.09	7.47	8.04	0.37	0.10	0.12	2.10
Am	7	2.00	3.14	2.99	0.65	0.33	0.32	2.30
Pa	5	1.75	2.41	3.82	0.50	0.19	0.31	1.26
Ba	10	1.79	2.52	4.30	0.49	0.18	0.32	1.75
Bp	15	1.69	2.24	3.94	0.55	0.24	0.42	1.70
Mb	10	1.83	2.62	4.71	0.51	0.20	0.37	2.00
Bl	7	1.44	1.62	3.59	0.34	0.09	0.20	1.20

Nota. A. Edad de la planta (años); B. Diámetro de copa (m); C. Cobertura ( $m^2$ ); D. Cobertura (%); E. Diámetro basal (m); F. Área basal ( $m^2$ ); G. Área basal (%); H. Altura (m).

El maguey verde en las clases campesinas de tierra el trabajo muestra que la edad de las plantaciones menor fuer de 5 años y la mayor de 15 años en las clases Tr y Pa, las restantes Tc, Tb, Tm y Mb, se encuentran entre Aa, Ba, Aa y Bl, de 7 y Tm y Bp, de 15 años. Respecto a la estructura general del Agave el diámetro de copa, término que para fines prácticos se usó para diámetro de penca a penca abierta varió 1.44 a 3.09 m, de Bl y Aa y la cobertura de 1.62 a 7.41 m y en porcentaje de 1.26 a 8.91 % de Am a Tc, con base a las dimensiones del transepto (Cuadro 1), el diámetro basal de 2.99 a 8.08 m, el menor en Am y el mayor en Aa, el área basal cambio de 0.09 A 0.37  $m^2$ , de Tc, Bl y Tb, en porcionto del 0.12 al 0.42 % y altura de 1.11 a 2.78 m, en Tr y Tc.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 8. Estructura de la hoja de maguey en las clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México, maguey verde.**

Clase	I	J	K	L	M	N
Tr	12	1.09	0.16	77.11	28	38.80
Tc	12	1.09	0.17	77.11	28	38.80
Tb	19	1.33	0.30	51.29	44	70.50
Tm	20	1.79	0.31	53.50	50	40.50
Aa	12	1.09	0.17	77.11	28	38.80
Am	11	1.10	0.23	81.40	27	79.70
Pa	11	0.93	0.18	58.88	30	46.42
Ba	12	1.08	0.22	76.70	25	55.40
Bp	11	1.10	0.23	79.10	27	78.70
Mb	11	1.10	0.23	79.10	27	78.70
Bl	11	1.10	0.23	79.10	27	78.70

Nota: I. No. Total de hojas desplegadas;  
J. Longitud de la hoja (m); K. Ancho

parte media de la hoja (m); L. Longitud de la espina terminal (mm); M. No. de espinas laterales; N. Separación entre espinas laterales (mm).

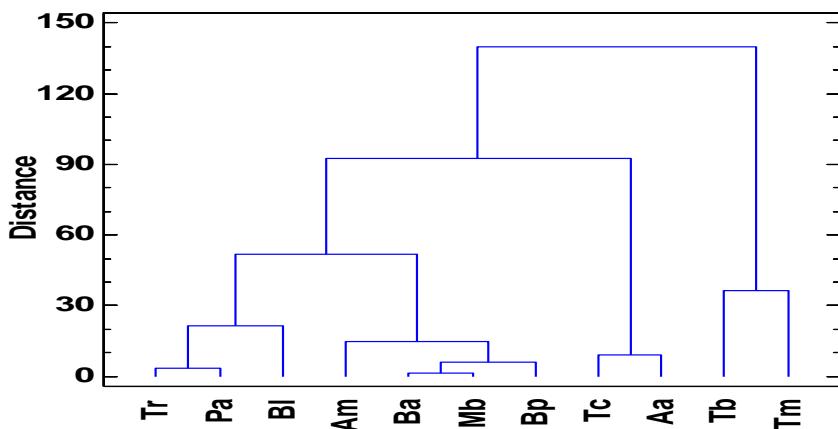
**Figura 6. Maguey Verde.**



Las hojas se evaluaron a través del número total de hojas desplegadas y la elección aleatoria de tres hojas por variedad evaluada, los valores medios se observan en el Cuadro 8, la longitud varió de 0.93 a 1.79 m de Pa a Tm, la parte media de la hoja 0.16 a 0.31m de Tr a Tm, la longitud de la espina terminal de 51.29 a 81.40 mm de Tb a Am, el número de espinas laterales de 25 a 50, Bp a Tm y la separación entre espinas laterales en mm de 40.50 a 79.70 en Tm y Am.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Análisis Cluster. Maguey Verde  
Ward's Method, Squared Euclidean**



**Cuadro 9. Estructura del maguey ayoteco en las clases campesinas de tierra en Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	A	B	C	D	E	F	G	H
Tb	8	3.00	7.07	7.60	0.47	0.17	0.18	1.71
Tm	15	1.96	3.02	4.68	0.42	0.14	0.21	2.00
Aa	6	2.78	6.05	6.50	0.26	0.05	0.06	2.03
Am	7	2.04	3.27	3.11	0.59	0.27	0.26	1.77
Ba	9	1.65	2.13	3.30	0.33	0.09	0.13	1.64
Mb	9	1.81	2.57	4.64	0.53	0.22	0.39	1.67

Nota. A. Edad de la planta (años); B. Diámetro de copa (m); C. Cobertura ( $m^2$ ); D. Cobertura (%); E. Diámetro basal (m); F. Área basal ( $m^2$ ); G. Área basal (%); H. Altura (m).

El maguey ayoteco en las clases campesinas de tierra el trabajo muestra que solo se encuentra en las clases Tb, Tm, Aa, Am, Ba y Mb, con edades de plantación menor de 7 años y la mayor de 15 en las clases Aa y Tm, las restantes, se encuentran entre, 7 y 9 años en Am y Ba y Mb. Respecto a la estructura general del Agave el diámetro de copa, término que para fines prácticos se usó para diámetro de penca a penca abierta varió 1.65 a 3 m, de Ba y Tb y la cobertura de 2.13 y 7.07 m y en porcentaje de 3.11 y 7.60 % de Aa a Tc, con base a las dimensiones del transepto (Cuadro 1), el diámetro basal de 0.26 - 0.59 m, el menor en Aa y el mayor en Am, el área basal cambio de 0.05 y 0.27  $m^2$ , en porcento del 0.06 al 0.26 % y altura de 1.64 a 2.03m, en Ba y Aa.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 10. Estructura de la hoja de maguey ayoteco en las clases campesinas de tierra en Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	I	J	K	L	M	N
Tb	19	1.33	0.30	51.29	44	70.20
Tm	20	1.79	0.31	53.50	50	40.50
Aa	10	1.10	0.22	80.90	31	66.60
Am	12	1.10	0.27	62.92	30	60.42
Ba	15	1.58	0.21	74.59	38	44.12
Mb	17	1.22	0.19	64.92	33	57.20

Nota: I. No. Total de hojas desplegadas; J. Longitud de la hoja (m); K. Ancho parte media de la hoja (m); L. Longitud de la espina terminal (mm); M. No. de

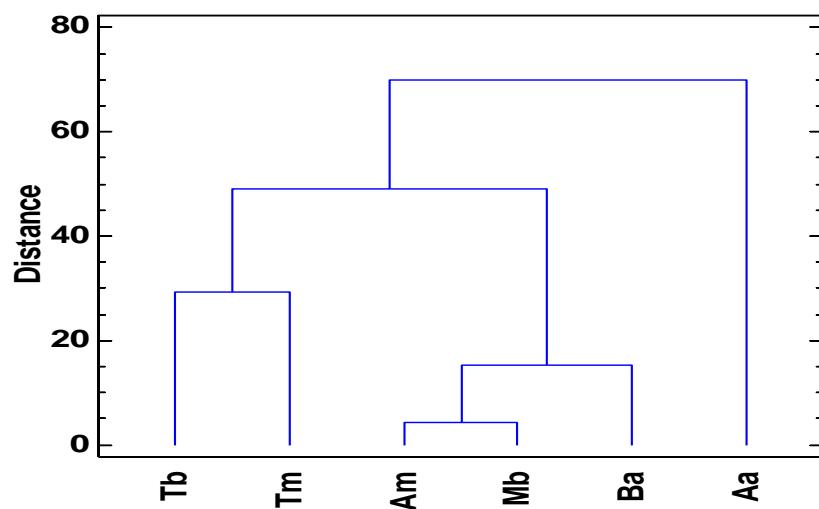
espinas laterales; N. Separación entre espinas laterales (mm).

**Figura 8. Maguey Ayoteco.**



Los valores medios de hojas que se observan en el Cuadro 10, muestran que el número de pencas desplegadas fue de 10 a 20 pencas en las clases Aa y TM, la longitud varió 1.10 A 1.79 m de Am a Tm, la parte media de la hoja 0.19 a 0.31m de Mb y Tm, la longitud de la espina terminal de 51.29 y 80.90 mm de Tb y Aa, el número de espinas laterales de 30 a 50, de Aa a Tm y la separación entre espinas laterales en mm de 40.50 a 79.70 en Tm y Am.

### Análisis Cluster. Maguey Ayoteco Ward's Method, Squared Euclidean



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En el caso del maguey carrizo y púa larga, solo se distribuyen para el primero en Tb, Tm, Aa, Am, Ba y Tr, Am y Aa, para la segunda con la estructura general y de la hoja como se muestran en los Cuadro 11 al 14.

**Cuadro 11. Estructura del maguey carrizo en las clases Campesinas de tierra en Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	A	B	C	D	E	F	G	H
Tb	5	2.37	4.41	4.74	0.69	0.37	0.40	1.93
Tm	10	1.42	1.57	3.49	0.23	0.04	0.09	2.10
Aa	7	2.59	5.27	5.49	0.39	0.12	0.12	1.45
Ba	10	1.70	2.26	3.86	0.52	0.21	0.36	1.54
Bl	4	1.71	2.30	5.89	0.34	0.09	0.23	1.25

Nota. A. Edad de la planta (años); B. Diámetro de copa (m); C. Cobertura ( $m^2$ ); D. Cobertura (%); E. Diámetro basal (m); F. Área basal ( $m^2$ ); G. Área basal (%); H. Altura (m).

**Cuadro 12. Estructura de la hoja de maguey carrizo en las clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	I	J	K	L	M	N
Tb	18	1.49	0.31	63.07	39	71.63
Tm	20	2.32	0.38	57.68	44	42.94
Aa	14	0.89	0.21	67.30	31	44.40
Ba	16	1.10	0.23	79.10	27	78.70
Bl	15	1.00	0.23	84.53	22	87.44

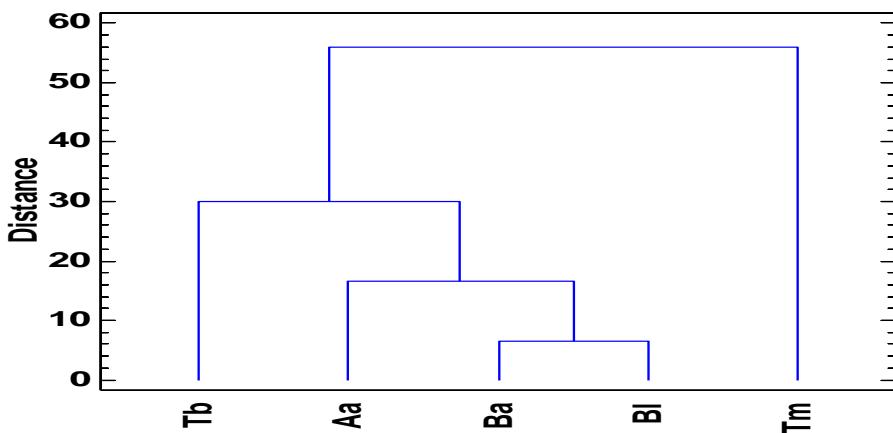
Nota: I. No. Total de hojas desplegadas; J. Longitud de la hoja (m); K. Ancho parte media de la hoja (m); L. Longitud de la espina terminal (mm); M. No. de espinas laterales; N. Separación entre espinas laterales (mm).

**Figura 10. Maguey Carrizo**



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Análisis Cluster. Maguey Carrizo  
Ward's Method, Squared Euclidean**



**Cuadro 13. Estructura del maguey púa larga en las clases campesinas de tierra en Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	A	B	C	D	E	F	G	H
Tr	5	1.75	2.41	4.45	0.47	0.17	0.32	1.30
Aa	7	2.59	5.27	5.49	0.39	0.12	0.12	1.45
Am	5	1.15	1.04	1.05	0.66	0.34	0.34	2.15

Nota. A. Edad de la planta (años); B. Diámetro de copa (m); C. Cobertura ( $m^2$ ); D. Cobertura (%); E. Diámetro basal (m); F. Área basal ( $m^2$ ); G. Área basal (%); H. Altura (m).

**Cuadro 14. Estructura de la hoja de maguey púa larga en las clases campesinas de tierra de Tepetlaoxtoc, México.**

Clase	I	J	K	L	M	N
Tr	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95
Aa	13	2.00	0.32	74,7	40	68.29

Am 10 1.10 0.23 79.10 27 78.70

Nota: I. No. Total de hojas desplegadas; J. Longitud de la hoja (m); K. Ancho parte media de la hoja (m); L. Longitud de la espina terminal (mm); M. No. de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

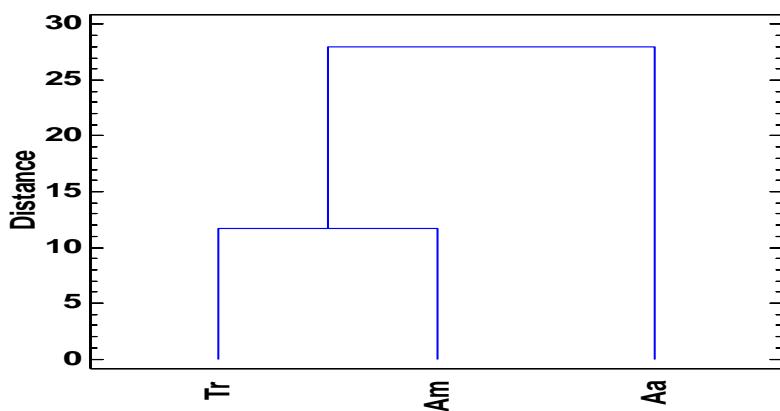
espinas laterales; N. Separación entre espinas laterales (mm).



**Figura 12. Maguey Púa Larga**

F

**Análisis Cluster. Maguey Púa Larga  
Ward's Method, Squared Euclidean**



### Los *taxa* vegetales asociados al metepantle

Los resultados mostraron en las Clases Campesinas de Tierra de Tepetlaotoc los taxa vegetales silvestres, tolerados, fomentado y domesticados (Cuadro 15) como el maíz, nopal, frijol, calabaza, de acuerdo con las entrevistas realizadas para el periodo comprendido en esta investigación y mostraron y años anteriores (Cuadro 16), los árboles y arbustos de usos múltiples fueron el huizache, pirul, palo dulce, fresno, durazno, piñón, encino, tepame, tepozán y capulín (Cuadro 18), así como se distribuyen en las clases de tierra campesinas como se muestra en el Cuadro 17.

Número	Cultivo	
1		Maíz
2		Frijol
3		Calabaza
4		Haba

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

5	Avena	Tc	Ninguno	1 y 2
		Tb	Ninguno	1, 2 y 3
		Tm	Ninguno	3
		Aa	Ninguno	1 y 2
		Am	Ninguno	1, 2, 3 y 4
		Pa	5	1, 2, y 4
		Ba	1	1, 2 y 4
		Bp	5	1, 2 y 5
		Mb	1	1, 2, 3 y 5
		Bl	Ninguno	Ninguno
Clase	Cultivos entre Años hileras anteriores			
Tr	Ninguno	1 y 2		

Los árboles y arbustos utilizados en el metepantle generalmente son resistentes a la sequía y tienen importantes funciones, conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la xerófita, pastizales, matorrales, bosques, etc. Generalmente forma grupos o conglomerados dispersos dentro de la vegetación de pastizal y se les encuentra en el mismo habitat con nopaleras y matorral micrófilo (Gentry, 1982).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 17. Árboles y arbustos de usos múltiples en las clases campesinas de tierra**

Clase	AAUM
Tr	3, 5, 6 Y 14
Tc	Ninguno
Tb	1, 4, 5, 6, 10, 11 Y 14
Tm	4 y 9
Aa	6, 2 y 3
Am	Ninguno
Pa	3, 4, 6,
Ba	3, 4 5, 11 y 12
Bp	4, 5, 6 y 13
Mb	1, 4, 5, 6 y 7
Bl	4, 5 ,6, 7, 12 y 13

Nota: AAUM. Árboles y arbustos de usos múltiples

**Cuadro 18. Árboles y arbustos de usos**

Número	AAUM**	Nombre científico
1	Nopal prieto	<i>Opuntia robusta</i>
2	Nopal chastilla	<i>Opuntia ficus-indica</i>
3	Nopal tunero	<i>Opuntia indica</i> Mill.
4	Nopal de cerro	<i>Opuntia lasiacantha</i>
5	Huizache	<i>Acacia farnesiana</i> ; (L.) Willd.
6	Pirul	<i>Schinus molle</i>
7	Palo dulce	<i>Cyclolepis genistoides</i>
8	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
9	Durazno	<i>Prunus persica</i>
10	Piñón	<i>Pinus pinea</i>
11	Encino	<i>Quercus</i> spp.
12	Tepame	<i>Acacia pennatula</i>
13	Tepozán	<i>Buddleja cordata</i>
14	Capulín	<i>Prunus salicifolia</i>

**múltiples**

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Manejo y aprovechamiento del metepantle

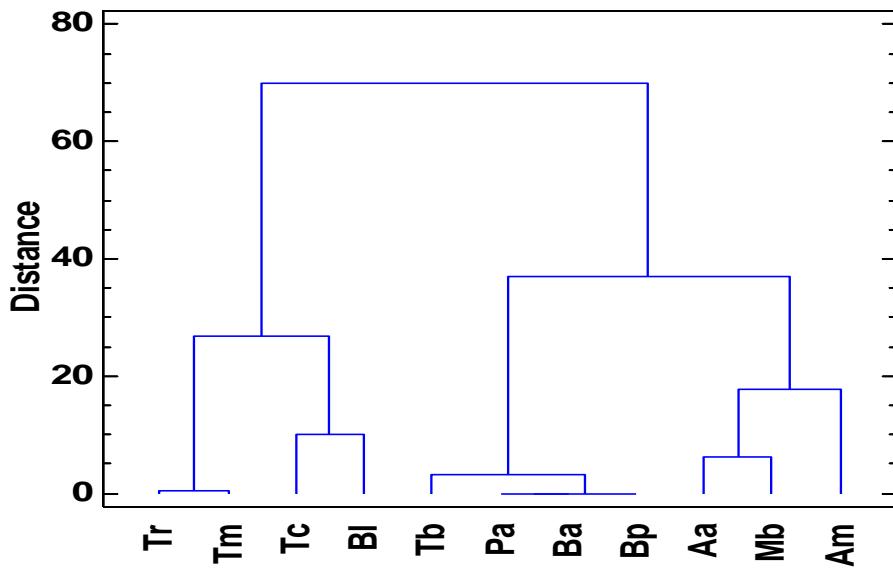
Respecto al manejo y aprovechamiento las características que se consideraron fueron la asociación de cultivos entre hileras, numero de cultivos, el uso de maquinaria agrícola, fertilizantes y/o abonado, control de plagas y enfermedades, uso de herbicidas, ganado y tipo de ganado (Cuadro 19). El maguey se usa de diversas maneras: elaboración de pulque, material para construcción de casas, medicinal, miel, fibra, combustible, como retención de suelos y aprovechamiento de insectos asociados entre otros. Actualmente, el cultivo está en decadencia (Aguilar, et al. 2014).

**Cuadro 19. Manejo del Sistema Agroforestal con Metepantle**

Clase	Uso de maquinaria	Fertilización	Abonado	Control de Plagas y enfermedades	Uso herbicida	de Ganado	Tipo de Ganado
Tr	0	0	1	0	0	1	3
Tc	0	0	0	0	0	1	2
Tb	0	1	1	0	0	0	0
Tm	0	0	1	0	0	1	2
Aa	1	1	1	0	1	0	0
Am	1	0	1	1	0	0	0
Pa	1	1	1	0	0	0	0
Ba	1	1	1	0	0	0	0
Bp	1	1	1	0	0	0	0
Mb	1	1	1	1	1	0	0
Bl	0	0	0	0	0	0	0

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Análisis Cluster. Manejo del Sistema Ward's Method, Squared Euclidean



#### 4. Conclusiones

Las dimensiones de los transeptos fueron de 30 m de largo por la medida más grande de diámetro de penca abierta promedio de las hojas seleccionadas de la penca, transeptos representativos del sistema agroforestal con metepantle por clase.

El diseño de las hileras de Agave respecto a la pendiente fue 1.9 a 17% en las Clases Tb y Tr respectivamente, el espaciamiento entre hileras de 5.0 m en Ba a 20 m Aa, el espaciamiento entre *Agave* varió de 2.50 a 4.5 m, de Pa a Am y Mb, el Intervalo vertical tuvo un rango de 0.80 a 2.35 m entre Tb y Tr y el Intervalo horizontal de 13.73 a 42.27 m, de Tr y Tb, mientras la densidad de población fue de 7 a 13 Agaves por transepto de Tc y Mb a Am.

En el municipio de Tepetlaoxtoc se entraron las variedades de Agave pulquero que popularmente se conocen como maguey manso, verde, ayoteco, carrizo y púa larga (Cuadro 3). Las variedades Masso y Verde estuvieron presentes en todas las clases, la púa larga solo en Tr, Am y Aa, en Tb, Tm, Aa, Am, Ba y Mb el ayoteco y en Tb Tm, Aa, Ba y Bl el carrizo.

Los Dendrogramas del análisis multivariado para la estructura de las variedades de Agave realizados mediante el análisis cluster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Wards mostro la formación de diferentes grupos y subgrupos en las clases de tierra respecto a las características similares que posee una misma variedad de Maguey.

En las Clases Campesinas de Tierra de Tepetlaoxtoc los *taxa* vegetales silvestres, tolerados, fomentado y domesticados (Cuadro 15) como el maíz, nopal, frijol, calabaza. Los árboles y arbustos de usos múltiples fueron el huizache, pirul, palo dulce, fresno, durazno, piñón, encino, tepame, tepozán y capulín, conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la xerófita, pastizales, matorrales, bosques.

Los manejos de los sistemas se diferencian con base a el uso de maquinaria agrícola, fertilizantes y/o abonado, control de plagas y enfermedades, uso de herbicidas, ganado y tipo de ganado, cuyo uso del maguey se evidencio es utilizado de diversas maneras: elaboración de pulque, material para construcción de casas, medicinal, miel, fibra, combustible, como retención de suelos y aprovechamiento de insectos asociados entre otros.

Actualmente este recurso, aunque con problemas en su uso y manejo, recobra vigencia desde el punto de vista socioeconómico y agroecológico por los beneficios que trae a los pobladores del medio rural y al medio ambiente donde se desarrolla. Asimismo, se muestran las bondades que tiene en su uso para el beneficio. Recaen en las nuevas generaciones conservar y reproducir esta serie de procesos productivos y para ello debe de conocer las implicaciones y la importancia cultural del cultivo.

### 5. Referencias

Aguilar J. B., Enríquez del V. J. R., Rodríguez-Ortiz G., Granados S. D., Martínez C. B. (2015). El estado actual de Agave salmiana y A. mapisaga del valle de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca L, Oaxaca México.

Boege, E., & Boege, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas (No. Sirsi) i97896803854).

Durán, V. Y. (2003). Sistemas agroforestales. Universidad Abierta y a Distancia. 148 p.  
Disponible en: [www.agroforesteriaecologica.com](http://www.agroforesteriaecologica.com) (Consultado en marzo 07).

de Rzedowski, C., & Rzedowski, G. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México (No. C/582.09725 F56/2001).

Flores-Sánchez D., Navarro-Garza H., Carballo-Carballo A., Pérez-Olvera Ma. A. (2012). Sistemas de cultivo y biodiversidad periurbana. Estudio de caso en la Cuenca del Río Texcoco. Agroecología Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México. 56230.

García-Herrera, E. J., Méndez-Gallegos, S. J., & Talavera-Magaña, D. (2010). El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. Revista Salud Pública y Nutrición, Special Ed, 5, 109-129.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Gelfius, F. (80). Herramientas para el Desarrollo Participativo; ed. B. Miranda. Octava reimpresión, 29.

Gentry, A. H. (1982). Neotropical floristic diversity: ¿phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny?. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69(3), 557-593.

González -Jácome A. (2011). Historias Varias: Un Viaje en el Tiempo con los Agricultores Mexicanos. Universidad Iberoamericana, México, D.F

González S. A. A. y Meléndez S. E. (2016). Maguey Cultura y Cultivo. Departamento de Sociología Rural, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México.

Lagos-Witte, S. (2004). Tendencias actuales y desafíos de la etnobotánica en la realidad latinoamericana. In: Rangel-Ch. y otros. Memorias Octavo Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Botánica, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 29-41.

Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.

Nobel, R., & Birkinshaw, J. (1998). Innovation in multinational corporations: control and communication patterns in international R & D operations. *Strategic Management Journal*, 19(5), 479-496.

Rojas, T., Romero, M., Rodríguez, C., Von Wobeser, G., & Martínez, T. (1991). La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días (No. 338.10972 A3). Dirección General de Publicaciones del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Villa, O. R. M., Mota, J. L. O., & Menes, M. M. (2012). Evaluación de Terrazas de Banco para Plantaciones Forestales Comerciales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 34(105).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Las Cícadas del Invernadero de Especies Tropicales de la Universidad Autónoma Chapingo.

María Sol Robledo y Monterrubio<sup>1</sup>; Higinio Francisco Arias Velázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Agricultura Orgánica. Invernadero de Especies Tropicales. Área de Biología. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.  
[mrobledoym@yahoo.com.mx](mailto:mrobledoym@yahoo.com.mx)

#### Abstract

The greenhouse of tropical species of the Universidad Autónoma Chapingo preserves plants that are in risk category, including the collection of ancient cycads meets six Mexican species: *Ceratozamia hildae*, *C. mexicana*, *Dioon edule*, *D. spinulosum*, *Zamia furfurácea*, *z. loddigesii* and two exotic Asian: *Cycas circinalis* and *C. revoluta*.

**Key Words:** cícada, Cicadophyta, invernadero, conservación, Zamiaceae.

#### 1. Introducción

Las cícadas constituyen el grupo de plantas con semilla más ancestrales, datan de finales de la Era Paleozoica (Carbonífero-Pérmico), hace alrededor de 230 millones de años (Osborne, 1995). Fueron el componente predominante sobre la vegetación en la tierra y adquirieron un papel muy importante como recurso alimenticio para los herbívoros de aquel tiempo. Son las únicas gimnospermas que fijan nitrógeno ambiental, enriqueciendo los ecosistemas donde crecen (Cabrera *et al.*, 2008). Se encuentran distribuidas estrechamente en la franja de zonas tropicales y subtropicales del mundo y están representadas por 3 familias Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae con 11 géneros y alrededor de 297 especies (Donaldson, 2003).

La pérdida de sus hábitats por la deforestación, el incremento de actividades agropecuarias, la ruptura del ciclo de vida de sus polinizadores (Litz *et al.*, 1995) y el comercio ilegal son las principales causas por las cuales las cícadas se consideran en el ámbito internacional como especies amenazadas y en peligro de extinción. Las cícadas gozan de protección por medio de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres (CITES) y en México se encuentran enlistadas en la Norma Oficial (NOM-059-SEMARNAT-2010) (Vovides, 2000; Norstog, 2003). La familia Zamiaceae es la mejor

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

representada y con mayor diversidad en nuestro país con tres géneros: *Ceratozamia*, *Zamia* y *Dioon* con alrededor de 54 especies y el mayor número de endemismos (88.9%) (Nicolalde, et al., 2014).

La Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Agricultura Orgánica y el Departamento de Preparatoria Agrícola preocupados por la conservación de especies que se encuentran amenazadas principalmente en los bosques de niebla como producto de actividades agrícolas, establece como objetivo conservar la biodiversidad y agrobiodiversidad potencial en producción orgánica para elaborar estrategias de mejoramiento y restauración de ambientes naturales y productivos, por lo que el contar con una colección *ex situ* de cíadas favorecerá la difusión y valorización de este recurso a nivel regional y nacional, generará investigación sobre métodos de propagación para cada una de las especies conservadas y sobre todo almacenará el germoplasma para que en un futuro pueda ser utilizado para reintroducir especies que hayan desaparecido de su entorno natural. Por lo que el objetivo del presente trabajo es conservar en el Invernadero de Especies Tropicales de la Universidad Autónoma Chapingo parte del germoplasma de especies de cíadas provenientes de regiones prioritarias (ecosistemas amenazados) de nuestro país, así como proveer material biológico para la investigación, enseñanza, difusión y servicio.

### 2. Metodología

Se obtuvieron ejemplares donados provenientes de diferentes productores de plantas ornamentales en el Ejido de Piedra Pinta Municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Durante los años 2000 al 2015. Los ejemplares se trasladaron con sumo cuidado y en el menor tiempo posible al Invernadero de Especies Tropicales de la UACh, posteriormente pasaron por un período de adaptación aproximadamente de 30 días en una sala del Invernadero de Especies Tropicales, con cuidados de riego continuo y manteniéndolos en sus embalajes originales para evitar cambios bruscos y con ello la muerte del ejemplar. Posteriormente fueron trasplantadas en el suelo de la sala destinada para Cíadas. Se regaron con regularidad y se fertilizaron con abono de borrego.

### 3. Resultados

El Invernadero de Especies Tropicales presenta una distribución de acuerdo con la evolución vegetal, la sala de cíadas y pteridofitas se encuentra en la tercera sala de la derecha y cuenta aproximadamente con 13 ejemplares, los cuales ocho son de origen mexicano, con tres géneros y seis especies (Cuadro 1), de ellas cinco especies están amenazadas y solamente una protegida. Por su parte se conservan también cinco ejemplares exóticos, representados por el género *Cycas* con dos especies: *C. revoluta* y *C. circinalis*, con uno y cuatro ejemplares respectivamente.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

*C. hildae* es la única especie que no se encuentra en Veracruz, originaria de Querétaro y San Luis Potosí. El principal aporte económico para los productores de Tlapacoyan, Veracruz, es la venta de ejemplares de *Cycas circinalis*, ya que, en los ejidos de Piedra Pinta y La Garita, municipio de Tlapacoyan, Ver., se dedican principalmente a propagar esta cícada asiática porque no está prohibida su producción, venta y distribución.

### 4. Conclusiones

La colección de Cícadas del Invernadero de Especies Tropicales es muy valiosa ya que todas sus especies se encuentran protegidas por las leyes mexicanas y están consideradas en las categorías de riesgo como amenazadas y protegidas. Es necesario implementar técnicas de propagación ya sea asexual o sexual para la producción sustentable de las mismas y en un futuro reintroducirlas en sus lugares de origen para su conservación, así como también realizar proyectos para establecer una UMA (Unidad de Manejo Ambiental).

**Cuadro 1. Géneros y especies de la colección de Cícadas del Invernadero de Especies Tropicales, UACH.**

Especie	Entidad	Endemismo	Estatus	Individuos
<i>Ceratozamia hildae</i>	Qro., S.L.P.  G.P.Landry & M.C. Wilson	Regional	A	1
<i>C. mexicana</i>	Veracruz  Brongn	Local	A	1
<i>Dioon edule</i> Lindl	Ver, Pue, SLP, Tamp., Gto., Qro, Nuevo León	Regional	A	1
<i>Dioon spinulosum</i> Dyer ex Eichler	Oax., Veracruz	Local	P	1
<i>Zamia furfurácea</i> L.f. in Aiton	Veracruz	Local	A	2
<i>Z. loddigesii</i> Miq.	Ver., SLP., Tamp., Tabasco, Hgo., Oax., y	Regional	A	2

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Puebla.

<i>Cycas circinalis</i> L.	Asia	Exótica	4
<i>C. revoluta</i> Thunb	Asia	Exótica	1

### 5. Referencias

Cabrera, H. S. L; Chávez, A. V. M.; Sandoval Z. E.; Litz, R. E. y F. Cruz S. (2008). Morfogénesis *in vitro* de *Dioon merolae* de Luca, Sabato & Vázquez Torres (Zamiaceae, Cycadales) a partir de megagametofitos y embriones cigóticos. *Interciencia* (33) 12: 929-934.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-(2010). Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambiólista de especies en riesgo. 2da sección. México, D. F.

Donaldson, J. S. (2003). Cycads status survey and conservation action plan. IUCN/SSC cycad specialist group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge. U. K. 97 p.

Litz, R. E.; Moon, P. A. y V.M. (2005). Somatic embryogenesis and regeneration of endangered cycad species. *Acta Hort* 692: 75-80.

Nicolalde-Morejón, F.; González, A. J.; Vergara, S. F.; Stevenson, D. W.; Rojas, S. O.; y A. V. Medina. (2014). Biodiversity of Zamiaceae in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84. DOI: 10.7550/rmb.38114.

Norstog, K. (2003). Foreward. In: Cycads: Status, Survey, and conservation Action Plan. Donaldson J. (Ed.) IUCN/SSC, Gland Australia. Pp 3-8.

Osborne, R. (1995). The world cycad census and a proposed revision of the threatened species status for cycad taxa. *Biological Conservation* 71: 1-12.

Vovides, A. P. (2000). México: Segundo lugar mundial en diversidad de cícadas. México. *Biodiversitas*. 6(31):6-10

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Modelos para Estimar la Altura Total de Cuatro Especies Tropicales de Interés Comercial en Quintana Roo, México

Jonathan Hernández-Ramos<sup>1</sup>; Adrián Hernández-Ramos<sup>2</sup>; Xavier García-Cuevas<sup>1</sup>; Juan Carlos Tamarit-Urias<sup>3</sup> y Carlos Toledo-Chiu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal. *e-mail:* [forestjonathanhdez@gmail.com](mailto:forestjonathanhdez@gmail.com). <sup>2</sup>INIFAP, C.E. Saltillo, Coahuila. *e-mail:* [adrian.hernandezr90@gmail.com](mailto:adrian.hernandezr90@gmail.com). *e-mail:* <sup>3</sup>INIFAP, C.E. San Martinito, Puebla. [tamarit.juan@inifap.gob.mx](mailto:tamarit.juan@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza (ITSJC). *e-mail:* [ctoledo\\_forest@hotmail.com](mailto:ctoledo_forest@hotmail.com)

#### Abstract

Accurate estimation of the total height (H) of trees is fundamental for the forest inventories with a view to the sustainable management of the forests. The aim was to adjust equations that estimate the total height as a function of the normal diameter (d) reliably for trees of four tropical species with commercial importance in forests of Quintana Roo. With 592, 170, 3,634 and 3,315 data pairs of d and H for mahogany, cedar, chechem and ramon, eight models were fitted. The modified logistic model proved to be the best to estimate the total height of mahogany, chechem and ramon, and the Schumacher for cedar. The trend of the estimates with the selected models indicates that it are reliable for use in timber forest inventories, as compared to the models based on the slenderness index, which should be used with reserves for each species.

**Keywords:** Tropical forests, forest inventories, allometric relationships, fustal volumen

#### 1. Introducción

Un adecuado manejo forestal se inicia a partir de un inventario con la cuantificación rápida, sencilla y confiable de las existencias volumétricas de los bosques (FAO, 2017). Sin embargo, en la mayoría de los inventarios se tiene la incertidumbre en la estimación del volumen ( $m^3$ ) debido a que la determinación de la altura total (H) en los árboles se realiza con una sub-muestra de cada sitio por el tiempo y costos que representa medir todos los árboles de forma individual (Barrena y Llerena, 1988; Zhang *et al.*, 2002).

Debido a ello, en años recientes se han realizado trabajos de investigación enfocados a reducir el tiempo y costos en el levantamiento de los datos de campo sin que se pierda la precisión de las estimaciones de la altura de cada individuo dentro del sitio. Por ejemplo, la implementación de modelos de crecimiento (Delgado *et al.*, 2005), ecuaciones locales de tipo alométrico para la estimación de la altura total (García-Cuevas *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2016), el uso de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

ecuaciones generalizadas de altura que incluye variables dasométricas de totalidad del rodal (Corral-Rivas *et al.*, 2014; Kuliesis *et al.*, 2014), o bien cuando no se cuenta con alguna ecuación para este fin, el índice de esbeltez como un factor de relación para obtener la altura (Hernández-Ramos *et al.*, 2017).

Contar con información biológica cuantitativa de crecimiento o rendimiento confiable de los bosques es esencial para la planeación, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos (FAO, 2017). Los bosques tropicales se consideran los más antiguos, diversos y ecológicamente complejos, por lo cual la dificultad de su manejo es relevante (Whitmore, 1997). Este tipo de ecosistemas son los que han presentado la mayor tasa de deforestación desde el año 1990, por lo cual una mejor gestión de estos recursos con técnicas confiables es fundamental para su conservación, recuperación y manejo sustentable (FAO, 2015).

El aprovechamiento de los bosques tropicales en México, ha colocado al estado de Quintana Roo como segundo productor de madera en rollo de especies preciosas a nivel nacional con 4,689 metros cúbicos rollo ( $m^3r$ ) (35.1 %) y el quinto en madera proveniente de especies tropicales comunes con 36,311  $m^3r$  (10.8%) (SEMARNAT, 2016, pp. 54-57). Esto se ha logrado a través del manejo del bosque de especies guía como *Swietenia macrophylla* King. (caoba) (Synnott, 2007), sin embargo, especies como *Cedrela odorata* L. (cedro), *Metopium brownei* (chechém) y *Brosimum alicastrum* (ramón) por su valor en el mercado y uso diversificado (Hans *et al.*, 2012) han tenido un repunte significativo.

Debido a que el conocimiento técnico de las especies tropicales de Quintana Roo es deficiente (Torres, 2004, pp. 6-12; Sedeqroo, 2005, pp. 41-33; Synnott, 2007, pp. 5-6 y 34-36) y a la importancia que tiene la estimación precisa de la altura para la gestión de los bosques tropicales, se planteó el objetivo de ajustar ecuaciones que estimen a través del diámetro normal (d) de forma confiable la altura total de árboles de cuatro especies tropicales de importancia comercial en bosques del estado de Quintana Roo.

## 2. Metodología

El estudio se realizó en el estado de Quintana Roo de acuerdo a la distribución de los macizos forestales, se consideró al ejido Cancún y un predio particular en la zona norte del estado; en la región centro los ejidos de Agustín de Iturbide, Chan Santa Cruz, Emiliano Zapata, Dzulá, Noh-Bec, Nuevo Tabasco, Petcacab, Pimienta, San José de la Montaña, X-Hazil, X-Maben y X-Yatil; y en la parte sur los ejidos Cocoyol, Nuevo Becal y Bacalar. De forma general las topoformas pertenecen a la clasificación de tipo lomeríos bajos (LBJ) y llanura rocosa (LRO). El clima es de tipo cálido sub-húmedo (Aw) con una temperatura media anual mayor a 22 °C y un régimen de lluvias en la estación de verano con una precipitación media anual de alrededor de 1300 mm. Los suelos son de tipo Litosol y Rendzina y la altitud del área de estudio va de los 50 a los 200 m (García, 2004; SEMARNAT-CONAFOR, 2014, pp. 37-53).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Se emplearon datos de los inventarios forestales de cada unidad de manejo, donde posterior a la auditoría de las bases de datos, se obtuvieron 592, 170, 3,634 y 3,315 pares de datos de diámetro normal (d) y altura total (H) para caoba, cedro, chechem y ramón, respectivamente. En el Tabla 1 se presenta un resumen de la estadística descriptiva de la muestra.

**Tabla 1. Estadística descriptiva de la muestra para las cuatro especies de interés comercial en Quintana Roo**

Especie	Variabla	Medio	Mínimo	Máximo	Error típico	Desviación estándar	Varianza de la muestra	Curtosis	Coeficiente de asimetría
Caoba	d	31.43	>7.5	65.00	8	13.5849947	184.55218	-	0.9751 -0.11832
	H	13.70	>7.5	18.00	9	2.403788848	5.77829	-	0.0214 -0.70497
Cedro	d	33.66	>7.5	64.00	3	13.4722173	181.50069	-	0.8589 0.06108
	H	16.05	>7.5	24.18	6	3.864946153	14.93783	-	0.5216 0.08448
Chechem	d	20.17	>7.5	59.50	2	9.963160832	99.26465	-	0.1932 0.92102
	H	11.56	>7.5	19.50	9	2.709777179	7.34291	-	0.2342 0.21363
Ramón	d	25.95	>7.5	77.00	6	12.4124573	154.06913	-	0.4756 0.77660
	H	11.79	>7.5	24.38	3	3.048995957	9.29649	-	1.5190 0.95113

Se ajustaron a los datos altura – diámetro por especie ocho modelos obtenidos de la literatura especializada, de los cuales tres modelos son de crecimiento (Kivisté, *et al.*, 2002), tres ecuaciones locales de diámetro normal- altura total (d-H), (Pece *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2007; Vibrans *et al.*, 2015) y dos de índice de esbeltez en los que para estimar la altura total, el IE se multiplica por el d ( $H = IE \times d$ ) (Tabla 2).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Tabla 2. Modelos empleados para estimar la altura total (H) e índice de esbeltez (IE) para las cuatro especies de interés comercial en Quintana Roo**

<b>Modelo.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Forma</b>
1	Schumacher	$H = a \times \exp(-bd^{-1})$
2	Gompertz	$H = \exp(a - b \times \exp(-cd))$
3	Logístico modificado	$H = \frac{a}{1 + \frac{\exp(b)}{d^c}}$
4	Polinómico 1	$H = a + b \times d + c \times d^2$
5	Polinómico 2	$H = 1.3 + \frac{1}{(a + b \frac{1}{d})^3}$
6	Exponencial	$H = 1.3 + \exp(a + \frac{b}{dn+1})$
7	Alométrico	$IE = a \times d^c$
8	Polinómico 1-IE	$IE = a + b \times d + c \times d^2$

Dónde: H: altura total (m). d: diámetro normal (cm). IE: índice de esbeltez (H/d). a, b y c: parámetros a estimar. 1.3: constante a la cual se mide el d.

El ajuste de los modelos se realizó en el programa estadístico SAS 9.2 mediante PROC MODEL y la técnica de máxima verosimilitud (FIML, por sus siglas en inglés), (SAS Institute Inc., 2008). La selección de los mejores modelos, se realizó de acuerdo a los criterios de bondad de ajuste de la raíz del cuadrado medio del error (RCME), el mayor valor en el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) y la significancia de los parámetros (Da Cunha & Guimaraes, 2009, p. 11). Se realizó la verificación de los supuestos de normalidad, homocedasticidad de la varianza y autocorrelación de los errores con los test de Shapiro-Wilk (SW), Breusch-Pagan (BP) y Durbin-Watson (DW), respectivamente (Martínez-González *et al.*, 2006, pp. 586-618; SAS Institute Inc., 2008; Da Cunha & Guimaraes, 2009, p. 15).

La evaluación de la precisión de las estimaciones se realizó a través del sesgo (E) y la diferencia agregada en % (DA) (Lencinas y Mohr-Bell 2007), además de la prueba gráfica entre los datos observados y las tendencias de las estimaciones con cada modelo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Resultados y discusión

Los resultados del ajuste estadístico muestran que los modelos 1 al 6 explican en promedio el 75%, 60%, 21% y 30% de la variabilidad de las muestras para las especies de caoba, cedro, chechém y ramón, respectivamente, mientras que al emplear el índice de esbeltez se tiene que es del 92%, 75%, 26% y 72% para estas mismas especies. En los modelos todos sus parámetros fueron significativos con excepción del modelo 3 para cedro que no se logró ajustar y el modelo 4 para esta misma especie donde el parámetro  $c$  no es significativo (Tabla 3).

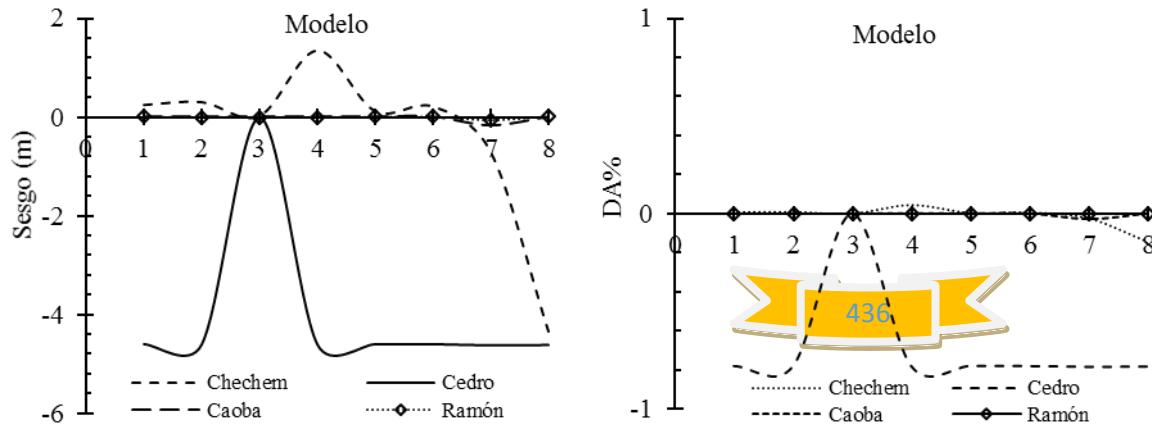
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Los bajos valores en  $R^2_{aj}$ , sobre todo para chechem y ramón son producto de la gran variabilidad que existe entre el diámetro normal y la altura total en estas especies, son similares a los reportados por Arias (2004) en seis especies en la zona sur de Costa Rica al probar 26 modelos para estimar la altura y por Barrio *et al.* (2004) al estimar la altura con modelos generalizados en *Quercus robur* en Galicia, España, además de los modelos alométricos probados por Návar-Cháidez *et al.* (2013) para estimar biomasa en un bosque tropical de Sinaloa, México. También son semejantes a los encontrados por Juárez *et. al.* (2006) en Santiago del Estero, Argentina en *Ziziphus mistol* al evaluar el ajuste de 13 modelos a través de un índice homólogo a  $R^2_{aj}$ . Los valores en la SCR y la RCME, las cuales por su comportamiento no encontró un parámetro de decisión robusto para la elección de un modelo, por lo cual antes de elegir cualquiera de ellos, se verificó el cumplimiento de los supuestos de la regresión en los modelos y los sesgos en las estimaciones como lo hicieron Barrio *et al.* (2004).

Los resultados de los test para todos los modelos indican que para las cuatro especies existe normalidad de los datos ( $SW > 0.92$ ,  $p < 0.0001$ ), homocedasticidad de los residuos (BP,  $Pr > Chi^2 < 0.0001$ ) y no existe autocorrelación de los errores ( $DW > 1.5$ ) tal y como lo describen Martínez-González *et al.* (2006, pp. 586-618) y Da Cunha & Guimaraes (2009, p. 11).

Al evaluar los sesgos y las DA% de las estimaciones con todos los modelos se tiene que el modelo Logístico modificado resultó ser el mejor para caoba, chechem y ramón y el modelo de Schumacher para cedro, ya que, presentan las menores desviaciones (Figura 1). Los sesgos en los casos de cedro y chechem son ligeramente superiores a los reportados por Trincado y Leal (2006) al comparar modelos locales y generalizados de altura-diámetro para *Pinus radiata*.

**Figura 1. Sesgo y DA% de los ocho modelos empleados en las cuatro especies**

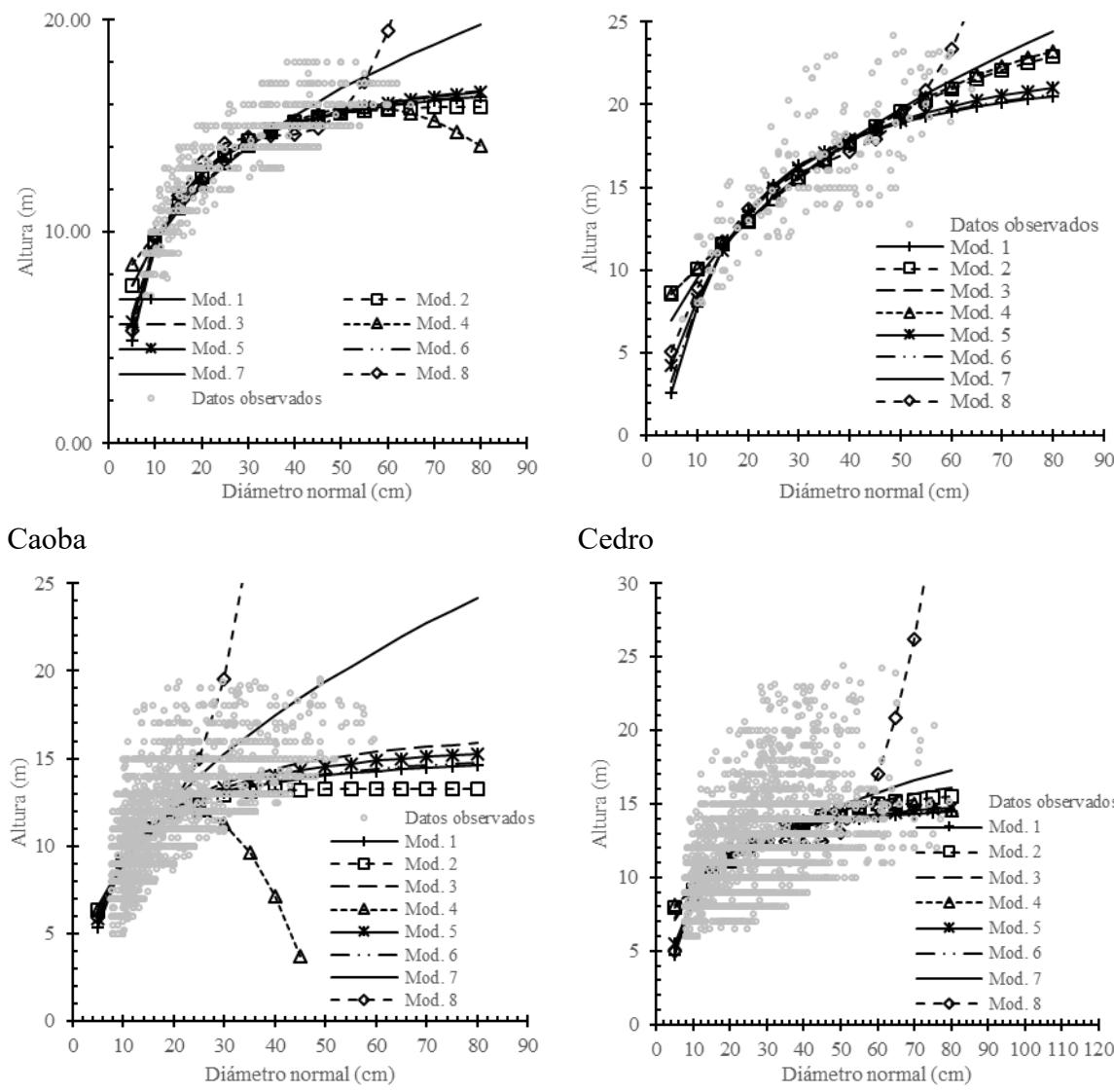


De acuerdo a que no siempre el modelo que mejor ajuste estadístico presente es el más adecuado para ser empleado, se verificó la tendencia de las estimaciones y se determinó que, aunque estadísticamente los modelos de IE fueron estables, en las estimaciones son los que se salen de la tendencia lógica de la distribución de los datos para las cuatro especies, por lo que se deberán de utilizar con reservas y solo como un indicador genérico de la altura del arbolado (Figura 2). El

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

resultado de este análisis ratifica que el modelo logístico modificado es el adecuado para estimar la altura total a partir del diámetro normal en las especies de caoba, chechem y ramón y el de Schumacher para cedro. Sin embargo, por la gran variabilidad en la muestra de las especies de chechem y ramón la altura total no pueden ser explicadas de manera confiable con tales modelos, por lo que solo se podrá emplear como un indicador genérico de esta variable, además de que la inclusión en los modelos algunos efectos mixtos podría ser una alternativa en futuras investigaciones.

**Figura 2. Comportamiento grafico de las tendencias de las estimaciones de los modelos evaluados vs las observadas las cuatro especies estudiadas**



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Conclusión

El mejor modelo para estimar la altura total a través de diámetro normal fue el modelo logístico modificado para las especies de caoba, chechem y ramón, en tanto que el modelo de Schumacher lo fue para cedro, ambos al representar la tendencia media observada. Estos modelos podrán ser empleados a partir de los datos de un inventario forestal, haciendo más precisas las estimaciones de altura total y sin generar algún costo adicional.

### 4. Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el gobierno del estado de Quintana Roo a través del Instituto Forestal (INFOQROO) por medio del proyecto “Estudio para realizar acciones de tablas de volúmenes de 8 especies forestales maderables”. SINCOP-INIFAP 232179Y.

### 5. Referencias

- Arias, A. D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la zona sur de Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)*, 1(2), 1-11.
- Barrena, A. V. y Llerena P. C. (1988). Influencia de los errores de estimación de la altura en el cálculo del volumen. *Revista Forestal Perú*, 15(1), 1-11.
- Barrio, A., López, A. M. y Nieto, V. (2014). Predicción de volúmenes comerciales de *Eucalyptus grandis* a través de modelos de volumen total y de razón. *Colombia Forestal*, 17, 137-149.
- Canga, L. E., Afif, K. E., Gargoso, V. J. y Cámera, O. A. (2007). Relación altura-diámetro generalizada para *Pinus radiata* D. Don en Asturias (Norte de España). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 23, 153-158.
- Corral-Rivas, S., Álvarez-González, J. G., Crecente-Campo, F., Corral-Rivas, J. J. (2014) Local and generalized height-diameter models with random parameters for mixed, uneven-aged forests in Northwestern Durango, Mexico. *Forest Ecosystems*, 1, 1-9.
- Da Cunha, T. A., Vargas, M. J. O. y Escalier, H. M. (2009). Ajuste y selección de modelos de regresión para estimar el volumen total de árboles. Documento técnico No. 5-2009/ Proyecto de Manejo de Bosques en Bolivia (FOMABO). Cochabamba, Bolivia: Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Mayor de San Simón. 28 p.
- Delgado, L. A., Acevedo, M. F, Castellanos, H., Ramírez, H. y Serrano, J. (2005). Relaciones alométricas y patrones de crecimiento para especies de árboles de la reserva forestal Imataca, Venezuela. *Interciencia*, 30(5), 275-283.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2015). La deforestación se ralentiza a nivel mundial, con más bosques mejor gestionados. Fecha de acceso: 09 de agosto de 2017. Recuperado de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/327382/icode/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2017). Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Fecha de acceso: 09 de agosto de 2017. Recuperado de: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/silviculture-in-natural-forests/basic-knowledge/es/>

García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen. Serie 6. México, D.F.: Instituto Nacional de Geografía-UNAM. 98 p.

García-Cuevas, X., Herrera-Ávila, V., Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J. y Hernández Ramos, J. (2016) Ecuaciones para predecir el diámetro normal en función del diámetro del tocón para *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7, 95-103.

Hans, R. G., Silva G., J. A., Fuentes T., F. J., Rodríguez A., R. y Torres A., A. T. (2012). Fichas de Propiedades Tecnológicas de las Maderas. Proyecto ITTO PD 385/05 Rev. 4 (I.F.). Jalisco, México: Departamento de Madera, Celulosa y Papel. CUCEI. Universidad de Guadalajara. 34 p.

Hernández, R. J., García, C. X., García M., J. J., Muñoz F., H. J., Velarde R., J. C. y Olvera D., E. H. (2016) Factores de proporción y ecuaciones de diámetro normal a partir del tocón para *Pinus greggii* Engelm. *Revista Mexicana de Ciencia Forestales*, 7, 7-18.

Hernández-Ramos, J., De los Santos-Posadas, H. M., Valdés-Lazalde, J. R., Tamarit-Urias, J. C., Ángeles-Pérez, G., Hernández-Ramos, A., Méndez-López, B. y Peduzzi, A. (2017). Estimación del volumen comercial en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* con modelos de volumen total y de razón. *Agrociencia*, 51, 561-580.

Kuliešis, A., Kulbokas, G. & Kuliešis, A. A. (2014). Validation of generalized height-diameter model based on Lithuanian NFL data. *Baltic Forestry*, 20, 287-300.

Lencinas, J. D. y Mohr-Bell, D. (2007). Estimación de clases de edad de las plantaciones de la provincia de Corrientes, Argentina, con base en datos satelitales Landsat. *Bosque*, 28(2), 106-118.

Martínez-González, M. A., Sánchez-Villegas, A. & Faulin-Fajardo, J. (2006). Bioestadística amigable. 2º Edición. Barcelona, España: Editorial Díaz de Santos. 919 p.

Návar-Cháidez, J., Rodríguez-Flores, F. J. y Domínguez-Calleros, P. A. (2013). Ecuaciones alométricas para árboles tropicales: Aplicación al inventario forestal de Sinaloa, México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 347-356.

SAS Institute Inc. (2008). SAS/STAT® 9.2 User's Guide Second Edition. Raleigh, NC, USA: SAS Institute Inc. s/p. Fecha de acceso: 09 de agosto de 2017. Recuperado de: <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm>

SEMARNAT-CONAFOR (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal) (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Quintana Roo 2013.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Colección de inventarios estatales forestales y de suelos 2013-2014. Jalisco, México: Editorial Prometeo. 125 p.

SEDEQROO (Secretaría de Desarrollo Económico de Quintana Roo) (2005). Plan Gran Visión 2000-2025-Quintana Roo: Avances al 2005. Quintana Roo, México: Editorial SEDEQROO. 202 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2016). Anuario estadístico de la producción forestal 2015. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 228 p.

Synnott, T. J. (2007). La caoba en la Península de Yucatán. Reporte Final: Diagnóstico de los sistemas de silvicultura de caoba en los corredores de la Península de Yucatán (CBM-M/UTRP/2C/011/2006). Coahuila, México: Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). 22 p.

Torres, R. J. M. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en. América Latina al año 2020. Roma, Italia: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 145 p.

Trincado, G. y Leal, D. C. (2006). Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). *Bosque*, 27(1), 23-34.

Whitmore, T. C. (1997). Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. En Laurence WF, Bierregaard RO (Eds.) Tropical forest remnants. Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press. EEUU. pp. 3-12.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Caracterización Hidrológico-Forestal de la Microcuenca del Oasis “Los Ahuehuetes”, Ayotla, Pue.; y sus servicios ambientales

Alejandro S. Sánchez Vélez; Rosa María García Núñez

Universidad Autónoma Chapingo. cienfuegos9@hotmail.com

#### **Abstract.**

In the southwest of the Puebla state exists, one of the most interesting springs which are an appreciate ecotourism site due to its beaty, wáter temperature and presence of an local biodiversity that visitants like to enjoy. The place is named the Ahuehuetes Oasis, in recognition to the national mexican tree. However the recreational value is not the unique importance of this area, since the hydrological resouces is besides used for irrigation of the highest profitable crops; sugar cane, plant that requires a great deal of wáter and supports in great measure the regional economy.

In order to understand the natural and socioeconomic processes taken place in this area it was performed an study of the watershed that embraces the Ahuehuetes Oasis, as well as the challenges that faces due to the overexploitation of the place when the visitors impact not only the wáter quality, but also the owners of the neigboring forests overpass the capacity of the natural resources base, and the tropical dry forest is destroyed and with these others associated resources are afected.

The main objetive of this research was establish the bases to restore the hydrologic and forest ecosystems and by the same token to present sustainable and socially supported alternatives through participative actions of all user of wáter resources. For these reasons were elaborated comprehensive tematic maps, and an jerarqy of priorities to deal and looking for one lasting develoment and the meantime healing native hábitats.

The paper presents the main findings related with the wáter and forest resources and it concludes in an array of recomendations to preserve de watersprings and improve the community income in an integrated visión of the watershed management.

**Key words:** microcuenca, ahuehuetes, servicios ambientales.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 1. Introducción

El oasis de los Ahuehuetes del ejido de Ayotla, se ubica en el suroeste del estado Puebla, perteneciendo al municipio de Tepeojuma. Es un lugar único por sus rasgos hidrogeológicos. En el fondo de una gran poza manan incontables manantiales con aguas a 26° C dando lugar a un sitio de belleza escénica inusitada al estar rodeado por diecinueve ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), y otras especies de plantas ribereñas. Los ahuehuetes tienen una edad aproximada de 400 años y son hábitat de un gran número de aves. El sitio es visitado por miles de paseantes que a lo largo del año vienen a nadar aquí, donde se disfruta de aguas cristalinas y un clima tórrido según se ilustra en la siguiente figura. El oasis está ubicado en un llano rodeado de montañas donde anteriormente hubo un bosque tropical caducifolio que ahora se encuentra seriamente perturbado.

La importancia del Oasis de los Ahuehuetes no sólo radica en la derrama económica que dejan miles de visitantes, sino que también las aguas que espontáneamente brotan allí, son utilizadas en el riego agrícola, particularmente para el cultivo de caña de azúcar donde algunos productores alcanzan rendimientos de hasta 200 toneladas por ciclo, merced de la alta disponibilidad hídrica que provee el manantial y suelos profundos de migajón. Además, vale la pena reiterar que desde el punto de vista ecológico el sitio alberga algunas plantas acuáticas ribereñas, una especie de pez nativo (cíclido) y sobre todo a unas cincuenta especies de aves que se han observado en los ahuehuetes, sin contar la enorme cantidad de mariposas y otros insectos que pululan por el sitio.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Fig. 1. Una vista parcial de los manantiales del Oasis de los Ahuehuetes, Pue.**

Muy a pesar de la importancia que exhibe el Oasis de los Ahuehuetes, durante los últimos 30 años su manantial se ha visto afectado por diversas fuentes de impacto siendo la primera de ellas la compactación de los suelos de las riberas por la sobrecarga que provocan los visitantes en algunas épocas del año, la quema de los ahuehuetes y el cambio climático. Por esta y otras razones se hace necesario establecer un plan de protección, rescate y restauración, no sólo del bello estanque natural donde están los resurgimientos hidrotermales, sino de toda su microcuenca, para lo cual se hace necesario primeramente realizar su caracterización hidrológico-ambiental para que con estas bases se pueda delinear una serie de estrategias que garanticen la sustentabilidad del área y mantener la viabilidad económica que da sustento a tantas familias campesinas pertenecientes al ejido de Ayotla, Pue.

El objetivo central de esta investigación fue desarrollar una propuesta integral que contemple aspectos técnicos, normativos, económicos y sociales para la protección y mantenimiento de los bienes y servicios que proveen el manantial de los Ahuehuetes en Ayotla, Pue., y complementariamente a esto, realizar la caracterización hidrológico-ambiental de la microcuenca de los Ahuehuetes que genere una base de datos, cuyo análisis permita hacer predicciones y tomar decisiones con mejores elementos de juicio.

En el mismo tenor se busca llevar a cabo la valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos para el riego agrícola, de la belleza escénica y contemplación que disfrutan los turistas, así como de los bienes y servicios que la microcuenca provee a la sociedad en su conjunto a través de un inventario y determinación del estado fitosanitario de todos los

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

ahuehuertos que se encuentran en el manantial para plantear medidas de saneamiento y promover la regeneración de estos árboles emblemáticos de México.

### 2. Metodología

Para alcanzar los objetivos a continuación se describen las estrategias que se siguieron para poder determinar la condición de los recursos naturales de la microcuenca de los Ahuehuertos, así como de la calidad de los recursos hídricos, su vulnerabilidad a la contaminación y sobre todo proponer medidas de control para disminuirla y de esta manera contribuir en la mejora la calidad de vida de los pobladores, sin soslayar la restauración de este ecosistema fluvial.

**Revisión documental y bibliográfica.** Se llevó a cabo una exhaustiva prospección bibliográfica y documental con la finalidad de obtener la mayor información disponible del área de estudio. Así también se revisaron datos publicados por instituciones públicas como son CONAGUA, CONAFOR y otras relacionadas con la disponibilidad de agua, problemática de las aguas residuales, problemas de contaminación de agua riego agrícola (contaminación por agrotóxicos, uso de plaguicidas y fertilizantes) en la microcuenca.

**Análisis cartográfico.** Se realizó la caracterización cartográfica de la microcuenca. Para su delimitación se usaron recortes de imágenes de Google Earth Pro, los Modelos Digitales de Elevación (MDE) a una escala de 1: 35,000.0 con clave E14B52 (Atlixco), E14B62 (Izúcar de Matamoros), y las cartas topográficas, obtenidas de la base digital de INEGI. Se utilizarán (*Shapefile*) capas de municipios, uso de suelo y vegetación, geología, edafología, precipitación, temperatura obtenidas algunas del geoportal de la Conabio, al igual que imágenes satelitales, capas de carreteras, caminos, zonas urbanas, y localidades. La delimitación y ubicación de la microcuenca se realizó con ayuda del software Arcgis 10.2. Los elementos se definieron en una proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) con datum WGS84, Zona 14 Norte.

**Calculo de las variables morfométricas.** A través del uso del Software Arcgis 10.2 se calculó el área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce principal, distancia entre curvas de nivel, cota mayor y menor del cauce, entre otros datos de esa unidad hidrológica, siguiendo los procedimientos de Sánchez-Vélez (1987).

**Recorridos de campo y muestreo en el área de estudio.** Se realizaron recorridos de campo para hacer el inventario de los árboles del Oasis de los Ahuehuertos, el muestreo de agua y suelos, seleccionando los sitios que se consideran de mayor actividad agrícola, así como el consumo

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

hídrico y de agrotóxicos por la agricultura, donde los componentes: suelo, agua, vegetación y la población humana, están siendo afectados.

**Identificación de la problemática por consumo hídrico y de agrotóxicos.** Se llevaron a cabo otros recorridos por la subcuenca para identificar los factores que amenazan los recursos hídricos, la fauna y flora acuática tanto del manantial de los Ahuehuetes como del río Atotonilco al cual tributan sus aguas previa utilización en el riego de sus cultivos agrícolas.

**Impacto Social y económico.** Para evaluar el impacto social, se entrevistaron a los agricultores y a algunas personas clave del poblado de Ayotla, buscando determinar la interacción con las fuentes de contaminación de los recursos hídricos en particular sobre la salud de la población. Se dimensionarán los impactos del costo ambiental que generan las aguas de retorno agrícola ya que los productores se han dado cuenta que el consumo de aguas contaminadas con agrotóxicos han degradado sus suelos.

**Caracterización climática y ambiental.** Para la caracterización climática y ambiental, se obtendrán los datos de temperatura, precipitación y evaporación, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2010), de las estaciones climatológicas más cercanas. Con el Software Arcgis 10.2., se continuará con la herramienta 3D *Analyst Tools-Raster Interpolation- Spline*, para interpolar los datos de cada una de las estaciones para obtener el mapa de Isotermas, Isoyetas y el de evapotranspiración.

**Caracterización socioeconómica.** Para la caracterización socioeconómica de la población de Ayotla, se consultó la información publicada por INEGI bajo la temática de Población y Vivienda 2010.

### 3. Resultados

Desde el punto de vista hidrológico la microcuenca del manantial de los Ahuehuetes corresponde a la subcuenca específica del río Atotonilco, el que a su vez es tributario del río Nexapa y éste de la Región Hidrológico-Administrativa 18, correspondiente a la cuenca del Balsas, de acuerdo a la CONAGUA. Los datos reportados por la Normal Climatológica del periodo de 1951 a 2010 del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la estación 00021132 Izucár de Matamoros (Fig. 2.), reporta una temperatura media anual es de 22.5 °C y tiene una precipitación media anual de 918.9 mm. La altitud media es de 1458.5 m sobre el nivel del mar.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

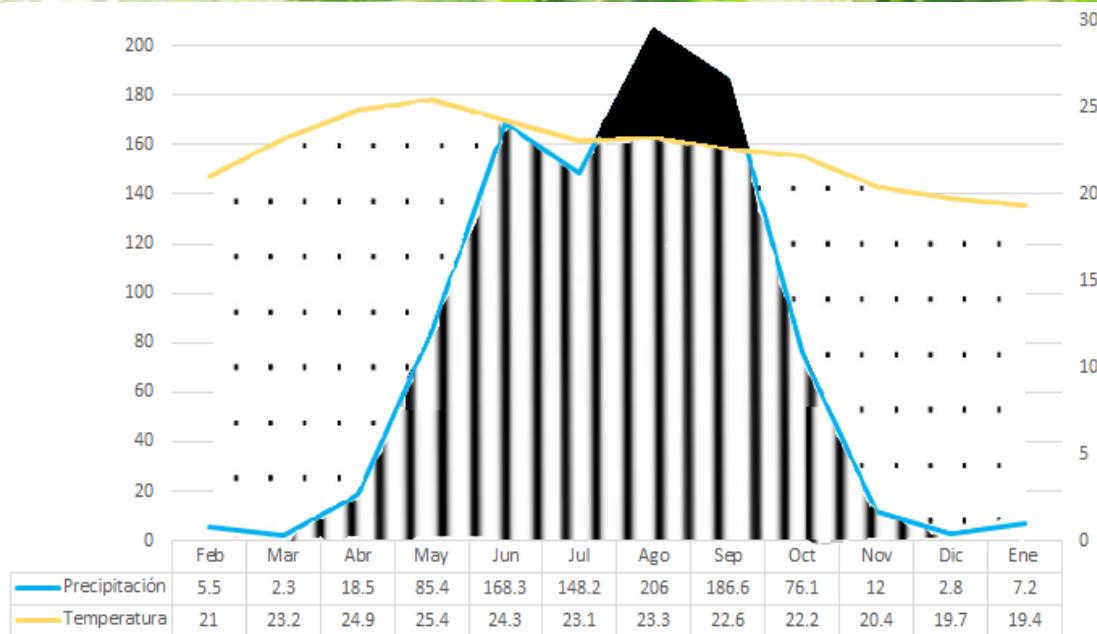
Cuadro 1. Datos climatológicos de la Estación 21132 Izúcar de Matamoros, Pue.

Meses	Precipitación media anual	Temperatura media anual	Evaporación total normal
Enero	7.2	19.4	136.9
Febrero	5.5	21	155.6
Marzo	2.3	23.2	214.2
Abril	18.5	24.9	226.8
Mayo	85.4	25.4	224.8
Junio	168.3	24.3	182.1
Julio	148.2	23.1	177.4
Agosto	206.0	23.3	172.4
Septiembre	186.6	22.6	151.1
Octubre	76.1	22.2	144.3
Noviembre	12.0	20.4	127.8
Diciembre	2.8	19.7	127.9
<b>Anual</b>	<b>918.9</b>	<b>22.5</b>	<b>2041.3</b>

Fuente: CONAGUA-SMN (2016).

Los datos arriba presentados resultan de utilidad fundamental para determinar el balance hídrico a nivel de cuenca y con los cuales se elaboró el climodiagrama que a continuación se presenta.

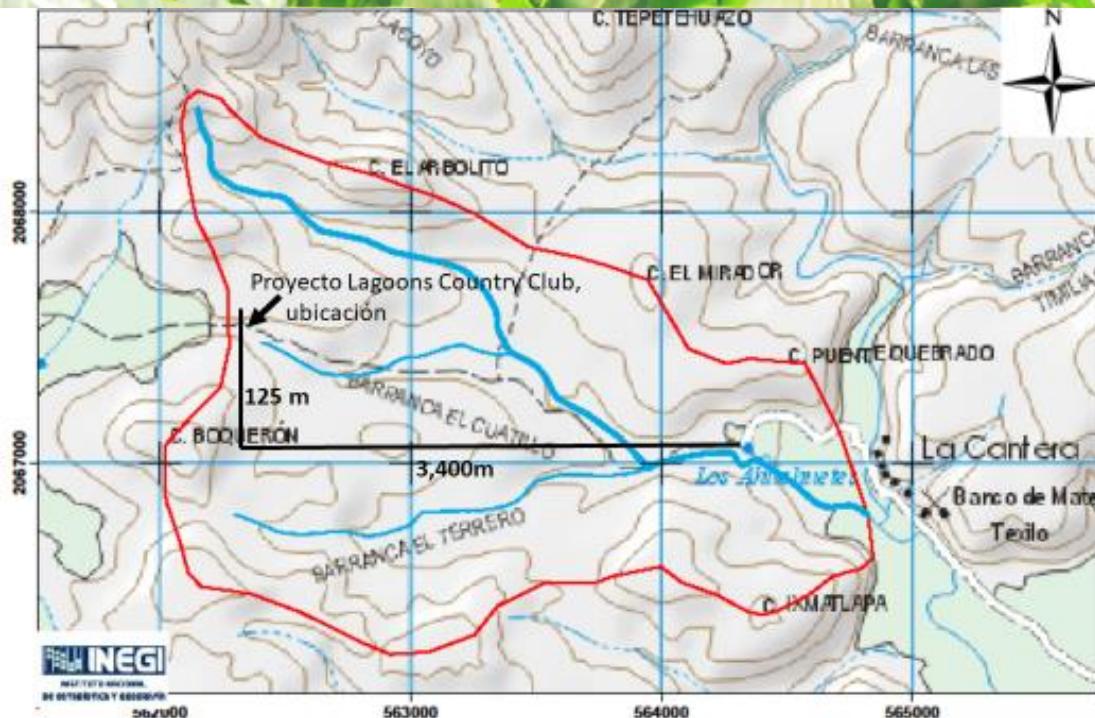
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Fig. 2. Climodiagrama de la Microcuenca Los Ahuehuetes correspondiente a la Estación 21132 Izucar de Matamoros. Fuente: CONAGUA-SMN (2016).**

La microcuenca de los Ahuehuetes tiene superficialmente una corriente principal efímera, pero debido al predominio de la roca caliza existe un acuífero subterráneo confinado que es el que alimenta a los ahuehuetes de donde salen un promedio de 400 litros por segundo, que aparece precisamente en los Ahuehuetes dando lugar allí, a una corriente superficial que doscientos metros adelante se une al río Atotonilco que es una corriente perenne según se ilustra en la figura siguiente.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Fig. 3. Mapa base de la microcuenca del Oasis de los Ahuehuetes y esquematiza el desnivel entre la cota más elevada y la ubicación del manantial.**

Se realizó la caracterización hidrológica, morfométrica y ecológica de la microcuenca en paralelo a la socioeconómica para definir a partir del balance hídrico la oferta y demanda hídrica, y sobre todo desarrollar un método para la valoración económica de 1) los servicios ambientales hidrológicos, 2) de la belleza escénica del sitio y desde luego, 3) como proveedor de servicios ecoturísticos. Con base en esta información se podría contar con elementos para tomar decisiones respecto a las inversiones que se requiere realizar en infraestructura y sobre todo hacer conciencia en los visitantes para que colaboren con las medidas de protección que se deben tomar para continuar disfrutando de ese lugar de excepcional belleza.

**Cuadro 2. Usos del suelo dentro de la microcuenca de los Ahuehuetes, Pue.**

Uso	Área (Ha)	Porcentaje de ocupación
Recreativo	5.054	1.4
Manantial	0.50	1.4
Bosque tropical caducifolio (perturbado) y bosque de galería	254.57	

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

		68.4
Agricultura de temporal	71.65	19.3
Agricultura de riego	9.07	2.4
Pastizales –Ganadería	31.32	8.4
Sin vegetación aparente	0.48	0.13
<b>Total</b>	<b>372.76</b>	<b>100</b>

Fuente: Basado en el análisis de imágenes satelitales y corroborado en campo.

A continuación, se presenta un cuadro de las especies existentes dentro del área que limita al manantial, siendo la especie dominante la del ahuehuete que tiene individuos con una altura promedio de 24.16 m y 179.01 cm de diámetro normal, aunque existen especímenes que alcanzan una altura de más de 30 m, teniendo uno que llega a medir 37 m, también está uno cuyo diámetro normal es de 392 cm, que representa el árbol con el mayor diámetro. Aunque existe un árbol de apenas 10.5 m de altura, con un diámetro promedio de 53.5 cm.

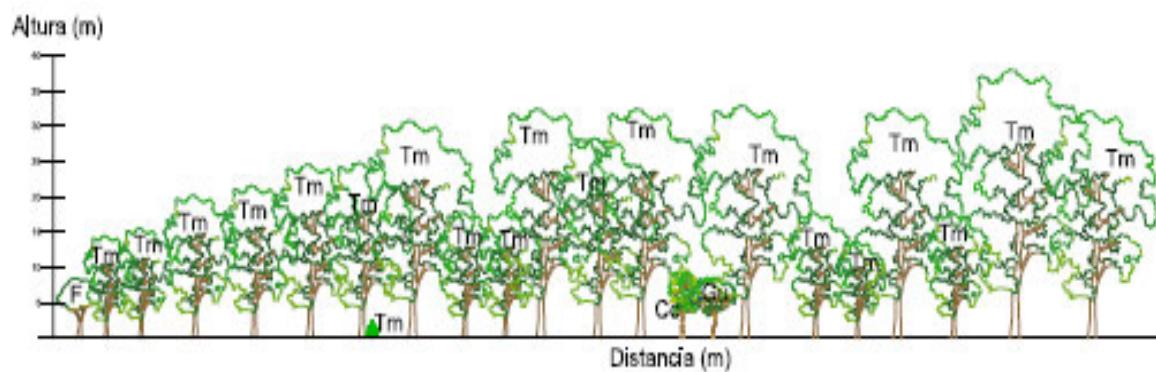
**Cuadro 3. Especies presentes en el área del manantial y sus datos morfométricos**

No.	Especie	Nombre común	Altura (m)	Diámetro (cm)
1	<i>Ficus insípida</i> Willd	Amate	8	47.5
2	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	14	93
3	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	14.5	228
4	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	20	320
5	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	22	200
6	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	24	192.7
7	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	25	240
8	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete (regeneración)	2.3	6
9	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	30	217
10	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	17	59
11	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	17	67

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

12	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	32	217
13	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	28	148
14	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	32	230
15	<i>Celtis caudata</i> Planch	Sazanate	10.5	67
16	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Cuahulote	8	46
17	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	33	290
18	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	19	54
19	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	14	67.5
20	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	32	226
21	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	17	53
22	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	37	280
23	<i>T. mucronatum</i> Ten	Ahuehuete	33	392
24	Xanthosoma robustum Schott	Hoja ancha	1	
25	X. robustum Schott	Hoja ancha	1.5	

Cabe señalar que la especie dominante dentro del área destinada a la recreación es el ahuehuete, árbol nacional de México y emblema del parque. Su reconocimiento significó el contar con una base de datos de altura y diámetro que son indispensables para establecer medidas de protección y sobre todo de saneamiento, además de observar la regeneración natural que se tiene.



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Fig. 5. Arriba un perfil longitudinal de los árboles y abajo una perspectiva en planta de los Ahuehuetes (Carlos Juárez y Patricia Quirino).**

### Problemática y antecedentes del área de estudio

El 5 de septiembre de 2016, la SEMARNAT, el Gobierno del Estado de Puebla y el Municipio de Tepeojuma autorizaron la construcción de 1,350 condominios y con ellos un conjunto habitacional con una alberca de aproximadamente cuatro hectáreas de superficie con playa artificial por parte de la trasnacional *Crystal Lagoons* y el Corporativo MCH. El nombre oficial del proyecto es *Crystal Lagoons Country Club*. Esto representa inversiones millonarias (según algunas notas de prensa 115 millones de dólares), para ofertarlos a una clientela de altos ingresos.

El proyecto de Gran Turismo, contempla contar con seguridad privada para sus moradores, una planta de tratamiento, barda perimetral, alumbrado tipo LED, una playa artificial de 3.4 hectáreas, una casa club de 12,551 m<sup>2</sup>, un campo de golf de ocho hoyos, in minigolf para niños

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

de 3,500 m<sup>2</sup>, así como la creación de un lago de pesca controlada para quienes compren estos lotes en el desarrollo residencial. El problema es que la ubicación del proyecto queda exactamente en la cabecera de la microcuenca de los Ahuehuetes. Es decir, el sitio donde quedarían esas suntuosas instalaciones es precisamente dentro del parteaguas más elevado de la cuenca, donde existen aproximadamente 125 metros de cabeza de presión hidráulica (desnivel entre el sitio del nuevo proyecto y la poza donde se encuentra el manantial de los Ahuehuetes), y 3.4 kilómetros de distancia entre ambos puntos según se observa en la siguiente figura.

Ante esta situación los pobladores de Ayotla, Pue., así como las autoridades ejidales que administran el Parque Acuático que a lo largo de este trabajo hemos denominado Oasis o manantial de los Ahuehuetes, al iniciar el despalme del terreno ha destruido ya más de 10 hectáreas de bosque tropical caducifolio y ha detonado procesos de erosión del suelo que afectan directamente aguas abajo a los Ahuehuetes que son el sostén económico de varias familias de la comunidad arriba mencionada. Ante esta situación según los pobladores para el 14 de septiembre de 2016 la SDRSOT, autoridad ambiental del estado de Puebla procedió a clausurar los trabajos de construcción del proyecto debido a que Crystal Lagoons y el Corporativo MCH no han entregado el estudio de impacto ambiental por lo que se desconoce si la instancia federal ya revisó el proyecto.



**Fig. 6. Vista aérea a partir de una imagen satelital de la microcuenca del Oasis de los Ahuehuetes, Pue. (Google Earth, 2017).**

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Por otra parte, debe indicarse que el proyecto arrancó sin consultar ni incluir en las negociaciones o gestiones a los pobladores de Ayotla, Pue., por tal razón éstos se han organizado porque asumen que el proyecto consumirá enormes cantidades de agua que necesariamente tendrán que sacar del subsuelo calizo afectando además del manantial de los Ahuehuertos, a unas 500 hectáreas de riego, cuyo abasto procede precisamente de este manantial. Ante esta situación las comunidades afectadas convocaron a instituciones académicas y a la sociedad civil a apoyar con estudios y formulación de propuestas que permitan defender sus recursos hidrológico-forestales, hecho que dio lugar a la formulación de este proyecto de investigación para contribuir de manera imparcial, basada en información técnica relevante, libre de sesgos políticos para que sirva en la toma de decisiones.

### Los servicios ambientales del Oasis

El Oasis de los Ahuehuertos provee servicios ambientales a aproximadamente 500 hectáreas donde se cultiva principalmente caña de azúcar, maíz, frijol, cebolla y sorgo. El gasto que sale es suficiente para abastecer a las tierras de regadío del ejido de Ayotla y todavía queda otra parte para las tierras de pequeños propietarios y el Ejido de San Juan Epatlán, aguas abajo de esta corriente, según se ilustra en la siguiente imagen donde a la derecha se presenta el inicio de las derivaciones de riego.

La defensa del Oasis de los ahuehuertos se justifica desde diferentes perspectivas, pero lo fundamental es encontrar soluciones técnicas a la problemática ambiental y socioeconómica que amenaza la existencia del manantial, que es fuente de aprovisionamiento de agua para la irrigación de 500 hectáreas de tierras de cultivo, los ingresos que genera a la comunidad de Ayotla, Pue., por los visitantes y desde luego por el valor ecológico que este humedal representa para la biodiversidad local que incluye una gama de especies de flora y fauna de enorme importancia para la viabilidad económica de ese territorio.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Fig. 7 Una vista aérea del manantial y el inicio de los módulos de riego del cultivo de caña de azúcar en suelos de alta productividad y rentabilidad.**

Desafortunadamente la microcuenca de los Ahuehuetes plantea diversas amenazas y retos que deben afrontarse y que en orden de prioridades son:

**1. Deforestación.** La microcuenca de los Ahuehuetes tiene un área aproximada de 400 hectáreas de las cuales un 95% se encuentran bajo diferentes grados de perturbación, donde se han eliminado los bosques nativos para satisfacer las necesidades de leña y madera para la construcción sin dejar de lado la causada por la ganadería de caprinos. En resumen en la escala local se han provocado disruptiones en el ciclo hidrológico que dadas las condiciones geológicas los efectos pueden ser devastadores sino se toman medidas en el corto plazo.

**2. Sobrecarga del área destinada a la recreación y carencia de un plan de manejo.** A pesar de que el parque acuático de los Ahuehuetes representa una fuente de ingreso para la comunidad de Ayotla, no se han respetado los límites de capacidad de carga de visitantes quienes han destruido prácticamente toda el área ribereña del manantial, ya que además de la compactación del sitio, se ha erosionado la base de los árboles y sus contrafuertes y muñones se encuentran desnudos cuando los paseantes inclusive han prendido fogatas dañando a varios de los centenarios árboles de ahuehuete. En resumen, el parque acuático no cuenta siquiera con un reglamento, ni mucho menos con un plan de manejo pues sus dueños y poseedores no tienen

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

claridad sobre los límites de la microcuenca y las interrelaciones hidrológicas que se establecen entre la existencia de la cobertura vegetal y la producción hídrica.

**3. Cambio climático.** En el año 2015 se llevó a cabo una investigación en esta región; en la microcuenca de Vista Hermosa, Pue., enclave ubicado a unos 20 kilómetros del Oasis de los Ahuehuetes donde las condiciones ambientales prevalecientes son muy similares. Allí, analizando los datos de los últimos 40 años de estadísticas climáticas de tres estaciones aledañas se determinó un incremento de 0.48° C para la zona, pero esto significó según Sánchez y García (2016), incrementar los usos consuntivos de los cultivos un 26%, es decir, menos de medio grado de incremento en la temperatura media anual de la región, incrementó la evapotranspiración en casi un tercio del promedio que se había registrado. En este respecto el cambio climático es una realidad, aun cuando el promedio de precipitación media anual no haya cambiado significativamente desde el punto de vista estadístico, las tierras de esa región presentan un problema de sequías prolongadas y deshidratación que tienen implicaciones económicas en la producción de cosechas y oportunidades futuras para la recreación y amenazan la sobrevivencia de un gran número de especies de la biodiversidad local.

**4. Aguas de retorno Agrícola.** Otro problema detectado en la microcuenca es el de las aguas de retorno agrícola. Según la Ley de Aguas Nacionales, la contaminación del agua es “*la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía que de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica*”. Para la OMS, el agua está contaminada cuando su composición es alterada de modo que no conserva las propiedades que le corresponden a su estado natural (Almirón, 2002). De tal suerte que la “calidad natural” constituye el nivel de partida de todo análisis económico o ambiental, ya que, debido a la acción humana, se puede hacer total o parcialmente inutilizable para la aplicación sustentable a la que se destinaba.

En este respecto hay que decir que en México se usan al menos 12 plaguicidas prohibidos a escala internacional que ingresan al país de contrabando poniendo en peligro la salud de las personas y el ambiente, los cuales han sido detectados en productos agrícolas de exportación contaminados. En este tenor de consideración, entre el 2008 y 2009, la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de Estados Unidos detuvo la entrada de cargamentos de 88 diferentes productos agrícolas no procesados de origen mexicano. En 77 por ciento, la detención se realizó al encontrar residuos excesivos de plaguicidas (Miranda, 2014).

Según Martínez (2008), los recursos hídricos sufren contaminación cuando para un sitio determinado, la acción del hombre o incluso en raros casos la propia naturaleza, alteran su composición o condición *original*, debido a un proceso de degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser idónea para un uso previsto como se analizará en el caso de la contaminación originada por plaguicidas y fertilizantes agrícolas. La alteración de la composición

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

original del agua de carácter antropocéntrico puede ser física (color, olor, sabor y temperatura), química (orgánico o inorgánico) y/o biológica (microbios patógenos) y toma lugar cuando se descargan a su seno desechos líquidos y sólidos. De tal suerte que el grado de contaminación del agua depende de la cantidad y la concentración de los compuestos perjudiciales vertidos en ella.

Origen de los contaminantes en las aguas de riego agrícola en la microcuenca en estudio según Sánchez y García son (2017):

1. Aplicación de fertilizantes nitrogenados de síntesis química, así como plaguicidas que se lixivian a los cuerpos de agua
2. Vertidos de aguas urbanas residuales sin tratamiento a lo largo de la corriente
3. Fosas sépticas rurales que descargan a corrientes superficiales nitratos y detergentes
4. Productos de limpieza que se lixivian hasta alcanzar los acuíferos
5. Derrame y/o disposición de grasas y aceites gastados de automotores (hidrocarburos).
6. Patios de matanza (rastros clandestinos rurales)
7. Disposición insegura de residuos sólidos urbanos en la cabecera del río o sus barrancas
8. Operaciones pecuarias sin tratamiento de excretas como son purines y estiércoles
9. Descargas de aguas utilizadas en la acuacultura (producción de tilapia y carpa) y ganadería donde se aplican hormonas, antibióticos y alimentación enriquecida de nutrientes

En resumen, las aguas de retorno agrícola, en algunas regiones de México como en el valle de Ayotla, representan un riesgo sanitario para la una población en pujante incremento por beber agua o comer peces contaminados, con sustancias tóxicas (Alva *et al.*, 2014).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

Los 20 árboles de ahuehuete que existen en el parque acuático con más de 400 años de existencia se constituyen como un activo natural que requiere de medidas fitosanitarias pues constituyen el ingrediente principal de la calidad visual y paisajística del sitio por lo que deben promoverse la regeneración o plantación de más árboles para mantener la calidad de los servicios ecoturísticos.

La microcuenca de los Ahuehuetes tiene un área de 374 hectáreas, donde emerge un manantial que proveen de agua a una superficie de riego que rebasa las 500 hectáreas lo cual permite determinar que los servicios ambientales hidrológicos, la renta generada por los ingresos acopados por los visitantes y el valor del Oasis como hábitat de una amplia lista de especies de fauna justifican la aplicación de medidas de conservación y restauración ecológica de esta microcuenca.

Es indispensables que todos y cada uno de los ejidatarios de Ayotla, Pue., que son usufructuarios del parque acuáticos de los Ahuehuetes reconozcan con toda claridad el concepto de microcuenca y visualicen la interdependencia existente en la cobertura vegetal y la existencia de este extraordinario oasis para valorar más objetivamente los servicios ambientales que allí se generan, pero que están bajo una fuerte presión que puede conducir a alteraciones que resulte irreversibles a futuro.

Es urgente contar con un reglamento de uso del parque acuático que acote una serie restricciones a los paseantes para hacerles conscientes de la necesidad de contar con su participación y consideren que la permanencia del Oasis resulta de interés y beneficio no sólo de los comuneros sino de la sociedad mexicana en general.

### 5. Referencias

Alva, U. *et al.* 2014. Agricultura y Contaminación del Agua.  
[http://es.slideshare.net/Ulises\\_desantos/revista-de-tics](http://es.slideshare.net/Ulises_desantos/revista-de-tics) (20/08/15).

Sánchez vélez, A.S. (1987). Conceptos Elementales de Hidrología Forestal. División de Ciencias Forestales-UACH. 155 p.

García A., 2008. El agua contaminada es la principal causa de enfermedades parasitarias.<http://radio.rpp.com.pe/cuidaelagua/el-agua-contaminada-es-la-principal-causa-de-enfermedades-parasitarias/> (20/08/15).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Martínez J. 2008. Modelos de simulación de la contaminación agrícola y ganadera.

<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/ModelosSimulacionAmbiental/ModelosAgricolas.asp> (20/08/15).

Perry, M. 1975. Lecciones sobre calidad del agua y control de su contaminación. México, CIDIAT. pp. 7-18.

Iñiguez Covarrubias, G. 2010. Compostaje de Residuos de Rastros (intestino grueso de cerdos). Universidad de Guadalajara. pp. 117-132.

Iñiguez Covarrubias, G., S. Flores y L. Martínez. 2010. Compostaje del material de Descarne de la industria de la curtiduría. Universidad de Guadalajara. pp. 73-90.

Saldaña A. 2003. El recurso agua en el alto balsas. Cuernavaca.  
<https://books.google.com.mx/books?id=0pJ2ibDwYjwC&pg=PA114&lpg=PA114&dq=contaminacion+por+aguas+de+retorno+agricola&source=bl&ots=1d08hGPkTG&sig=NqF6KmpUNa13Rp7Fx3474nj600&hl=es-419&sa=X&ved=0CEkQ6AEwCWoVChMIpcHmmtupxwIVkVKSCh0WfwDE#v=onepage&q=contaminacion%20por%20aguas%20de%20retorno%20agricola&f=false> (20/08/15)

SEGOB. 2015. Subsistema de información sobre riesgos, peligros y vulnerabilidad.  
<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-sanitario-ecologicos/contaminacion-de-aire-del-agua-suelos-y-alimentos> (19/08/15).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Utilización del Jumil (*Euschistus taxcoensis*) Hemiptera Pentatomidae en la Elaboración de Alimentos Prehispánicos

Higinio Francisco Arias Velázquez<sup>1</sup>; María Sol Robledo y Monterrubio<sup>1</sup>; Mara Joselin Arias Robledo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México. C.P. 56230. México. Correo [ariasvel@hotmail.com](mailto:ariasvel@hotmail.com) [mrobledoym@yahoo.com.mx](mailto:mrobledoym@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup>Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. [marattiaarias@gmail.com](mailto:marattiaarias@gmail.com)

#### Abstract

This paper discusses the biological elements such as the cycle of life and habits of the species *Euschistus taxcoensis* and their use as traditional food in the communities surrounding the region of Taxco, Gro., and they are called “jumiles”. Questionnaires and interviews are applied to the current status of the species. Likewise, relevant surveys are performed for taxonomic assessments and increase the wealth of the Entomological collections of the UACh. On the other hand, the work completes with an exhibition of pre-hispanic foods focused in this case with the insect in question.

**Key Words:** jumil, huixteco, *Euschistus sp*, Pentatomidae, alimentos prehispánicos.

#### 1. Introducción

Los alimentos prehispánicos de origen animal han sido consumidos por nuestros pobladores, mucho tiempo antes que los españoles llegaran a México. En el caso de los insectos pentatomidos del género *Euschistus* sp, sobresalen los llamados jumiles. La palabra jumil (xómitl en náhuatl), deriva de los vocablos xu “al pie” y “milli” de la cementera. Entre sus múltiples usos, se encuentran los medicinales, alimenticios y culturales; para la región del cerro del jumil en el Estado de Guerrero, ellos son considerados como sagrados inclusive antes de la época prehispánica (Ramos-Elorduy, 1984, 2003; Ramos-Elorduy y Bourges-Rodríguez 1982).

Desde 1955, han acudido al dicho lugar, pobladores de diversas localidades con la finalidad de celebrar la nominada xumilme ihuitl, (fiesta de los jumiles), esta actividad se sigue realizando

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

hasta la actualidad; es importante remarcar que dicha celebración se da lugar el día lunes posterior al día de los fieles difuntos (Muñoz-Viveros *et al.*, 2007).

Los pobladores de la región de acuerdo con sus creencias, consideraban que los jumiles son almas de los difuntos que regresan del inframundo para convivir con sus seres queridos y llevarles las buenas nuevas de la tierra; los pobladores de la región los comían porque ellos representan a los difuntos, pero materializados o terrenales (Ramos Elorduy y Bourges-Rodríguez, 1977; Ramos-Elorduy y Pino-Moreno 1989 y Ramos-Elorduy, 2003). Los jumiles son llamados así a diversas especies de Hemíptera-pentatómidos, aunque la mayor parte de ellos se encuentra dentro del género *Euschistus* y *Edessa*. (Figura 1).

**Figura 1. Jumiles en  
los mercados de**

**venta y exposición en  
Taxco, Guerrero**



En México, se describen actualmente 29 especies comestibles distribuidas en los dos géneros mencionados (Thomas 2000), la mayoría, son endémicas del centro del país. Los jumiles son fácilmente colectados en la hojarasca, corteza de árboles secos. Habitán en los bosques de pino-encino de los estados de México, Hidalgo, Oaxaca, pero principalmente se localizan en el estado de Guerrero, específicamente en el cerro del Huixteco, del náhuatl huiz: espina y co: sitio, o sea, lugar donde hay espinas. Es uno de los montes que rodea a la ciudad de Taxco.

Los jumiles se han consumido desde la época prehispánica en tacos, o incluso vivos directamente de la hojarasca donde ellos se encuentran. En estudios realizados a través de pruebas bromatológicas, se ha comprobado que ellos contienen altos contenidos de proteínas de fácil digestión. Contienen un bajo porcentaje de humedad concentrando así sus contenidos de vitaminas y minerales.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Posee también propiedades analgésicas y las sales minerales que contienen ayudan a regular la presión sanguínea, además son ricos en magnesio, calcio y fósforo. El jumil contiene altos contenidos de yodo el cual se hace necesario en el metabolismo celular, ayuda eficientemente a la síntesis de proteínas y funcionamiento neurológico muscular. Estas chinches, no eran aceptadas en la alta cocina mexicana argumentando que el jumil es un insecto de olor fétido y desagradable, sin embargo, ellos son muy apreciados por las comunidades indígenas, además de que erróneamente se interpreta su consumo como resultado de la falta de recursos y de la superstición.

Diversas investigaciones muestran que el jumil fue un alimento sagrado que utilizaban nuestros antepasados para medicamentos. Durante la época prehispánica se recolectaban para la fiesta del día de muertos. Los mexicas iban en peregrinación al Cerro del Huxteco, en el municipio de Taxco, para subir al templo dedicado al jumil. El objetivo es, acampar una noche y recolectar los preciados insectos (Figura 2).

**Figura 2. Día del jumil, celebrado el lunes posterior al día de muertos en el mes de noviembre.**



La historia menciona que cuando los mexicas arribaron al valle del Anáhuac, hoy México, ocupado ya en su mayor parte por las diversas tribus que se habían asentado por ahí años atrás, los tres reinos más poderosos de ese tiempo, a saber, tepanecas, tezcocanos y culhuacanos, los confinaron a las zonas pantanosas del lago de Texcoco. Un pequeño islote rodeado de cañaverales fue su primera morada. Quienes los enviaron ahí, creyeron que morirían mordidos por las abundantes serpientes. Pero el asombro fue grande cuando vieron que las presuntas víctimas se convirtieron en victimarios. Sin más fauna comestible que los peces, anfibios y

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

reptiles que poblaban el lago, cazadores natos, encontraron en esos animales, plantas, algas e insectos, una fuente maravillosa de proteínas, todo ello se convirtió en su alimentación.

Así, los antepasados del sabroso y nutritivo jumil fueron parte importante de la dieta de nuestros ancestros, los valerosos mexicas, representantes de una raza que trató de vivir en armonía con la naturaleza, que llamó hermano al coyote, al conejo, a los pájaros, a las flores, que amó y cuidó y veneró a la madre tierra. El cerro del Huizteco ha sido declarado Parque Natural pero no ha sido suficiente. Se deberá realizar un estudio cuantitativo y cualitativo (saber qué especies hay – animales y vegetales- y en qué cantidad) y establecer, con el consenso de la población, una veda temporal o permanente de acuerdo a los resultados que se obtengan. (Figura 3).

El jumil es un recurso natural que tal vez no pueda ser explotado comercialmente a gran escala, pero es un recurso al fin y se debe luchar por conservarlo.

**Figura 3. Venta jumiles en cucuruchos de papel y sustitución de los chiquihuites de carrizo plásticas.**



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 2. Metodología

Para el desarrollo del presente estudio se da a conocer la metodología del proyecto, debido a que estos insectos son univoltinos con un periodo de vida entre los meses de noviembre donde hacen su aparición por primera vez, terminando su ciclo a finales del mes de febrero. Por la razón anterior, los resultados se darán a conocer en el mes de diciembre donde la investigación finaliza con la exposición del jumil y los alimentos que derivan de este insecto, se realizará también la degustación de los platillos hechos a base de jumiles.

Fase 1. De acuerdo a la información obtenida, la primera salida al cerro Huixteco y Taxco, Gro. será la primera semana de octubre, esto con dos metas a cubrir, una para la obtención de información y aplicación de cuestionarios y entrevistas con los pobladores de la región (Fig. 5.) Cuestionario 1. y la segunda para detectar el inicio del ciclo de vida del este pentatomido, obteniendo así, datos concisos de la biología y hábitos del insecto.

Fase 2. La segunda salida está programada para la última semana de octubre con la finalidad de:

Continuar con el estudio etnoentomológico con énfasis en los jumiles y además se pretende realizar el ascenso al cerro Huixteco para llevar a cabo la supervisión visual, toma de fotografías, videos, así mismo, para detectar las primeras apariciones de este insecto, el cual se tendrá que colectar a través de ciertos materiales que previamente serán transportados a la zona de estudio; dicho material consta de trampas con atrayente no tóxico debido a que los organismos serán mantenidos vivos para su posterior traslado al Acuario Experimental de la UACh.

Otros materiales utilizados para esta fase, son: redes aéreas y de golpeo, bolsas de rafia, ligas para amarre, pinzas entomológicas, etiquetas cámaras con acetato de etilo como sustancia letal de insectos, cámara fotográfica, frascos entomológicos con alcohol al 70% para depositar algunos ejemplares que se hace necesario fijar para su posterior análisis y clasificación taxonómica dentro de las instalaciones del laboratorio de Histología de la HUACH. (Sistemática de la especie).

Técnica de muestreo: el ascenso al cerro implica llevar los materiales de colecta necesarios para realizar el muestreo, así, las bolsas de rafia serán utilizadas para guardar y transportar vivos a los jumiles; cuando estos sean abundantes en la bolsa, esta será cerrada con ligas asegurando que no escapen, se tomara una segunda bolsa para seguir colectando un mínimo de insectos para su propagación. Los ejemplares serán tomados directamente con la mano y depositados en la bolsa de rafia.

El muestreo se desarrollará en diferentes horarios; en esta fase, se espera visualizar el mayor sobrevuelo y junto con esto, la mejor captura de insectos, detectando al mismo tiempo, los hábitos nocturnos o diurnos de la especie.

De la actividad anterior se espera detectar los procesos de copula y por ende, la posterior ovoposición de las hembras, lo cual determinaría el inicio del ciclo de vida de los insectos en cuestión y por lo tanto la continuidad de la especie.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Se observará detalladamente este evento ya que a partir de la cópula se puede inferir el inicio del ciclo de vida de estos artrópodos.

Los datos serán registrados en tablas para su posterior análisis (Figura 4)

**Figura 4.** Tabla para registro de datos de colecta del jumil en el Cerro Huixteco, Gro.

Hora del día	copula	forrajeo	Pre ovoposición	ovoposición	competencia	Depredación De la especie

La bolsa con materiales vivos y los frascos con alcohol serán debidamente rotulados con los datos de la localidad, fecha, y nombre del colector (s). Con etiquetas de colgar y etiquetas de papel bond blanco, respectivamente.

Fase 3. Una vez recolectado el material vivo, se procederá a su traslado al Acuario Experimental para su procesamiento. Dicha tarea deberá ser realizada en las horas del día donde la incidencia de calor no es muy fuerte, ya que las chinches son muy susceptibles a los cambios bruscos de temperatura, en especial con temperaturas que van más allá de los 30° C.

En el Acuario Experimental: los jumiles serán depositados en jaulas entomológicas expresamente diseñadas para su conservación y propagación en cautiverio (Figura 6). Estos contenedores deberán ser preparados con anterioridad y con las condiciones que estos animales requieren para su desarrollo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Figura 6.** Jaulas y reproducción de



entomológicas para cría  
jumiles

**Figura 5. Encuesta - Cuestionario que se aplicará a los habitantes y expendedores de Jumiles en Taxco, Gro.**

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### COMIDA PREHISPANICA “JUMILES”

Encuesta para los entrevistados en Taxco, Gro.

¿Conoces los jumiles?

¿Por qué crees que son importantes?

¿Alguna vez has comido jumiles?

¿Te gusta el sabor de los jumiles?

¿Sabías que los jumiles son un alimento prehispánico?

¿Crees que es importante preservar esos alimentos? ¿Porque?

¿Por qué crees que se ha venido perdiendo la cultura de estos alimentos prehispánicos?

¿Sabes cuál es el precio de este alimento?

¿Sabes de algún lugar donde sean recolectores de jumiles?

¿Conoces la técnica de recolección de los jumiles?

¿Qué importancia crees que tiene hacer estas presentaciones de alimentos prehispánicos y cuál es tu opinión acerca de esta exposición?

¿Conoces los usos médicos y beneficios de los jumiles?

¿Porque son tan importantes los jumiles para los taxqueños?

¿Por qué consideras que los jumiles son considerados en la comunidad como sagrados?

Las jaulas son de madera de pino en tiras de 2.5 cm. de espesor, clavadas y unidas formando un cubo de 60 cm. por lado, la madera, es cubierta con tela tipo malasombra, esta, deberá ir pegada y cavada perfectamente en todos sus vértices para evitar la fuga de los insectos. En una de sus seis caras, lleva un bastidor de 20 cm. de diámetro el cual tiene una manga de manta de cielo que le sirve para el adecuado manejo al interior de la jaula. Esta manga debe tener una extensión de 40 cm. a lo largo del tubo-manga, esto para facilitar el manejo de los materiales y mantenimiento.

Esta preparación, lleva consigo el control de temperatura a través de colocar calentadores tipo acordeón para elevar la temperatura a un máximo de 25° que es la temperatura ideal para los artrópodos en cuestión.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Además, en el fondo de la jaula se colocará una base de pet mosss combinada con hojarasca del mismo lugar donde ellos habitan (Fig. 7), para facilitar la adaptación de los insectos al cautiverio, sin que ellos resientan de manera palpable el cambio brusco de factores medioambientales

**Figura 7. Hojarasca para las jaulas de**

**que servirá de sustrato reproducción del jumil.**



Así mismo, se deberán colocar pedazos de madera y tronco de árboles donde ello normalmente se desarrollan los jumiles, tal y como se muestra en la Figura 8. El bebedero para dosificar agua a los ejemplares consta de recipientes plásticos con algodón a nivel del agua para evitar el ahogamiento de los especímenes.

La alimentación de las chinches será proporcionada por el Invernadero de Especies Tropicales de la UACh donde se obtendrán plantas de la familia piperácea (yerba santa). Por otro lado, dichas plantas fueron cultivadas con sus requerimientos específicos y los nutrientes básicos para el desarrollo armónico de ese vegetal. (Fig. 9). Estos ejemplares ofrecen la ventaja de ser cortados en el momento de la alimentación, lo cual garantiza que el producto será fresco, tal y como se da en la naturaleza.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

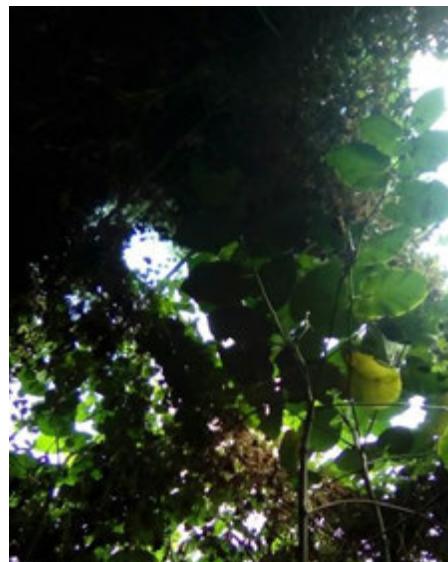
Fase 4. Por otro lado, se desconoce el número de ejemplares que se depositarán por jaula (porcentajes de hembras y machos), esto debido a que el número de ejemplares que se pudiera colectar es incierto, tomando en cuenta la situación de deterioro ambiental de la región ya que el avance en ecoturismo y el manejo de los recursos bióticos ha sido de grandes dimensiones. Por otro lado, no se pueden hacer inferencias del trabajo ya que el ciclo de vida de estos animales inicia hasta el mes de noviembre (univoltinos).

**Figura 8. Muestra de material biológico colectado para elaboración de reproducción del jumil**



**Figura 9. Planta piperácea  
jumiles.**

como alimento para



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Fase 5. La culminación del trabajo se dará con la reproducción en cautiverio del ejemplar en cuestión y con la exposición del alimento dentro del marco de la semana nacional de ciencia y tecnología, al mismo tiempo se realizará la degustación de los guisos preparados a base de jumil. En esta etapa se pondrán en práctica las recetas obtenidas en las encuestas realizadas en la ciudad de Taxco, Guerrero.

### 3. Referencias

Ancona, L. H. (1932). Los jumiles de Taxco, (Gro.) Anales del Instituto de Biología. UNAM. México. Vol. III. p. 149-162. Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000.

Gobierno del Estado de Guerrero. Dirección General de Comunicación Social. INEGI. (2000). Marco Geoestadístico Municipal LGEEPA 2007. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. (Última reforma). LGVS 2006. Ley general de Vida Silvestre y su Reglamento. Meza A. M. C. 1979.

La utilización de los insectos en la farmacopea mexicana. (2007). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. Muñoz-Viveros, A.L., P. González-Julián y X. Castillo-Gallegos.

Los jumiles del género Edessa spp. (Hemiptera:Pentatomidae) procedentes del Cerro El Huizteco, Taxco de Alarcón Gro., y las chinches acompañantes más frecuentes. Análisis de muestras comerciales y semicomerciales. Entomología Mexicana Vol. 6, Tomo 2:1116-1121.

Ramos-Elorduy, J. (1984). Los insectos como recurso actual y potencial. Seminario de alimentación en México. Instituto de Geografía, UNAM. 120-139.

<http://www.encyclopedia.org/index.php/indices/indice-flora-y-fauna/898-jumil>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Estrategias de Extensionismo en el Sector Agroalimentario en México

Manuel Galicia<sup>1</sup>; Abraham Rojano<sup>2</sup>; Josefina Pedraza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Gestora de Servicios Tecnológicos.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Mecánica Agrícola.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Gestora de Servicios Tecnológicos.

#### Abstract

The federal government in Mexico jointly the higher education institutions seeks to strengthen the agri-food sector through extension strategies, by means of training and innovation of the E1 and E2 strata. We worked with 627 technicians with a mainly agricultural profile of 19 organizations, attending 15,300 producers. Activities such as assistance techniques, participatory workshops and demonstration modules, sought to increase production yields, reduce costs, open new markets, adopt innovations and social development. The main production chains served were corn, livestock, vegetables, coffee and pineapple in the states of Guerrero, Oaxaca, Morelos, Puebla and Veracruz respectively. A total of 341 municipalities were attended in 28 states of the Republic. Due to all the above was generated a positive impact on small producers throughout the country.

**Key words:** extension, agri-food, small producers.

#### 1. Introducción

El extensionismo a nivel internacional ha cambiado radicalmente debido a que la sociedad agropecuaria opera en un mundo volátil, ambiguo e impredecible; actualmente el término se refiere a una variedad de sistemas que transmiten información y tecnología a personas relacionadas a la producción agroalimentaria, con la finalidad de solucionar problemas y obtener habilidades que permitan mejorar su sustento (Aguilar y Aguilar, 2017).

Aguilar y Aguilar (2017) mencionan que el extensionismo se ha posicionado nuevamente en la agenda internacional ya que se considera un instrumento que puede contribuir a impulsar la innovación agrícola y pecuaria.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Actualmente, la extensión en México se oferta como un servicio prestado por agentes públicos y privados, y en menor proporción por instituciones de educación, cuya función principal es transmitir conocimiento al productor (Rendón et al., 2015).

En México las unidades de producción tienen problemas en el desarrollo de las actividades agropecuarias, siendo la falta de apoyos, la falta de capacitación y asistencia técnica, algunos de los principales obstáculos que tienen que sortear los agricultores y ganaderos del país (Colín, 2014); lo cual afecta a una población mayoritaria vulnerable del campo, especialmente en las comunidades de alta y muy alta marginación (SAGARPA, 2014).

Las políticas de transferencia tecnológica e innovación para el sector agrícola en México se han apoyado principalmente en las acciones del llamado “extensionismo”, el cual ha comprendido básicamente la asistencia técnica, la capacitación y el soporte tecnológico en el uso de insumos y maquinaria (Amaro-Rosales M. y de Gortari-Rabiela, 2016).

El gobierno federal impulsa programas que generen innovación, a través del desarrollo tecnológico aplicado y la asistencia técnica, en la búsqueda por potenciar la productividad del sector agroalimentario a partir del impulso de prácticas del conocimiento investigación y desarrollo tecnológico, apoyada en las instituciones de educación, para desarrollar programas efectivos que focalicen esfuerzos.

Aguilar y Aguilar (2017) señalan que “es importante destacar que un servicio de extensionismo integrado debe de considerar tres tipos de agentes: i) los centros de investigación y educación; ii) el gobierno; iii) los productores” (p.6).

En esta nueva visión, se señala que las instituciones de educación superior trabajando de manera vinculada con el gobierno y las necesidades de los productores, se enfocan a generar las innovaciones aplicadas que respondan a las demandas del sector a partir de la incorporación de procesos basados en generar conocimiento.

Con el fin de alcanzar estas metas, la UGST/UACH, INCA Rural y SAGARPA, establecen el convenio “Estrategias de Extensionismo 2016, con el propósito de fortalecer en los productores las habilidades y capacidades con la finalidad de dar respuesta a sus necesidades, así como potenciar la productividad del sector agroalimentario.

El papel de la UGST como instancia ejecutora era desarrollar los instrumentos adecuados que permitieran a los extensionistas dar cabal cumplimiento a las políticas rurales establecidas por SAGARPA e INCA RURAL, administrar el recurso financiero asignado al componente, y generar los medios necesarios para evaluar el impacto del programa de una manera eficiente.

El objetivo principal de este proyecto fue conjuntar esfuerzos y recursos, para apoyar estrategias de extensionismo destinadas a la atención de iniciativas de organizaciones, comunidades y/o grupos rurales, para el desarrollo de acciones de capacitación, extensionismo e innovación en torno a la competitividad de la agricultura familiar como eslabón de cadenas de valor, con al menos 7,500 beneficiarios de los estratos E1 y E2.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 2. Metodología

El presente trabajo se basó en la información obtenida del Componente: Estrategias de Extensionismo 2016, realizado como parte de las actividades de la UGST, en convenio con INCA RURAL y de SAGARPA.

La información se recabó al inicio, durante y al final del seguimiento operativo que realizó la UGST de los técnicos que proporcionaron la asistencia técnica, mediante los documentos entregados de las actividades y de las visitas de campo.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos como grupos atendidos, actividades realizadas para la capacitación de los productores, indicadores evaluados, cadenas productivas, entidades atendidas, montos del apoyo.

Las Variables analizadas fueron aquellas relacionadas con la asistencia técnica y de información de los beneficiarios, los cuales se agruparon en cuatro áreas; grupos atendidos, actividades desarrolladas, sectores productivos, eficiencia del programa.

### 3. Resultados

#### Grupos atendidos

Durante el Programa de Extensionismo se trabajó con 19 organizaciones sociales (Tabla 1), las cuales se encargaron de determinar que extensionistas trabajarían con los productores.

**Tabla 1. Organizaciones sociales participantes**

ORGANIZACIONES SOCIALES	
ASOC. DE USUARIOS DE JUNTA DE AGUAS DEL DISTRITO DE RIEGO 001, AGUASCALIENTES	PRODUCTORES DE SEMILLA DE CALABAZA, ZAC.
SEDER Y FEDERACIÓN AGRONÓMICA A.C. DE CAMPECHE	GRUPO DESARROLLO DE LA MUJER RURAL
CAP-GUERRERO	UNTA
GRUPO CHIAPAS	USPR-PIÑA
FUNDACIÓN CAYACA'NE A.C	CAP DELEGACIÓN GUERRERO
CNPR	CNPR-CAFÉ
CODECI	UNIMOS
FEPUR	CIOAC

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

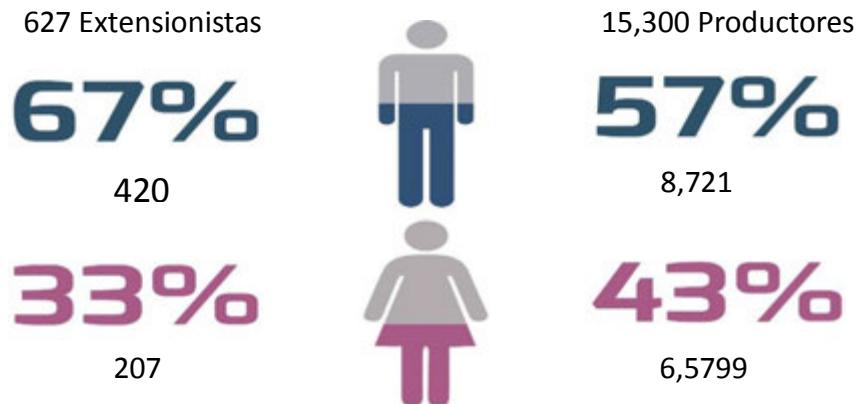
FICAM- CNPAMN	CCC
FICAM. UPREZ	CNPA
FICAM-MAIZ	

Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

Las organizaciones asignaron a 627 técnicos para el trabajo de capacitación, de los cuales el 51% presentaba un perfil agropecuario, 27% Sociales, 14% Ciencias Biológicas y 8% administrativas.

Se atendieron un total de 15,300 productores de los estratos E1 y E2. Se observa un incremento en la integración de la mujer en el ámbito profesional y productivo, de los extensionistas participantes el 33% (204 técnicos) son mujeres, mientras que de los productores el 43.4% son mujeres por lo que se observa una mayor integración de este género en el sector productivo agroalimentario (Gráfico 1).

**Gráfico 1. Distribución por género de extensionistas y productores**



Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

En el 2012 Cuevas *et al.* realizaron un estudio donde se observó que la participación de la mujer en unidades de producción con actividad agropecuaria solo era del 15.8%.

### Actividades desarrolladas

Con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados en las estrategias de las organizaciones, los extensionistas, realizaron 13,990 asistencias técnicas, 1,390 talleres participativos y 53 módulos demostrativos.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

El Gráfico 2 muestra que las actividades realizadas durante el programa de extensionismo tuvieron como principal finalidad el desarrollo de habilidades para la búsqueda de nuevos mercados para los productos y subproductos que elaboran (26%) y el incremento del rendimiento en la producción (23%); mientras que en años anteriores el 70% de las unidades de producción con actividad agropecuaria se capacitaron en temas relacionados con aspectos productivos, mientras que solo el 8.7% con temas de comercialización. (Cuevas *et al.*, 2012).

**Gráfico 2. indicadores**

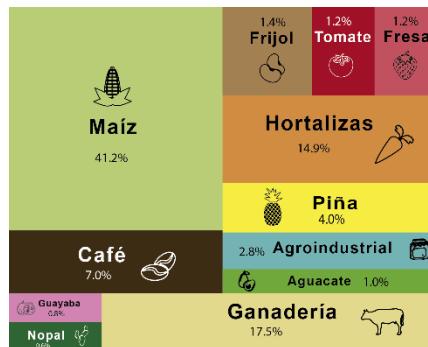


Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

### Sectores productivos

Se trabajó con cadenas productivas agrícolas, pecuarias y agroindustriales, siendo las principales Maíz con un 41.2%, Ganadería con 17.5%, Hortalizas, con 14.9%, Café con 7% y Piña con un 4%. Cuevas *et al.* (2012) mencionan que la agricultura contaba con el 75.4% de la capacitación o asistencia técnica seguido del sector pecuario con un 19.3% (Figura 1).

**Figura 1. Cadenas productivas atendidas**

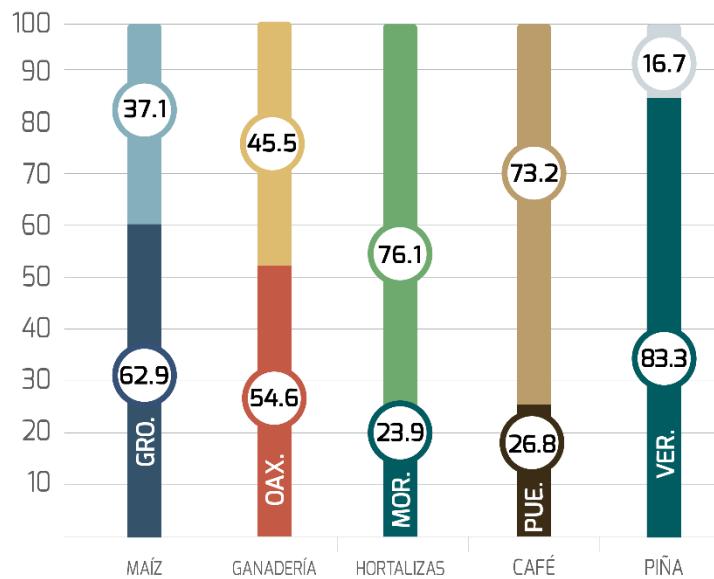


Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Como se puede observar en el Gráfico 3, el mayor número de productores atendidos en las principales cadenas productivas pertenecen a los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Morelos y Puebla, definidos los tres primeros por el gobierno federal en el 2016 como las zonas Económicas Especiales, donde se encuentran los mayores indicadores de pobreza (60% de la población).

**Gráfico 3. Estados participantes por cadena productiva**



Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

De los 32 estados que conforman nuestro país, este programa dio atención a 28 estados teniendo mayor participación Guerrero, Chiapas (considerada también como zona Económica Especial), Oaxaca, México y Veracruz.

Se dio apoyo a un total de 341 municipios en 28 estados de la República Mexicana; como se puede observar en la Figura 1 los estados donde se observó un mayor número de participación fueron Oaxaca con 62 municipios, México 46 municipios, Chiapas 38 municipios, Veracruz 35 municipios y Guerrero 23 municipios (Figura 2).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Figura 2. Entidades atendidas



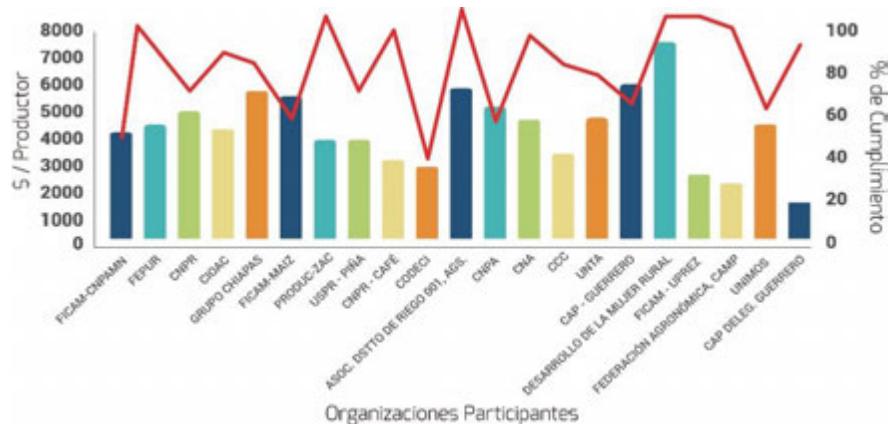
Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

En un estudio anterior se puede observar que la región con mayor proporción de beneficiados también se encontraba en el Sur con un 28% y en segundo lugar la Región Centro-Este con un 18% (Cuevas *et al.*, 2012). Si bien sigue siendo la región Sur la zona que recibe más capacitación lo importante a destacar es que el incremento de apoyo a esta región es significativo en estos últimos años.

### Eficiencia del programa

En cuanto a la administración del recurso, el beneficio por productor tuvo una media de \$4,328 pesos por concepto de capacitación, lo cual está relacionado al capital asignado por organización y al número de productores atendidos por cada una de ellas, observando también que eficiencia en la entrega de documentación por parte de los extensionistas presentó muchas inconsistencias, las cuales no estaban relacionadas con el recurso asignado (Gráfico 4).

Gráfico 4. Distribución del recurso y eficiencia



Fuente: Datos obtenidos del levantamiento de información.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

La problemática que se presentó durante la ejecución de este programa fue la presencia de técnicos con desconocimiento de los objetivos del programa y sin la capacitación pertinente que permitiera plantear un adecuado plan de trabajo que reflejara a través de objetivos, metas e indicadores las necesidades de los productores rurales; así como la entrega fuera de tiempo y forma lo que provocaba retrasos en el seguimiento de las actividades.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

Cabe resaltar que el programa de estrategias de Extensionismo 2016 presentó objetivos importantes que permitieron generar un gran impacto en productores de los estratos E1 y E2, en lo que respecta al desarrollo y fortalecimiento de habilidades y capacidades en diferentes áreas de la producción agroalimentaria.

### 5. Referencias

Aguilar A., J. y Aguilar G., N. 2017. Estado del Arte de los Sistemas de Extensionismo Agrícola (Versión preliminar). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 45 p.

Amaro-Rosales M. y de Gortari-Rabiela R. 2016. Políticas de Transferencia Tecnológica e Innovación en el sector agrícola mexicano. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 13(3). Colegio de Posgraduados. México. pp. 449-471

Colín M. 2014. Productores del campo enfrentan problemas en sus actividades. El Financiero: Economía. México. Consultado el 8 de agosto de 2017 en <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/productores-del-campo-enfrentan-problemas-en-sus-actividades.html>

SAGARPA. 2014. Programa Integral de Desarrollo Rural. Diario Oficial. México. 163 p.

Rendón M., R; Roldán S., E.; Hernández H., B. y Cadena I., P. 2015. Los procesos de extensión rural en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6 (1). p. 151-161

Cuevas R., V.; Baca M., J.; Cervantes E., F. y Aguilar Á., J. 2012. Asistencia técnica en el sector agropecuario en México: análisis del VIII censo agropecuario y forestal Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(5). p. 943-957

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Avances en la Realización de Talleres Introductorios para el Establecimiento de Huertos Comunitarios en el Estado de México.

Amelia Rendón García<sup>1</sup>; Ararat-Araxes Medina Jiménez<sup>2</sup>; Graciela Huerta Miranda<sup>3</sup>; Celia Gaytán Ávila<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. Correo electrónico:  
[amelia\\_rendon@yahoo.com](mailto:amelia_rendon@yahoo.com)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. correo electrónico:  
[arath\\_85@yahoo.ca](mailto:arath_85@yahoo.ca)

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. correo electrónico:  
[alexgraciela@gmail.com](mailto:alexgraciela@gmail.com)

<sup>4</sup> Celia Gaytán Ávila – Universidad Autónoma Chapingo. Dirección General Académica. Centro de Idiomas. correo electrónico: [gaytanac@yahoo.com.mx](mailto:gaytanac@yahoo.com.mx)

#### Abstract

On the last decades, the concern for a greater amount of green spaces among urban areas has increased. In consequence, urban gardens have gained a favorable reception due to their numerous advantages and thus are being implemented in many cities. Some of the benefits provided by this installments include: providing a source for better foods , reducing the amount of groceries needed to be purchased , enabling economical relief for families , and even working as a mean for controlling stress or a source for entertainment. These potential benefits in addition to the growing concern for sustainability and an increase in institutional support , have all facilitated the development of projects for vegetable culture to improve quality of life for people in small communities The goal of this projects was to develop workshops for beginners in relation to vegetable culture and production, in small spaces in four communities in the State of Mexico.

**Key words:** Urban agriculture, Vegetable gardens, Organic agricultura.

#### 1. Introducción

En las últimas décadas, el desarrollo de un tipo de agricultura denominada agricultura urbana, practicada dentro de las ciudades o en sus periferias camina a pasos acelerados (Zaar,2001). De tal manera que el interés por incorporar la naturaleza en forma de huertos en espacios urbanos dentro de las comunidades se ha multiplicado siendo favorecido esto gracias a la concientización y organización ciudadana, así como a un mayor apoyo institucional, teniendo esta actividad diferentes objetivos que abarcan desde la propia subsistencia, la mejora de la alimentación, el complemento de la economía familiar, hasta una alternativa al ocio y al entretenimiento con una

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

consecuente mejora en la calidad de vida de los habitantes de una comunidad. (Gaceta oficial,2016).

La FAO se ha esforzado por divulgar información de horticultura y nutrición en zonas rurales y urbanas, y ha presentado diversas iniciativas con la finalidad de procurar por la seguridad alimentaria que garanticen el acceso a una adecuada cantidad y variedad de alimentos para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones rurales y urbanas de América Latina (FAO, 2001). En concordancia con estos objetivos, de manera general en México han sido varias las iniciativas para fomentar la participación de la población en cuanto a capacitación hortícola y particularmente a partir del 2007, las instituciones gubernamentales han apoyado programas en donde se ha procurado favorecer la educación medio ambiental y el desarrollo de proyectos de agricultura urbana con la finalidad de incorporar a los ciudadanos a la producción de sus propios alimentos (Zaar, 2011).

Para el caso del Estado de México uno de los programas que se ha enfocado en capacitar y fomentar en la población la práctica de actividades tendientes a la producción de alimentos para autoconsumo es el programa HORTA-DIF ( Gobierno del Estado de México, 2017) el cual inició sus actividades en la década de los 80's teniendo como objetivo el proporcionar capacitación hortícola mediante un proceso de enseñanza aprendizaje pero a pesar de los esfuerzos realizados éste programa ha resultado insuficiente para atender la demanda que existe por este tipo de capacitación en diferentes comunidades del estado de México tales como las localidades de Santa Cruz de Abajo y San Miguel Tlaixpan en el municipio de Texcoco, cuyos habitantes han buscado alternativas de producción de alimentos particularmente libres de productos químicos .

Por otra parte, desde el año 2013, el gobierno del Estado de México impulsó la creación de un sistema de Bibliotecas digitales que se encuentran dentro de instalaciones educativas públicas en municipios de alta marginalidad tales como los municipios de Acolman y Chiautla y en cuyos espacios se ofertan de manera continua cursos, talleres, asesoría técnica y ciclos de conferencias, entre otras actividades, con el propósito de educar, orientar, informar y capacitar a los usuarios y público en general, en temas diversos relacionados con el medio ambiente.

Estas cuatro localidades ubicadas en el área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo, fueron seleccionadas para el desarrollo de un proyecto de servicio enfocado a la realización de talleres introductorios en temas relacionados con el establecimiento, manejo y producción de hortalizas en espacios pequeños con un enfoque ecológico.

Realizar talleres para difundir y socializar información sobre temas relacionados con el establecimiento y manejo de pequeñas superficies para la producción de hortalizas.

Promover y fomentar la conciencia ecológica en la producción de hortalizas en habitantes de cuatro comunidades ubicadas dentro del área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 2. Metodología

#### Localidades:

Las localidades en las que se han impartido los talleres teórico-prácticos son :

- a) Acolman: dirigidos a usuarios de la biblioteca digital
- b) San Andrés Chiautla: dirigidos a usuarios de la biblioteca digital
- c) Santa Cruz de Abajo: dirigidos a alumnos, maestros y padres de familia de escuela primaria Melchor Ocampo
- d) San Miguel Tlaixpan: dirigido al público en general de la comunidad

#### Talleres de capacitación para la producción de hortalizas

Dentro de las actividades del proyecto se contempló la impartición de cinco talleres teórico-prácticos de 4 horas en cada una de las localidades, para que los asistentes aprendieran los principios básicos sobre el proceso de establecimiento, cuidado y producción de un huerto con diferentes especies, con una periodicidad de quince a 20 días para dar tiempo a que las hortalizas se pudieran encontrar en diferentes fases de desarrollo.

La temática de los talleres fue la siguiente:

Taller 1. La producción de hortalizas en casa

Taller 2. Nutrición vegetal y Fertilizantes

Taller 3. Trasplante

Taller 4. Las plagas de las plantas

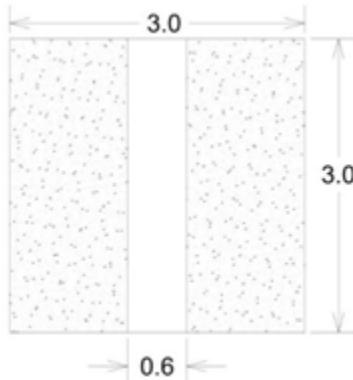
Taller 5. Tecnologías para la producción intensiva de hortalizas.

#### Instalación de módulos demostrativos

En relación a los módulos demostrativos se contempló instalar un módulo demostrativo para la producción de hortalizas en cada una de las Bibliotecas digitales: Acolman y San Andrés Chiautla, y en la localidad de San Miguel Tlaixpan. Cada módulo demostrativo se estableció en una superficie de 3x3m<sup>2</sup> trazando un pasillo central de 50 a 60 cm de ancho para obtener 2

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

rectángulos de 1.2 cm de ancho x 3 m de largo, como se muestra en el siguiente plano de distribución:



### Paleta vegetal de especies hortícolas

En relación a las especies que se establecieron se muestra a continuación la paleta vegetal de especies hortícolas seleccionadas.

**Cuadro 1. Especies hortícolas para los módulos demostrativos**

No.	Especie	Estructura útil
<b>1</b>	Acelga	Hoja
<b>2</b>	Amaranto	Semilla
<b>3</b>	Brócoli	Inflorescencia
<b>4</b>	Calabaza	Flor y fruto
<b>5</b>	Cebolla	Raíz
<b>6</b>	Cempasúchil	Flor
<b>7</b>	Chicharo	Vaina y semilla
<b>8</b>	Chile	Fruto
<b>9</b>	Cilantro	Hoja
<b>10</b>	Col	Hoja

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

<b>11</b>	Coliflor	Flor
<b>12</b>	Ejote	Vaina
<b>13</b>	Epazote	Hoja
<b>14</b>	Espinaca	Hoja
<b>15</b>	Frijol	Semilla
<b>16</b>	Huauzontle	Inflorescencia
<b>17</b>	Jitomate	Fruto
<b>18</b>	Lechuga	hoja
<b>19</b>	Maíz-Elote	Fruto
<b>20</b>	Nube	Flor
<b>21</b>	Pepino	Fruto
<b>22</b>	Perejil	Hoja
<b>23</b>	Rábano	Raíz
<b>24</b>	Tomate	Fruto
<b>25</b>	Zanahoria	Raíz

### Evaluación de los talleres

Al término de los cinco talleres en cada comunidad se contempla solicitar a los participantes responder un breve cuestionario y comentarios sobre los talleres realizados.

Adicionalmente se empleará la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) como instrumento de reflexión y autodiagnóstico.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Resultados

**Taller 1.** La producción de hortalizas en casa: En este taller se dio una breve introducción sobre la producción de hortalizas en pequeños espacios, se realizó un ejercicio de reconocimiento de las semillas de las especies de la paleta vegetal (cuadro 1) con que se trabajó, también se demostró como realizar la preparación del suelo para la siembra y se exemplificó la forma de realizar una siembra directa y una siembra en almácigos. Al término de la sesión se proporcionó semilla de las diferentes especies para poder establecer una superficie de 25 m<sup>2</sup> en casa.

**Taller 2.** Nutrición vegetal y Fertilizantes: En este taller se explicó el procedimiento para la elaboración de una composta.

**Taller 3.** Trasplante: En este taller se explicó la manera de realizar el trasplante y los participantes realizaron esta práctica con plantas de un almácigo y de aquellas plantas que ya habían alcanzado un buen desarrollo provenientes de la siembra directa.

**Taller 4.** Las plagas de las plantas: En este taller se describió el proceso para la elaboración de un repelente de insectos natural y a los asistentes se les proporcionó un poco del repelente para aplicarlo en sus siembras.

**Taller 5.** Tecnologías para la producción intensiva de hortalizas: En este taller se proporcionará información sobre algunas otras tecnologías como los sistemas hidropónicos y el uso de plásticos en la producción de hortalizas.

Por el momento se han realizado al menos para cada una de las localidades cuatro de los cinco talleres programados, los cuales se implementaron a partir del mes de mayo 2017, las especies de hortalizas se encuentra en diferentes fases de desarrollo debido a las diferentes fechas de siembra en que se establecieron los módulos demostrativos y se encuentran en buenas condiciones fitosanitarias.

En cada una de las comunidades se ha trabajado con diferentes sectores de una población (niños, jóvenes y adultos) pero en todos ellos se ha podido apreciar gran interés y motivación por conocer el proceso de producción y manejo de las plantas que se han sembrado, particularmente porque han podido observar la posibilidad de obtener productos de buena calidad para autoconsumo con la seguridad de que éstos se encuentran libres de productos químicos.

Por otra parte mediante la entrega a los asistentes de semillas de las diferentes especies y de productos naturales con efectos repelentes y nutritivos (repelentes y compostas), se ha fomentado la valoración de éste sistema de producción más amigable con el medio ambiente y la motivación para realizarlos como iniciativa propia en las casas.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



*Preparación de suelo y siembra*



*Elaboración de compost*



*Especies en desarrollo*



*Cosecha*

### 4. Conclusión

Este trabajo aún está en proceso de desarrollo, mediante la aplicación del cuestionario de evaluación a los asistentes a los talleres y el empleo de la matriz FODA como instrumento de reflexión y autodiagnóstico se espera poder obtener información adicional y complementaria para ir mejorando esta primera experiencia en la realización de este tipo de talleres que nos permita crear un huerto-piloto modelo bajo un enfoque de conciencia ecológica para la producción de hortalizas en pequeños espacios.

### 5. Agradecimientos

Se agradece a la Subdirección de Extensión y Servicio de la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo para la realización de éste proyecto.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 6. Referencias

FAO (2001). *Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares: manual de capacitación para trabajadores de campo em América latina y el Caribe.* 239p

Gaceta oficial CDMX (2016). *Reglas de operación 2016 programa agricultura sustentable a pequeña escala de la ciudad de México,* 29 de enero de 2016.

Gobierno del Estado de México. Sistema para el desarrollo Integral de la Familia (2017). *Horta-DIFyproyectosproductivosde* [http://difem.edomex.gob.mx/hortadif\\_proyectos\\_productivos](http://difem.edomex.gob.mx/hortadif_proyectos_productivos)

Zaar M. (2011). *Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual.* Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales. Serie documental de *Geo Crítica. Cuadernos Críticos de Geografía Humana* Vol. XVI, Nº 944, Barcelona.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Propuesta de una Maestría en Educación Física Rural

Rubén Gómez Peregrina

Profesor del departamento de Educación Física en la Universidad Autónoma Chapingo. Correo electrónico: vchameg@gmail.com

#### Abstract

Physical education in Mexico, from the point of view of professionals specifically in the rural area, is not enough to serve the population throughout the country. The tools provided by institutions at the higher level to develop or solve the problems faced by a classroom teacher are difficult since sometimes the one who has to give the physical education class is the normal teacher known as The classroom teacher. In this study, a series of information was collected through surveys and interviews to find out the current situation of physical education in rural areas of southeast Mexico, specifically in the states of Chiapas and Oaxaca. Based on this and with the support of didactic and pedagogical material, a proposal for a Master's Degree in Rural Physical Education was developed, which, if approved, would greatly help improve the quality of physical education that is taught in the field, which is often Almost nil or deficient. This proposal is an alternative for the professional improvement in this specialty and is a pioneer in the field of physical-sports culture.

**Keys words:** Master's, Urban Physical Education, Rural Physical Education, Educational Models, Curriculum Design

#### 1. Introducción.

La educación física en México, es la Ciencia que estudia el movimiento del cuerpo humano, a través de la mente, integrando al niño-adolescente a una sociedad, así mismo desarrolla sus capacidades físicas como son la fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad. Dando como resultado el estado óptimo físico para un rendimiento social.

Hoy en el 2017, es una de las alternativas para nuestros jóvenes para alejarlos de los ambientes hostiles como son la delincuencia, drogas, tiempo de óseo, alcohol, y los tics (celular, juegos de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

maquinitas que la mayoría va encaminado a despertar la agresividad, internet pornografía) etc. Así como parte esencial parte combatir el sobre peso y obesidad.

La importancia de la educación Física se conoce desde tiempos remotos. En Grecia en el año 386 a.c. **Aristóteles**, filósofo griego, consideraba que la educación física era beneficiosa para todos los ciudadanos y consecuencia para el estado. **Platón** consideraba las mujeres embarazadas eran responsables de la actividad física de su hijo mientras permaneciera en el útero. Recomendaba, Caminar ya que sus movimientos conducirían a la salud y a la belleza del niño. Una vez que el niño comenzaba su vida académica en la Escuela idealista de platón participaba en varios eventos deportivos hasta cumplir 18 años. Después se dedicaría de lleno al entrenamiento físico o militar durante dos años (Hummel, 1999).

Por otro lado en el ambiente de la milicia, fue en la primera guerra mundial las alarmantes estadísticas generales de salud mostraban que uno de cada tres miembros reclutados del personal militar de Estados Unidos no estaba en condiciones de combatir .El gobierno intervino en función de mejorar la calidad de los cursos de educación física que se dedicaban en el país importantísimo el desarrollar de los militares su desarrollo físico y mental, para tener la capacidad de estar en las mejores condiciones físico-atléticas.

La población estadounidense comenzó a reconsiderar la importancia de la educación física en sus vidas. En la década de 1950, se crea la Asociación Estadounidense para la actividad física y recreación, además de la Asociación Estadounidense para la Salud iniciando programas de educación física a nivel nacional. En 1954 fue creada la Universidad Estadounidense de medicina del Deporte. Esta Institución adquirió reputación como un organismo de referencia para los avances en la Educación Física. A mitad del siglo XX, la Educación Física dejó de ser solamente una actividad de escuelas y universidades para convertirse también en un fenómeno social y cultural (Boeree, S/A)

Sin embargo, hasta nuestros días no se hace una diferencia entre la educación física urbana y la educación física rural ya que no se cuenta con programas de nivel básico, habiendo una notoria diferencia entre cada área mencionada. La educación física rural podría definirse como una actividad física, teórica y práctica, donde se adapta la pedagogía y la didáctica principalmente con los rasgos de una comunidad rural y del medio ambiente, en base a los usos y costumbre de la entidad, para lograr los objetivos planteados, en los programas de Educación Física.

La Educación en México, es complicada ya que desde años atrás hemos venido copiando programas de otros países que realmente no se identifican con las características de nuestro país y de nuestros niños.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Además, nuestra estructura logística no nos ayuda, para atender a la cantidad de alumnos por grupo, ya que el país no tiene lo necesario para atender las demandas para alcanzar la excelencia en la educación básica (preescolar, primaria y secundaria).

La realidad de los niños y adolescentes del campo es deprimente pues no cuentan con lo necesario en educación, en comparación a los de la ciudad, como por ejemplo carecen de instalaciones adecuadas, y deben de viajar a grandes distancias para llegar a su escuela, además que no cuentan con el material básico para recibir un conocimiento básico. La condición en el área de la educación física es aun más alarmante, siendo muchas veces impartida esporádicamente o incluso omitida. Comúnmente es el maestro de aula quien imparte la materia, en ocasiones sin tener conocimiento de lo que pretende la educación física, únicamente es una actividad recreativa sin ningún objetivo particular.

Siendo la educación física, un elemento que en todo momento ayuda a mejorar la coordinación motriz de cualquier ser humano, llámese niño, joven o adulto, es de gran relevancia para la educación del nivel básico que se está desperdiando por falta de capacitación. Esta propuesta de maestría en educación física rural, es una alternativa para los profesores normalistas o de otras profesiones que se encuentren impartiendo la asignatura para que tengan los elementos básicos de la educación física en la zona rural.

De ser avalada la propuesta la Universidad autónoma Chapingo continuaría siendo pionera en atender las necesidades básicas del campo y capacitando en áreas prioritarias como lo es en este caso la Docencia.

### 2. Metodología

Inicialmente se recabó la mayor averiguación por todos los medios de una búsqueda, bibliografía, revistas, videos, periódicos, trípticos, entrevistas, pláticas con profesores de Educación Física, redes sociales etc.

Posteriormente se realizaron visitas a las regiones mencionadas que son Chiapas y Oaxaca, para realizar las encuestas, a las personas como son los campesinos, maestros y estudiantes de la licenciatura de Educación física. Además de las autoridades de las Escuelas. Realizando entrevistas relacionado a la Propuesta de una Maestría en Educación física Rural.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Recordar que no es únicamente el que la Universidad Autónoma Chapingo, de la iniciativa de una maestría de Educación física Rural, ya que las instituciones que visitemos como la Escuela Superior de Educación física de Chiapas, Oaxaca y Veracruz serían algunas alternativas y sedes para llevar a cabo, la actualización de los conocimientos de la Educación física rural.

Teniendo los resultados de los cuestionarios comenzaremos a interpretar los efectos, para poder dar el último paso que será el de diseñar, la maestría en Educación física Rural coordinada por la Universidad autónoma Chapingo.

Para el Estado de Oaxaca se recopiló la información de 5 municipios que fueron Asunción Nochixtlán, Totontepec Villa de Morelos, Villa de Etla, Santos Reyes Nopala, Yaxe, haciendo un total de 48 escuelas Primarias y 20 de nivel secundaria. Para el Estado de Chiapas se utilizó el registro de todas las escuelas del municipio de Jiquipilas Chiapas, se encontró que del total de comunidades que han sido registradas en el municipio de las cuales son 376 ejidos y comunidades, solo 36 ejidos cuentan con educación Primaria entre las que se incluye la primaria indígena y 24 cuentan con educación Secundaria principalmente de tipo Telesecundaria.

Para el nivel primaria se tomó en cuenta las primarias generales y de tipo Indígena, mientras que para secundarias se tomaron en cuenta los diferentes tipos de educación de nivel secundaria en el ámbito rural.

Finalmente, con toda la información recabada, apoyo de material didáctico y pedagógico, y en base a la experiencia laboral se llevó a cabo el diseño de la Maestría en Educación Física Rural.

### 3. Resultados

Con base a los estudios realizados se encontraron diversos puntos que corroboran la necesidad de implementar estudios de educación física específico para el ámbito rural, además de que muchos de ellos fueron alarmantes y dan las bases para reafirmar el compromiso que la Universidad tiene con el campo.

Inicialmente se presenta la proporción de escuelas primarias y secundarias del estado de Chiapas (Figura 1) que tiene atención por Profesores de Educación física, el resto son atendidos por los mismos profesores de aula. Como puede verse la situación de las telesecundarias indica que es muy escasa la presencia de un especialista en el rubro de la educación física.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Mientras que para las escuelas estudiadas en el estado de Oaxaca la situación es aún peor ya que los porcentajes son más bajos siendo nula la presencia de profesores de educación física en secundarias (Figura 2)

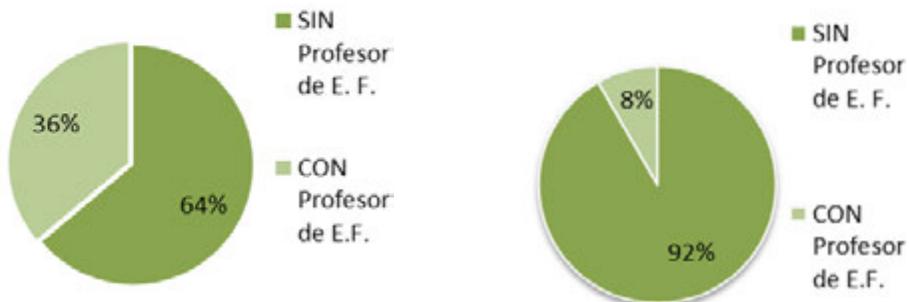


Fig. 1 Porcentaje de escuelas primarias (Izquierda) y Secundarias (Derecha) que cuentan con Profesor de educación Física en el municipio de Jiquipilas, Chiapas.

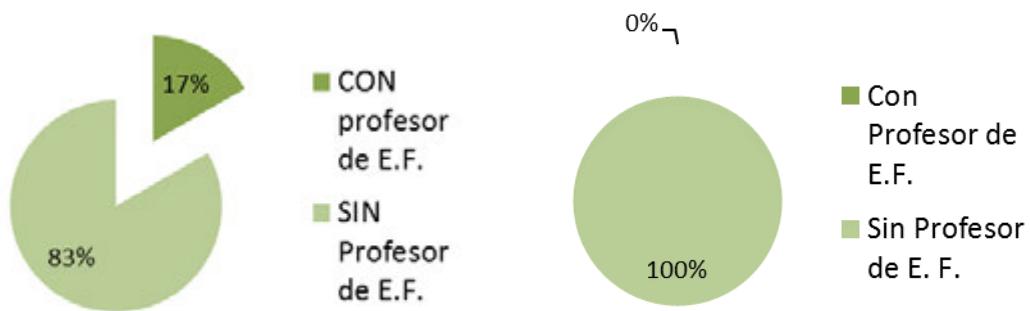


Figura 2. Porcentaje de escuelas primarias (izquierda) y secundarias (Derecha) que cuentan con Profesor de Educación Física en municipios estudiados de Oaxaca

**Propuesta de una Maestría de Educación física Rural, Avalada por la Universidad Autónoma Chapingo.**

Esta propuesta, plantea un modelo educativo mixto, (modelo Bianca) donde se aplicará el

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Es importante conocer, que se pretende alcanzar con este modelo híbrido, ya que, al diseñar un plan de estudios y programas, avalan un posgrado, que debe ser congruente con el tiempo de los días, horas y evidencias que se desea alcanzar los contenidos temáticos del campo. En este modelo híbrido se propone que haya una cantidad de prácticas de cada asignatura (Unidad) a nuestros alumnos de la maestría ya que como va encaminado a la Educación física Rural, es importante a nuestros futuros maestros, tengan desde el inicio la problemática a la que se van enfrentar en el campo profesional, siendo obligatorio cubrir el rubro de 6 horas prácticas.

La duración de la Maestría sería de 18 meses, presentando su trabajo de investigación al término de 2 años. (24 meses)

Una de las características con las que cuenta la Universidad Autónoma Chapingo, es su Autonomía, y tiene la posibilidad de Oficializar esta maestría de Educación física Rural, sus instalaciones Deportivas y académicas que cuenta serían ideales para llevar a cabo esta Maestría, ya que cuenta con todas las características, para ejercerla y oficializarse.

Sería la primera institución que contaría con una maestría en Educación física Rural, ya que no hay ninguna otra Institución en la república mexicana, que cuenten con mencionado posgrado.

El apoyo de Superación Profesional, para los profesores del departamento de Educación física de la Universidad Autónoma Chapingo que no cubren un perfil y están frente a grupo de los alumnos de preparatoria Chapingo, será básico y esencial esta alternativa de cursar una Maestría en Educación física Rural. Así como capacitar en esta maestría a los profesores de aula de zonas rurales, a nivel básico ya que son los que dan la clase de educación física en el campo, sin tener las herramientas necesarias para transmitir la Educación Física Rural.

Finalmente es importante destacar el impacto a nivel Nacional de una Institución como es la Universidad Autónoma Chapingo, la cual se preocupa por el campo, pero además prepararía profesionistas que atienden en las zonas rurales en el tema de la actividad Física.

### Misión de la Maestría

Capacitar con herramientas académicas de enseñanza y aprendizaje, a los alumnos de posgrado en los ambientes de la Educación Física Rural, así como formar un alto sentido ético, social capaz de generar los cambios necesarios a nuestra sociedad de la cultura física y Deporte.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Visión de la Maestría

Promocionar y Avalar oficialmente en el 2017-2018, una Maestría en Educación Física Rural, por las Instituciones a nivel Superior, específicamente por la Universidad Autónoma Chapingo, siendo pionera y difundiendo en todo el país la Maestría en Educación física Rural

### Diseño del mapa curricular de la Maestría en Educación

Primer Modulo	Segundo Modulo	Tercer Modulo	Cuarto Modulo
La Didáctica y el Aprendizaje rural, en la Educación Física.	Nutrición , en la zona urbana y rural	Seminario de tesis II Planteamiento del Problema de investigación	Seminario de tesis III
Deportes de conjunto en la zona rural, como un medio para mejorar la coordinación motriz.	Lesiones y Vendajes prevención en el campo rural	Deportes individuales en la zona rural. Atletismo	Juegos Tradicionales de la zona sur de la república Mexicana.
La Recreación una alternativa para el Educador Físico Rural.	Seminario de tesis I Metodología Cuantitativa Cualitativa Híbrido	Organización administrativa en la educación física rural.	Seminario de tesis IV

Competencias generales y específicas a desarrollar en los módulos de la Maestría en Educación física Rural

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

- Demuestra un comportamiento profesional que lo identifica como líder para el logro de las competencias y objetivos comunes en las actividades de una educación física rural.
- Utiliza los conocimientos teóricos, pedagógicos, recreativos, biológicos y deportivos que sustentan a un educador físico rural.
- Conduce bajo principios pedagógicos la enseñanza de la educación física rural.
- Organiza y desarrolla eventos deportivos, recreativos y competitivos a nivel de la educación básica en el Ambiente rural.
- Enfatiza en los conocimientos teóricos y metodológicos del crecimiento y desarrollo infantil para el trabajo deportivo de iniciación, con características del campo.
- Actualiza la diversidad de posibilidades de enseñanza y aprendizaje utilizando el medio ambiente.
- Gestiona con bases administrativas la organización de diferentes actividades deportivas de la educación física rural.

Se realizó y se presentan los programas de cada una de las asignaturas del primer módulo de la maestría como un modelo a seguir en los 2, 3 y 4. Los cuales incluyen información general, presentación, perfil del docente, propósito, competencias genéricas y específicas, contenidos, objetivos, estrategias didácticas y bibliografía recomendada.

### Discusiones

El 90 % de los niños y jóvenes escolares de Chiapas no realizan actividades físicas suficientes para fortalecer su crecimiento (CODEME, 2012).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En lo que se refiere a indicadores educativos 95.1% de los niños de 6 a 14 años asistía a la escuela, en tanto que entre los individuos de 15 a 24 años este porcentaje bajaba a 39.8%. El promedio de años completos de escolaridad en los individuos de 15 años o más en Chiapas fue de 7.0 años, 16.7% inferior a los 8.4 años del promedio nacional. En ese sentido, mientras la población analfabeta de 15 años o más tenía una proporción de 7.0% en el país, en Chiapas ese porcentaje fue 2.1 veces mayor, pues llegó a 14.8%. En Chiapas, 26.9% de la población de cinco años o más hablaba una lengua indígena (4.5% veces más que el promedio nacional), del que 27.3% era monolingüe y el restante 72.7% hablaba también español (INSP, 2013a). En Chiapas el 51 % de los preescolares son unitarios, 69.6% de las primarias son multigrado, lo que se refiere fundamentalmente a aquellas escuelas en donde todos los docentes atienden más de un grado, pero sólo 2.7% de sus telesecundarias tienen este tipo de organización (INEE, 2014).

Según ENSANUT 2012, en los hogares del estado de Oaxaca, en lo referente al nivel socioeconómico la población se concentró en el nivel socioeconómico más bajo donde se agrupaba 50.1% de la población. El 94.2% de los niños de 6 a 14 años asistía a la escuela, en tanto que entre los 15 a 24 años este porcentaje bajaba a 39%.

El promedio de años completos de escolaridad en los individuos de 15 años o más en Oaxaca fue de 6.9 años, 17.9% inferior a los 8.4 años del promedio nacional. En ese sentido, mientras la población analfabeta de 15 años o más tenía una proporción de 7.0% en el país, en Oaxaca ese porcentaje fue 2.0 veces mayor, pues llegó a 14.1 por ciento. En Oaxaca, 36.9% de la población de cinco años o más hablaba una lengua indígena (6.2 veces más que el promedio nacional), porcentaje del que 13.6% era monolingüe y el restante 86.4% hablaba también español (INSP, 2013b).

En Oaxaca el 38.7 % de los preescolares son de tipo unitario, 53 % de las escuelas primarias son multigrado y 3.4 % de las telesecundarias son unitarias o bidocentes. De las primarias multigrado el 36.6 de las primarias generales pertenecen a esta categoría, así como 62 % de las primarias indígenas y el 100 % de las de tipo comunitario (INEE, 2014).

La información generada a través de la investigación confirma la teoría de que no existe ninguna maestría en educación física rural, incluso no se hace una diferencia teórica en nuestro país como en muchos otros países de la educación física impartida en el campo como en las ciudades, mientras que en la práctica hay una clara evidencia que existe diferencia entre estos dos rubros de la educación física.

De avalarse e implementarse un posgrado en este ámbito La universidad Autónoma Chapingo sería pionera y fortalecería su compromiso con el campo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 4. Conclusiones

Los estados de Chiapas y Oaxaca poseen niveles muy bajos de calidad en la educación, existe demasiado rezago, analfabetismo y deserción escolar. Las comunidades rurales más alejadas, de las zonas urbanizadas son las más afectadas educativamente.

Nuestros alumnos de preparatoria Chapingo de 1º año, del estado de Chiapas y Oaxaca, nos arrojan datos como que el 89% no tuvieron un profesor de Educación Física en primaria y en secundaria un 92 %.

En el aspecto de estructura deportiva, un 30% de escuelas no cuentan con una instalación deportiva, mucho menos con materiales deportivos básicos, para atender una clase de educación física rural.

La atención de profesores de educación física para la zona rural únicamente contamos con el 17% y 36% Primaria y en Secundaria 8% y 0%, razón de que se lleva a cabo una educación de telesecundaria.

La alternativa para solucionar este problema, es de preparar a nuestros profesionistas por medio de una Maestría en Educación Física Rural.

El impacto se daría en tres sectores de nuestra población, primero a nivel del maestro normalista en todo el país, segundo el de actualizar y motivar la superación profesional a nuestros compañeros del departamento de Educación Física en la U.A.CH. y tercero la posibilidad de que los licenciados en Educación física de todo el país conozcan que hay una Institución Educativa que se preocupa de realizar una especialidad en Educación física.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 5. Referencias

BOEREE G. The Ancient Greeks, Part Two: Socrates, Plato, and Aristotle

HUMMEL C. 1999. PLATO (428–348 B.C.) UNESCO

INSTITUTO NACIONAL PARA LA EVALUACIÓN EN LA EDUCACIÓN (INEE). 2014. Panorama Educativo de México 2013. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación Básica y Media Superior. México: INEE. 456 pág.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. 2013a. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por entidad federativa, Chiapas. Cuernavaca, México. Disponible en: encuestas.insp.mx

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. 2013b. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por entidad federativa, Oaxaca. Cuernavaca, México. Disponible en: encuestas.insp.mx

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

# CAMBIO CLIMÁTICO

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Variabilidad Climática en la Región de Chapingo, México

Sergio Cruz Hernández; Gerardo Noriega Altamirano; Guillermo Torres Carral.

Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 Carr. México-Texcoco C.P. 56230, tel (01595)95-215-00 ext. 5495. Chapingo, Estado de México. mail: sergiocruzhdz@gmail.com.

#### Abstract

In Chapingo region was analyzed the behavior of environmental temperature and precipitation in 2016, as part of the environmental variables of the production of basic crops. The results indicate that there is an increase in temperature of 2.4 ° C; while the analysis of precipitation indicates that it has gradually decreased by 7.1%. This decrease of precipitation affects the period of growth of temporary crops, approximately in 10 days. Data indicate that 2016 has been a very hot year, such as the climate scenarios have reported. Some alternatives that contribute to diminish the negative impacts of this climatic variability are: (a) Agricultural Diversification; (B) Protection of Productive Lands and; (C) Limit the Circulation of Vehicles; It is noted that the urban area in the ZMCD from 1970 to 2000 increased by 50.45% of its area, contributing to regional climate change.

**Keywords:** Climate Change, Weather agriculture, Climatology, Chapingo

#### 1. Introducción

En la actualidad, en México, se padece una crisis alimentaria, que se va agravando con el constante aumento de la población, por una continua demanda de necesidades básicas para la sociedad; se parte de que vivimos en un mundo de desarrollo asimétrico, producto de: la globalización, del mal uso y aprovechamiento irracional de los recursos naturales, la extrema pobreza del medio rural, principalmente; todo ello, genera consecuencias destructoras sobre los campesinos más pobres, que conforman el sector más vulnerable de la sociedad, situándonos en una etapa donde queda manifiesto el agotamiento de un estilo de vida basado en el consumismo, el cual es ecológicamente insostenible y socialmente injusto, además de que es políticamente incorrecto; por lo anterior, se deben hacer propuestas de desarrollo, que contribuyan a reducir la pobreza y, la desigualdad social, buscando mejorar las opciones de subsistencia de los campesinos que dependen del temporal, el cual se ha estado modificando por el Cambio Climático Global.

El clima, se concibe como el conjunto de manifestaciones atmosféricas y meteorológicas, que ocurren en un lugar determinado; así, García (1989) define al clima como: el estado más

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

frecuente de la atmósfera, en un lugar determinado y, comprende los extremos e incluye todas las variaciones que están presentes.

Por lo tanto, el Cambio Climático, se puede definir como: las modificaciones del clima, con respecto al historial climático a una escala global, regional o local; tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y espacio en los elementos del clima y, pueden deberse tanto a causas naturales, como por las actividades antropogénicas (entre ellas las del sector agropecuario). Esta investigación no pretende inclinarse hacia una postura o hacia otra, es decir, de proponer que tipo de causas han originado esta variación climática regional, la intención solamente es mostrar que, en las últimas décadas, las variables climáticas se han estado modificando.

Algunos efectos del Cambio Climático, son los que podemos apreciar en la agricultura mexicana bajo condiciones de temporal. Actualmente, se tiene el incremento en la temperatura de la atmósfera, el incremento de la temperatura del agua del mar, propiciando anomalías atmosféricas, como es el caso del “Niño”, lo cual tiene efectos negativos en el crecimiento y desarrollo vegetativo de los cultivos en México, afectando seriamente el rendimiento, así como también a la proliferación de plagas y enfermedades. Del mismo modo, se registran eventos extremos como sequías, heladas e inundaciones, los cuales son cada vez más recurrentes, afectando negativamente la producción agropecuaria del país.

En el ámbito descrito, se plantea el siguiente estudio de caso; en donde se han analizado las variables meteorológicas, precipitación pluvial y temperatura media ambiental, de la estación meteorológica Chapingo, México. Dichos elementos climatológicos son las variables dependientes del sistema de producción bajo condiciones de temporal. Los resultados indican que existe una variación climática en ambas variables, lo cual muestra que existe una tendencia de modificación climática, con lo cual se pueden sentar las bases de, que si no se atiende esta problemática ambiental, la región de estudio sufrirá un mayor impacto del Cambio Climático.

### 2. Metodología

La estación meteorológica Chapingo, está localizada dentro del Municipio de Texcoco, ubicándose en la porción oriente del Estado de México, en las coordenadas geográficas  $19^{\circ}29'05''$  Latitud Norte y  $98^{\circ}53'11''$  Longitud Oeste, a una altitud media de 2,250 msnm. Los afluentes principales afluentes son los arroyos San Bernardino y San Mateo Huexotla, que vierten sus aguas al Vaso del ex-Lago de Texcoco. El clima es templado con verano fresco largo, con lluvias en verano, con poca oscilación térmica, la fórmula climática es:  $Cb(w_0)(w)(i')(g)$ . Los principales cultivos bajo condiciones de temporal en la región, se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Principales cultivos bajo de condiciones de temporal, en la región de Chapingo, México, del año agrícola 2014.**

Cultivo	Superficie	Superficie	Producción	Rendimiento
---------	------------	------------	------------	-------------

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

	Sembrada	Cosechada		
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)
Avena forrajera	54,061	54,061	1,029,981	19.05
Avena grano	11,314	11,314	16,505	1.46
Maíz forrajero	12,053	12,053	396,968	32.94
Maíz grano	456,481	437,068	1,487,706	3.4
Frijol	8,872	8,872	7,828	0.88

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

Para el análisis del periodo de crecimiento, se trabajó con la metodología propuesta por FAO (1981), aplicado en el proyecto de zonas agroecológicas y, se analizaron las normales climatológicas extremas, es decir, 1941-1970 y 1981-2010 para poder determinar la variación climática regional.

En esta investigación, se considera que el Cambio Climático, es un problema de carácter global, con impactos regionales y locales, debido a las consecuencias que conlleva tanto a nivel ambiental como socioeconómico. Los niveles de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) han incrementado su concentración en la atmósfera y están contribuyendo a los cambios en el sistema climático, evidenciados por el aumento de las temperaturas del aire y del océano, el deshielo en los polos y el aumento del nivel del mar (FAO-SAGARPA, 2012).

En este mismo sentido, señalamos que el IPCC (2001), en su tercer informe de evaluación señaló que “la temperatura media mundial en la superficie ha aumentado  $0,6 \pm 0,2$  °C” desde fines del siglo XIX. Además, en el mismo informe, señala que “es muy probable que los años noventa hayan sido el decenio más cálido y 1998 el año más cálido”, según los registros instrumentales; del mismo modo, también marca que: “el calentamiento reciente ha sido mayor en tierra que en los océanos”; “El Niño” de 1997 a 1998 se destaca como un fenómeno extremo.

La temperatura ambiental, paulatinamente se ha ido incrementando, producto de la actividad antropogénica y por causas naturales. En este sentido, Chivelet (1999) afirma que, se trata del hecho de que nosotros, con la actividad industrial, estamos modificando el clima del planeta, aunque no sabemos muy bien en qué medida, tampoco sabemos cómo el sistema terrestre respondería a tales cambios, se ha incrementado el efecto invernadero, destruyendo la capa de ozono; transformamos la biosfera, condenando a la extinción de numerosas especies, modificando genéticamente otras y reduciendo con todo ello la biodiversidad; cambiamos radicalmente el ciclo hidrológico.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

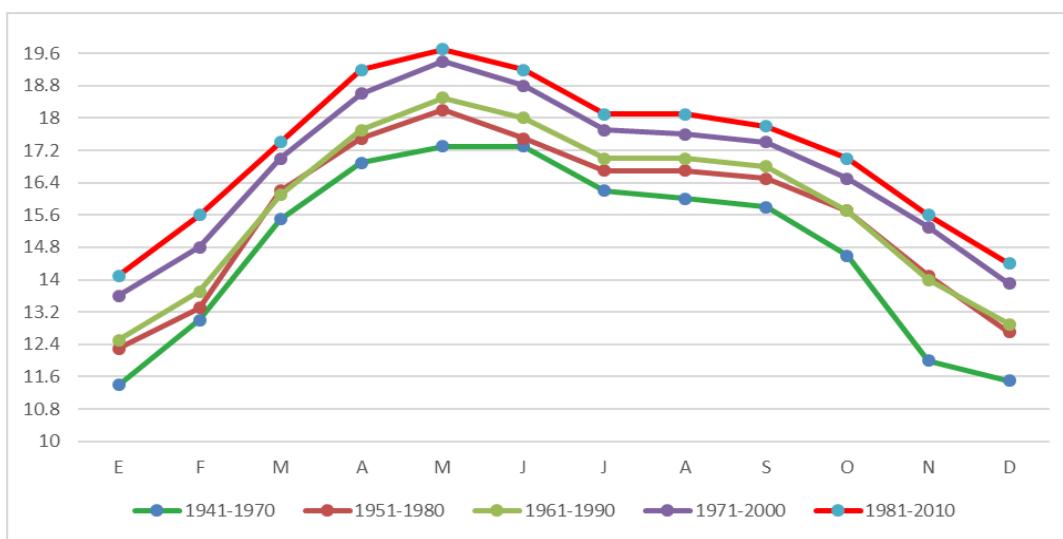
### 3. Resultados

Sánchez y Díaz (2008) señalan que la variabilidad climática genera incertidumbre en un sistema, aumentando su riesgo. El riesgo puede ser físico o económico, sin ser ambos necesariamente excluyentes, dado que la atmósfera es un sistema dinámico no lineal, en el sentido determinístico no es fácil predecir su comportamiento, también mencionan que, en México el 23.5% de la población subsiste de actividades relacionadas con la agricultura de manera directa o indirecta; esta población ha disminuido considerablemente, pasando del 57.4% en 1950 hasta el 23.5% en 2005.

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de la temperatura media mensual de los cinco períodos normalizados de la estación meteorológica de Chapingo, destacando que en el periodo 1951-1980 y 1961-1990 prácticamente no existe variación térmica; sin embargo, al analizar los datos de los siguientes períodos, se muestra claramente un incremento en la temperatura ambiental, lo que conlleva en estos momentos a una variación climática, lo que tiende a dar origen a un Cambio Climático Regional.

Sánchez et al., (s/f) mencionan que las perturbaciones al medio ambiente por efecto de gases expulsados a la atmósfera son evidentes, teniendo impactos múltiples y de alta complejidad. La contaminación, pérdida de productividad de los suelos y modificaciones a los ecosistemas son algunos de las consecuencias ambientales tangibles que la humanidad padece hoy en día. Las variables climáticas son, por mucho, las principales indicadoras de impacto en los ecosistemas, la seguridad humana y la ambiental, son dos de los tópicos que han ocupado la agenda internacional en los procesos del diseño de mitigación de los efectos del clima cambiante. La primera se relaciona básicamente con el concepto de mitigación de pobreza, mientras que la segunda con aspectos de deterioro de los recursos naturales por varias causas de orden antropogénico.

**Figura 1. Comportamiento de la variación de temperatura ambiental en Chapingo, México, de diferentes períodos normalizados.**



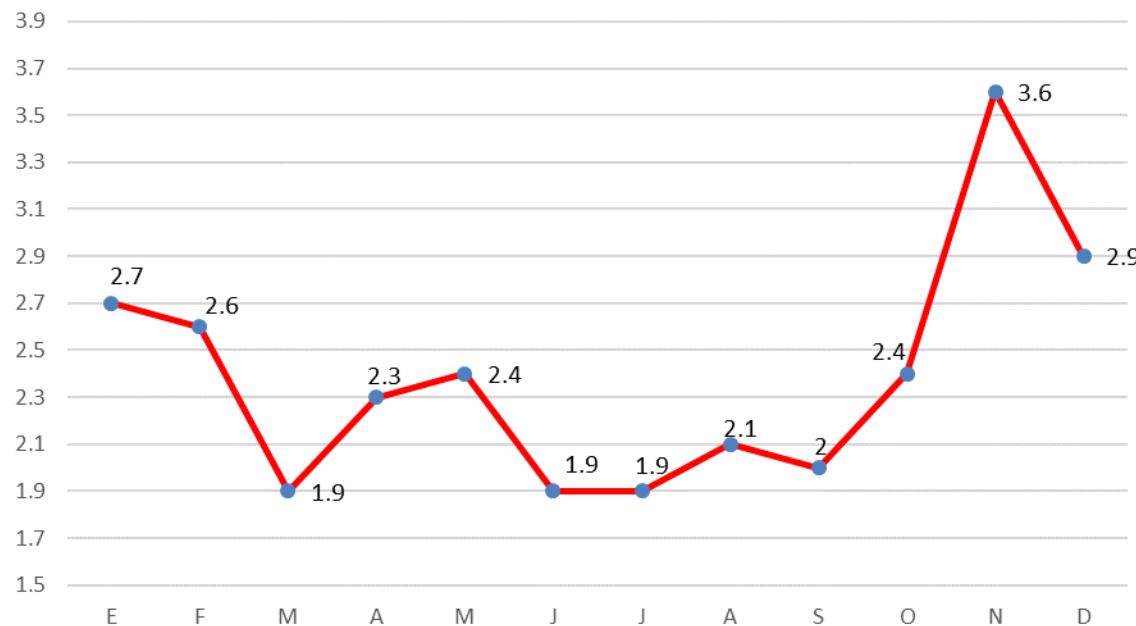
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Los desastres climáticos se agravan por cuestiones de vulnerabilidad; la cual puede ser definida como las condiciones determinadas por factores físicos, sociales, económicos y ambientales los cuales incrementan la susceptibilidad del individuo al impacto de las amenazas climáticas, como es el resultado del análisis de los datos de temperatura media de Chapingo, en donde se aprecia la variación térmica, lo que está dando como origen a un calentamiento del aire en la región, lo que repercute directamente en la producción agrícola de temporal.

En incremento de la temperatura media ambiental que se presenta en Chapingo se observa en la Figura 2, donde se aprecia que la temperatura del periodo normal de 1941-1970 al periodo normal de 1980-2010 se ha incrementado abruptamente. Este incremento no ha sido lineal, por ejemplo, en los meses de marzo, junio y julio ha sido casi de 2.0°C, mientras que el incremento térmico en el mes de noviembre se ha dado hasta de 3.5°C, lo cual nos indica que en la región se ha registrado un aumento de temperatura ambiental promedio de 2.4°C; en este sentido el IPCC (2001), en su tercer informe de evaluación señaló que “la temperatura media mundial en la superficie ha aumentado  $0.6 \pm 0.2$  °C”. Es decir, el incremento de la temperatura media ambiental en Chapingo es mucho mayor que el pronosticado por el IPCC.

**Figura 2. Incremento de la temperatura media ambiental mensual del periodo normal de 1940 -1970 al periodo normal de 1980-2010 en Chapingo, México**



Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

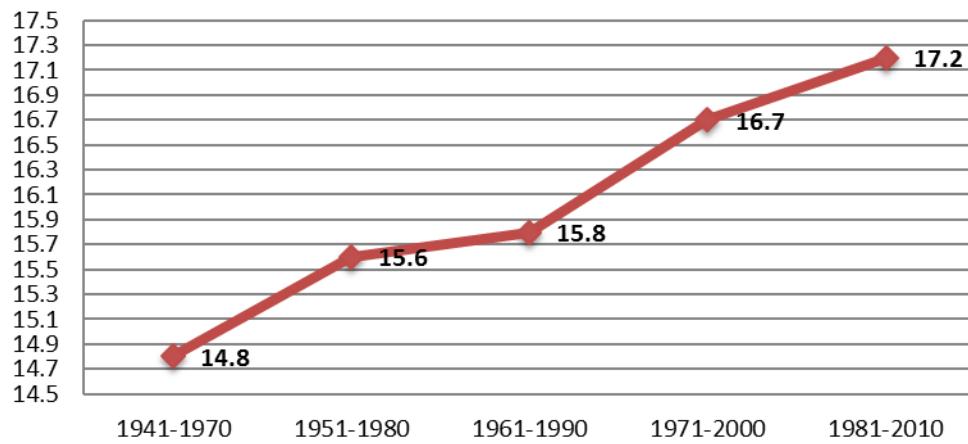
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a combatir el Cambio Climático es el Protocolo de Kioto, implementado en 1998, a partir del cual surge la Convención Marco de las Naciones Unidas, en donde quedó establecido que los seis gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); metano ( $\text{CH}_4$ ); óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFC); hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). El Protocolo, representa un importante paso para reconocer que son los países industrializados los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que actualmente se emiten en la atmósfera, resultado del uso y abuso de combustibles fósiles.

Los GEI, al tener contacto directo con la radiación terrestre de onda corta, se van calentando, debido a que la atmósfera superficial se va enfriando conforme el aire asciende; es decir, el llamado “Efecto Invernadero”, proviene de una similitud con las instalaciones construidas para cultivar plantas en un ambiente más cálido que el exterior; dado que el techo de un invernadero tiene la misma propiedad de dejar entrar la radiación solar y bloquear la radiación terrestre (Magaña, 2004).

La temperatura ambiental, paulatinamente se ha ido incrementando, producto de la actividad antropogénica y por causas naturales; como muestra de ello en la Figura 3, se presenta el incremento de la temperatura media anual en Chapingo, durante cinco diferentes períodos normalizados. Destacando que, el incremento ha sido constante y no muestra ningún descenso.

**Figura 3. Incremento de la temperatura media anual en Chapingo, México, en diferentes períodos normalizados**



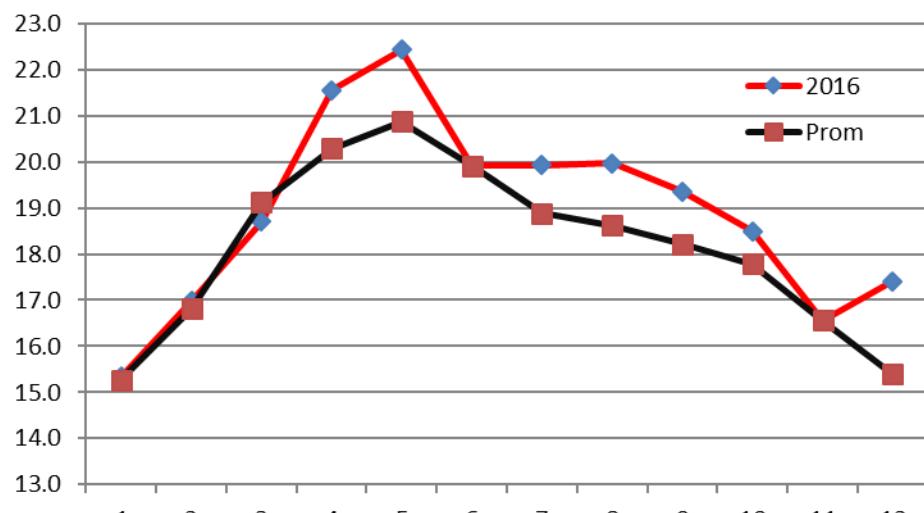
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Así, tenemos que Enciso (2017) publicó que el año 2016 ha sido el más caluroso, a partir de los datos de la NASA que muestran que la temperatura global de la superficie de la tierra se ha elevado 1.3 °C. El Cambio Climático y el fenómeno del “Niño”, son las causas de las altas temperaturas, ha sido el año más caluroso desde que existen registros de temperaturas de 1.1 °C, por encima del promedio que anunció la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Tomando como referencia lo anterior, se analizaron los datos de temperatura media mensual ambiental del año 2016 y, se compararon con el promedio de la última normal climatológica, destacando que, en efecto, tal como se ha reportado, el año 2016 ha sido el año más caluroso en Chapingo, dicho incremento se observa a partir del mes de marzo, excepto en el mes de junio, es decir, ocho meses del año, registraron temperaturas más cálidas, dicho comportamiento se observa en la Figura 4.

**Figura 4. Comparación de los datos de temperatura mensual del año 2016, respecto del promedio de la última normal climatológica en Chapingo**



Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

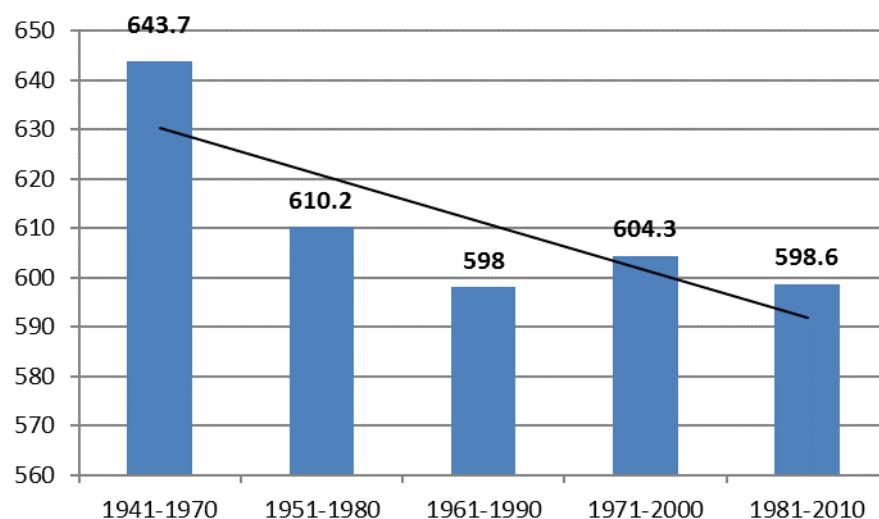
### Precipitación

Se denomina precipitación a la caída del agua en estado líquido y/o sólido que alcanza la superficie del suelo, la cantidad de lluvia se expresa por la altura en milímetros de la lámina de agua (Gómez y Arteaga, 1987). En la región de Chapingo, en promedio se reciben 680 mm de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

precipitación por año, sin embargo al analizar los diferentes períodos normales tenemos que la cantidad anual de precipitación ha ido disminuyendo paulatinamente, es decir, en Chapingo está lloviendo menos; así tenemos que, para el periodo de 1941 – 1970 se recibieron 643.7 mm y, actualmente en el periodo normal 1981-2010, solamente se recibieron 598.6 mm; es decir, la cantidad de lluvia registrada se ha reducido en un 7.1%, dicho comportamiento de reducción de la precipitación, se observa en la Figura 5.

**Figura 5. Histograma de la precipitación de los diferentes períodos normales de la estación Chapingo, México.**

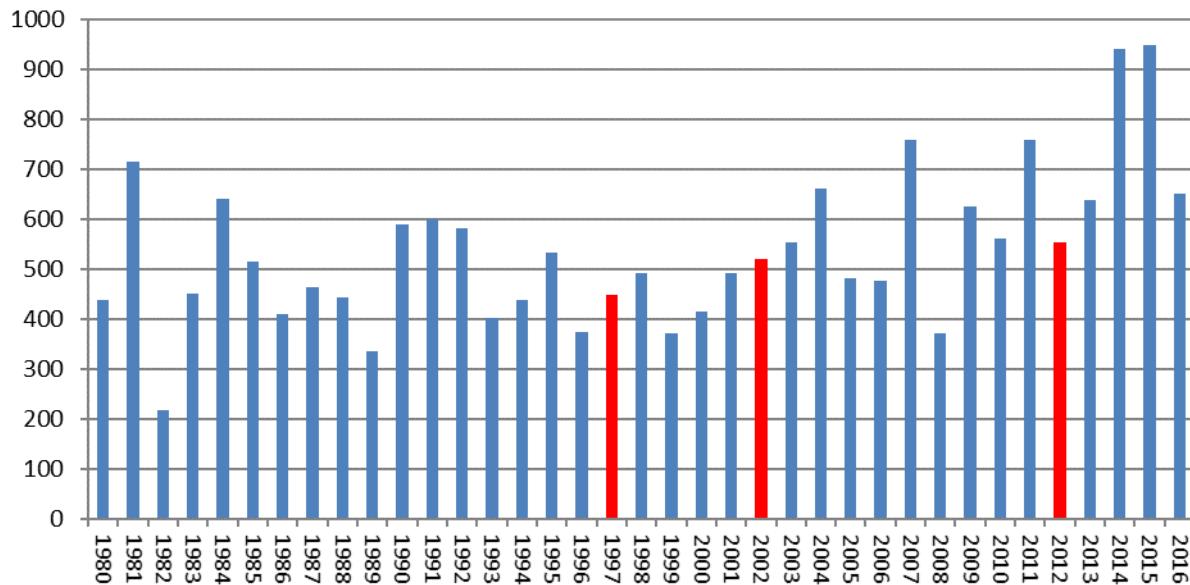


Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

Sin embargo, se debe señalar que, eliminando los años 1982 y 1989, por los pocos datos registrados en Chapingo, el comportamiento de la precipitación anual, ha variado poco, es decir, la mayoría de los últimos 30 años, se encuentran dentro de la media anual, por otro lado, también existen años con registros por encima de la media como es el caso de los años 1981, 2007, 2014 y 2015, por citar algunos; en este sentido, lo que se debe de analizar es el comportamiento de la distribución a nivel mensual de la precipitación y, de esta forma, determinar la forma en que está afectando la variación de este elemento climático en la producción agrícola de temporal en la región; el comportamiento de la precipitación media anual en Chapingo, se muestra en la Figura 6.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Figura 6. Comportamiento de la precipitación anual en Chapingo**



Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

### Periodo de Crecimiento

Como lo señala Conde y López (2016), el período de crecimiento es el tiempo del año en el que tanto las condiciones de humedad como de temperatura, son favorables para el desarrollo de los cultivos. La duración del período de crecimiento se puede estimar por el balance de humedad entre la precipitación (P) y la evotranspiración potencial (ETP). El concepto del período de crecimiento, al integrar las variables de precipitación, temperatura y evotranspiración potencial, permite comprender como la variabilidad del clima afecta el crecimiento y la producción de cultivos.

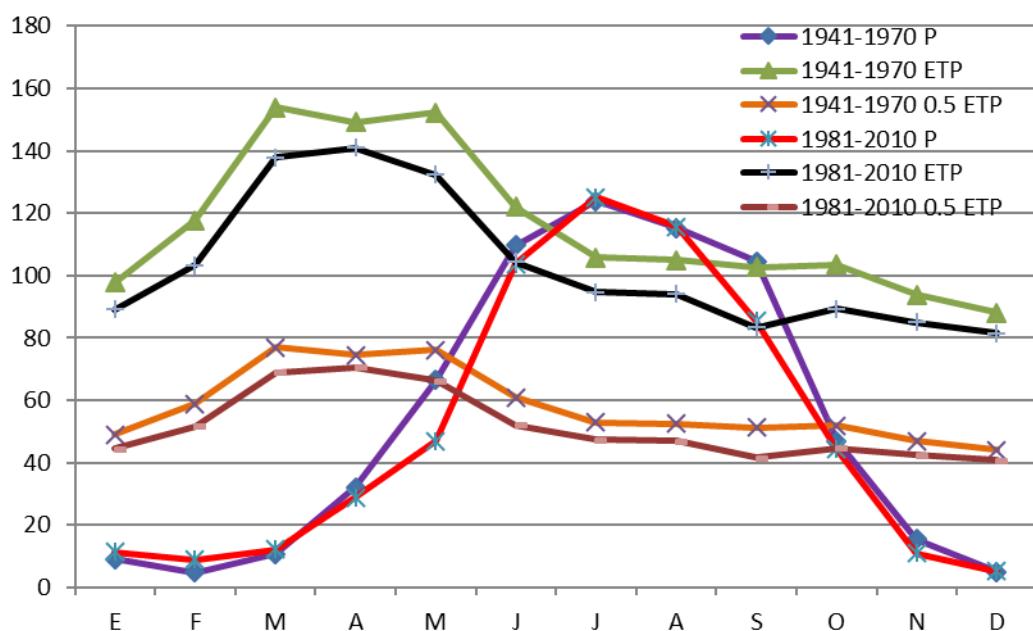
La Evapotranspiración Potencial (ETP), es la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra a todo el terreno, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo (Ortiz, 2008). La FAO (1978), utilizó la ETP como valor para definir el período de crecimiento, el cual, se considera como el número de días consecutivos durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de cultivos.

Como resultado de que en la estación meteorológica Chapingo, se está reduciendo la cantidad de precipitación, se ve directamente afectado el período de crecimiento de los cultivos de temporal y el período húmedo, así tenemos que para el período normal 1941 – 1971 en promedio se tenía un período de crecimiento de 170 días y con un período húmedo de alrededor de 60 días; para el

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

periodo normal 1981-2010, el periodo de crecimiento se ha reducido a 160 días, lo cual quiere decir que el periodo de crecimiento en la región de Chapingo se ha reducido alrededor de 10 días, para la producción agrícola bajo condiciones de temporal, como se puede apreciar en la Figura 7.

**Figura 7. Periodo de crecimiento de Chapingo, de dos períodos normalizados: 1941-1970 y 1981-2000**



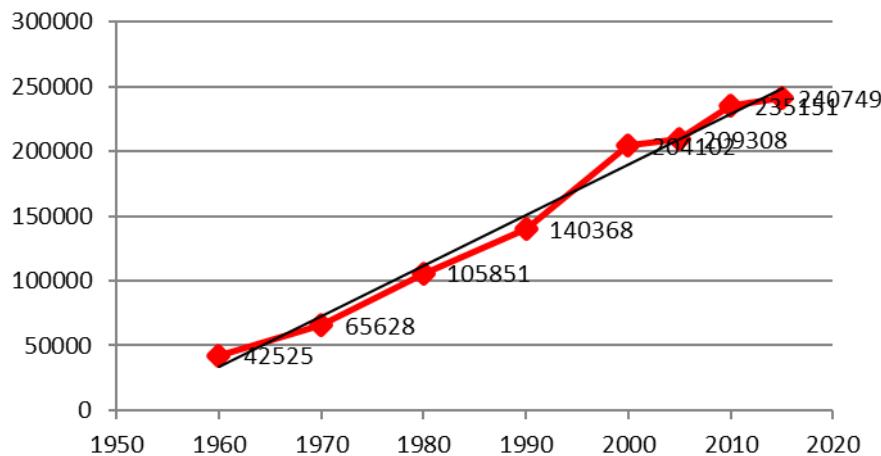
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos normalizados

### Población

El Estado de México, es la entidad federativa más poblada del país, según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el año 2015 contaba con un total de 240,749 habitantes. La tasa de crecimiento anual para la entidad durante el período 2005-2010 fue del 1.6% (INEGI, 2010). Sin embargo, debemos de considerar que el crecimiento de la población depende del balance entre natalidad y mortalidad, además del crecimiento migratorio; así tenemos que, de los 125 municipios que comprende el Estado de México, en Texcoco viven alrededor del 1.5 % de la población total estatal. En la Figura 8, se muestra el crecimiento poblacional a partir de la década de 1960, donde se aprecia que el aumento ha sido constante, es decir, al tener más habitantes, el número de viviendas se ha incrementado, lo que ha contribuido al incremento de la superficie de asfalto y de concreto, lo que ha favorecido el incremento en la temperatura media ambiental en la región de Chapingo, México.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Figura 8, crecimiento poblacional en Texcoco, México



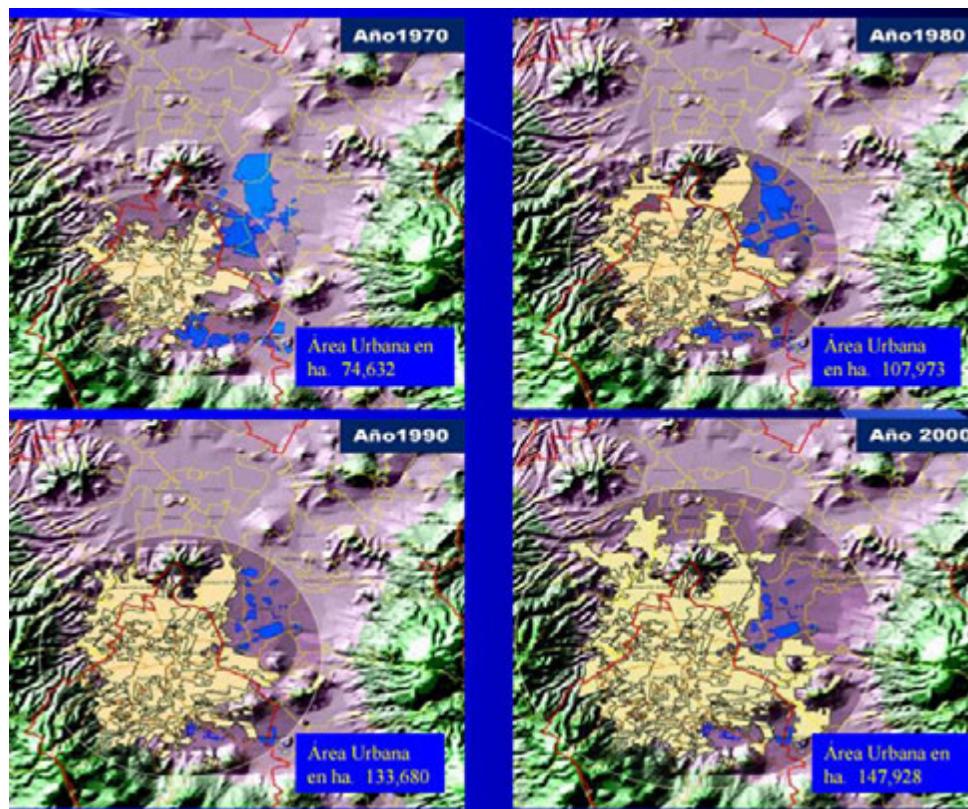
Fuente: elaboración propia a partir de datos de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/>

### Crecimiento de la Zona Urbana

Uno de los factores que han contribuido al aumento de la temperatura ambiental en la región de estudios es, el crecimiento poblacional, expresado en aumento de la superficie ocupada, en términos general, por construcciones, aumentando las zonas pavimentadas, superficies asfaltadas, principalmente La zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), abarca al Distrito Federal, 58 municipios del Estado de México y uno del estado de Hidalgo, en su conjunto conforman 4 mil 728 km<sup>2</sup>, según el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (POZMVM). La ZMCM es producto del proceso de urbanización, que se ha desarrollado sobre el centro y la periferia, absorbiendo también ámbitos rurales, convirtiéndose en una de las más pobladas a nivel mundial y con centros de actividad económica relevante a nivel nacional.

Montaño (s/f) enuncia que, la urbanización metropolitana ha sido un proceso que se ha desarrollado mayoritariamente al margen de las normas y orientaciones que se han establecido en los planes de desarrollo urbano; la cuantiosa inmigración al Distrito Federal, propició la consolidación de las áreas periféricas conformadas en las décadas previas, aunque también propició la incorporación de nuevas áreas, así como una mayor migración al interior y al exterior de la zona metropolitana. Así tenemos que para el año 1970 se tenía ocupadas 74,632 ha, para 1980 se tenían 107,973 ha, en 1990 133,680 ha y para el año 2000 se tenía 147,928 ha del área urbana, como se reporta en la Figura 9, es decir, en cuatro décadas se aumentó un 50.45%, lo cual es extraordinariamente preocupante, debido a que, miles de familias demandan cada vez más servicios, los cuales, provienen de la naturaleza.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



Crecimiento poblacional de la ZMCM en las últimas décadas

Fuente: Montaño. Estructura Urbana de la Ciudad de México

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Análisis de Resultados

En México, la agricultura bajo condiciones de temporal, constituye un sistema de producción que depende del comportamiento y distribución de las lluvias durante el ciclo de producción, desde la siembra hasta la etapa de madurez fisiológica y/o comercial, también de la capacidad del suelo para conservar la humedad. Se pronostica que los efectos del Cambio Climático en la producción bajo condiciones de temporal modifiquen los patrones de cultivo; debido a que normalmente los cultivos de temporal, se ven afectados por escasez y/o retraso de las lluvias y en ocasiones por exceso de agua.

En este sentido, se debe considerar lo siguiente: (a) el 10.5% de la superficie del país es de uso agrícola, 6.5 millones de ha son de agricultura de riego y 14.5 millones de has son de agricultura que se practica bajo condiciones de temporal: es decir, cerca del 70% de la superficie agrícola es de temporal; (b) está constituida por un gran número de productores que trabajan a un bajo nivel tecnológico y, en gran medida se encuentran excluidos de los beneficios del sistema económico; (c) para su producción depende en gran medida del clima, principalmente en las variables de temperatura y precipitación. Como lo señala la FAO (1997), La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima es el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaria.

Empero, como lo señala Zamora (2011), que el pequeño productor tiene que probar si el cultivo comercial es adaptable a las condiciones climáticas y a la calidad de su tierra, pero también debe pensar cómo obtener la tecnología que le permita tener costos inferiores al precio que rige en el mercado, de lo contrario, el productor se encuentra con graves problemas como la falta de créditos o la pérdida de las cosechas, debido a la falta de capacitación para su cultivo

Oswald (2010) señala que, durante la última década se ha dado una mayor variabilidad y reducción global de la precipitación, lo que ha afectado mayormente a los campesinos de subsistencia de temporal y que se estima que para el año 2050, se podría perder por efectos del Cambio Climático entre 13 y 17% de la superficie de maíz sembrada. Pero, desde ahora, los cambios en la precipitación pluvial han afectado a estos campesinos, ya que la migración desde las regiones secas es mucho mayor que en las zonas de mayor precipitación y, es ahí donde se ubica la población con mayor marginalidad.

En México, se han realizado diferentes estudios relacionados al sector agrícola, dichas investigaciones, han sido enfocadas al análisis de los posibles impactos de estas tendencias en las actividades agropecuarias productivas. Algunas de las conclusiones de estos estudios sientan las bases de una mayor vulnerabilidad de país ante los efectos del Cambio Climático.

Se debe de señalar también que, los rendimientos en la producción agrícola, dependen del clima con impactos heterogéneos, por regiones, no lineales, además de que cada ciclo productivo y cada cultivo tienen diferentes respuestas a las modificaciones de temperatura y de precipitación. Sin embargo, las altas temperaturas propician la aparición de plagas y enfermedades en los cultivos,

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

agravando el riesgo de la pérdida de los cultivos o bajos rendimientos. Las modificaciones en la precipitación dañan directamente el contenido de humedad del suelo y, por lo tanto, también se ve disminuida la producción de alimentos

Por su parte Echeverri (2009) menciona que, es evidente que las clases sociales menos favorecidas y los pueblos indígenas están siendo y, continuarán siendo, los más susceptibles a los efectos aún no enteramente predecibles, de las alteraciones del clima. Según el IPCC (2007), se señala que la sociedad puede adecuarse al cambio climático y sus impactos por medio de estrategias de adaptación y mitigación. Pero principalmente de reestructuración. Las medidas propuestas son de diversa índole y van encaminadas a la protección de los bienes naturales y la vida humana. Algunas de estas medidas son la planificación del uso del agua, protección de las costas y, el uso de fuentes de energía renovable. Una de las estrategias de mitigación que mayor impacto positivo podría tener es lo que consiste en disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente provenientes de las actividades productivas. Además de promover la reforestación y conservación de los bosques, selvas y humedales.

### Propuestas de manejo ambiental

Para atender la problemática de variabilidad climática en la región de Chapingo, México y de esta forma contribuir a mitigar los impactos negativos en el sector primario, se plantean las siguientes propuestas: (a) *Diversificación Agrícola*; dejar la práctica del monocultivo, basado en estudios fundamentados y, que permitan a través de la implementación de sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles, de esta forma, en la parcela, reducir el impacto negativo. (b) *Protección de Tierras Productivas*; Proteger las tierras de alta productividad en la región y, de esta forma evitar el cambio de uso de suelo, para evitar que se conviertan en fraccionamientos, es decir, que sean destinadas única y exclusivamente para garantizar la producción de alimentos, que contribuyan a la seguridad y soberanía alimentaria; y la protección de los diferentes ecosistemas locales y, (c) *Limitar la Circulación de Vehículos*; limitar la circulación de automotores en la región de Chapingo-Texcoco en aras de garantizar el bienestar de la población, al tratarse de una medida para proteger la atmósfera y contar con una calidad de aire satisfactoria, evitando la concentración de contaminantes.

### 4. Conclusiones

Al analizar los diferentes períodos normales, de la estación meteorológica de Chapingo, se tiene lo siguiente:

- La agricultura del país bajo condiciones de temporal, depende de la cantidad de precipitación pluvial para su ciclo vegetativo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

- En la estación meteorológica Chapingo, México, se presenta el fenómeno climático conocido como variación climática, tendiente a un Cambio Climático, así se tiene que, la temperatura media ambiental se ha incrementado en promedio 2.4°C, a partir de los datos de la normal 1941.
- En la estación meteorológica Chapingo, la precipitación pluvial se ha reducido en un 7.1% del periodo 1941-1970 al periodo 1981-2010; sin embargo, lo que se recomienda es el análisis de la precipitación media mensual, para conocer la distribución y determinar el impacto en la agricultura de temporal
- En Chapingo, México, el periodo de crecimiento se ha reducido, es decir, en el periodo 1941-1970 se tenía 170 días, mientras que para el periodo 1981-2010 es de 145 días, lo que significa que el periodo de crecimiento para los cultivos de temporal, se ha reducido alrededor de menos 15 días.
- Según los informes meteorológicos, el año 2016 ha sido uno de los más calurosos de las últimas décadas, los análisis de los resultados indican que, en efecto, en Chapingo hubo incremento de la temperatura ambiental.
- La ZMCD ha aumentado su superficie considerablemente, así se tiene que, de 1970 al 2000, aumentó 50.45%, demandando más servicios que provee la naturaleza en los habitantes.

### 5. Referencias

- Chivelet M. J. 1999. *Cambios Climáticos, Una aproximación al sistema tierra*. Ediciones Libertarias S.A. España, México.
- Conde A.C. y López B.J. Coordinadores. 2016. *Variabilidad y cambio climático en América Latina y el Caribe*. Propuestas para métodos de evaluación. México, D.F.: INECC.
- Echeverri, J. Á. 2009. *Pueblos indígenas y cambio climático: el caso de la Amazonía Colombiana*. en Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos, vol. 38, núm. 1.
- Enciso L. A. 2007/01/20. *La Nasa y la NOAA declaran a 2016 el año más caliente de la historia*. La Jornada. México D. F.
- FAO. 1978. *Report on the Agro – Ecological Zones Project*. Vol. 1. Methodology and Results for Africa. World Resources Report 48. Rome.
- FAO. 1981. *Report on the Agro – Ecological Zones Project*. Vol. 3. Methodology and Results for South and Central America. World Resources Report 48/3. Rome.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

FAO-SAGARPA. 2012. *Levantamiento de línea de base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales Emisiones de GEI del Sector Agropecuario en México*. Consultado en [http://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind\\_fin/gei/ContenidoGEI.pdf](http://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind_fin/gei/ContenidoGEI.pdf)

García E. 1989. *Apuntes de Climatología*. Sexta edición, México D.F. Offset Larios.

Gómez M. B. y Arteaga R. 1987. *Elementos básicos para el manejo de instrumental meteorológico*. Ed. CECSA. México.

INEGI. 2010. *Censo de Población y Vivienda*. Resultados Definitivos, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), consultado en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

INEGI. s/f. <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1960-2010/default.html>

IPCC, 2001: *Climate Change: the scientific basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

IPCC. 2007. *Estrategias de México ante el cambio climático*. México. Comisión intersecretarial de cambio climático.

Magaña V., Méndez J. M., Morales R., Millán C. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. J. Martínez, A. Fernández (Eds.), *Cambio climático: una visión desde México*, ine-semarnat, México, pp. 203–213.

Montaño S. R. S/F. *Estructura Urbana de la Ciudad de México*. Consultado en : <http://www-cpsv.upc.es/documents/EstructuraUrbanadelaCiudaddeMexico.pdf>

Naredo J. M. 2006. *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*. Siglo XXI de España Editores, S.A. Madrid, España.

Ortiz S. C. 2008. *Elementos de Agrometeorología Cuantitativa con aplicaciones en la república mexicana*. Edición del autor. Texcoco, Estado de México

Oswald S. U. 2010. *Cambio Climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social*, publicado en México frente al cambio climático: retos y oportunidades. México: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades: Programa de Investigación en Cambio Climático: Programa Universitario e Medio Ambiente, 2010. 240 p

Sánchez C.I., y Díaz P.G. 2008. *Variabilidad climática en México: algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos* en Ingeniería Hidráulica en México. Revista interdisciplinaria de ciencia y tecnología del agua. Vol XXIII, nº 4, II época oct – dic.

Sánchez C. I., Díaz P. G., Esquivel A. G. s/f. *Impactos sociales y productivos de la variabilidad climática en México*. Consultado en; <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd045364/050739/ISCOhen.pdf>

Zamora C. 2011. Crisis rural, Cambio Climático y Pobreza: *Hacia la búsqueda de Alternativas para la definición de Políticas Públicas en México*. Primera edición Oxfam México. Consultado en: [http://www.oxfammexico.org/wp-content/uploads/2013/03/crisis\\_rural\\_2012.pdf](http://www.oxfammexico.org/wp-content/uploads/2013/03/crisis_rural_2012.pdf).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Impacto del cambio climático en el contenido de carbono orgánico en los suelos agrícolas de México

Gómez D., J.D.<sup>1</sup>; Monterroso R., A.I.<sup>1</sup>; Lechuga G.; L.M.<sup>1</sup>; Arce Romero, A. R.<sup>1</sup>; Ruiz G., P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco.56230, Chapingo, Estado de México. correo-e: [dgomez@correo.chapingo.mx](mailto:dgomez@correo.chapingo.mx)

#### Abstract

Changes in soil organic carbon (SOC) content for Mexico's agricultural land were estimated using the carbon accounting model of the IPCC guidelines (2006) and the FAO soil organic matter decline model (Ortiz et al., 1994) for the short- and medium-term time horizons for a RCP of 8.5 Watts/m<sup>2</sup>of radiative forcing with the HADGEM and GFDL models. All models show a significant decrease in the area with higher content of organic matter while the soils with lower organic matter content increase considerably. The variation between the models is relatively low among them, associated to both establishing an increase in temperature and decrease in precipitation which are the fundamental factors that define the mineralization of the SOC in the methods used.

**Palabras clave:** Cambio climático, carbono orgánico del suelo, suelos agrícolas

#### 1. Introducción

Una de las principales preocupaciones de nuestra época es la seguridad alimentaria para satisfacer la creciente demanda de alimentos conforme aumenta el número de habitantes en el planeta. La población actual se está incrementando a un rango de 1.3% anual y se espera que sea de ocho mil millones en el año 2025 pudiendo alcanzar los diez mil millones en el 2050 (Fisher y Heig, 1997). El incremento en la población va asociado con aumentos drásticos en las emisiones de CO<sub>2</sub> (Etheridge et al., 1996) y con presiones crecientes sobre los ecosistemas para la producción de alimentos. Ante este panorama aumentará la presión sobre los recursos naturales y con ello la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El Carbono Orgánico del Suelo (COS) es muy importante en el ciclo global del C, ya que constituye el reservorio terrestre más grande de este elemento (Chabram et al., 2003). Los suelos almacenan al menos tres veces más carbono (en forma de Carbono Orgánico del Suelo) que el que se encuentra en la atmósfera o en las plantas vivas. (Schmidt et al., 2011).Este reservorio de carbono orgánico es sensible a los cambios en el clima y en el medio ambiente, aunque las interrelaciones entre el COS y el clima aun no son completamente entendidos, pero una forma de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

explorar estas relaciones es con el uso de modelos numéricos asociados al ciclo del carbono orgánico del suelo y el clima considerando otros factores del medio natural y los asociados al uso y manejo de los suelos. Con estos resultados se pueden evaluar opciones de manejo para revertir la degradación de los suelos y aumentar su capacidad productiva. El C almacenado en el suelo es altamente reactivo y dinámico (Dumanski, 2004). El cultivar tierras vírgenes o la conversión de ecosistemas naturales a la agricultura conduce a la pérdida de C del suelo con emisiones importantes de GEI a la atmósfera. Esta pérdida de C se acentúa por la deforestación, quema de la biomasa, drenaje de humedales, labranza y remoción de residuos de cosecha y biomasa del terreno (Lal, 2002).

El grado de influencia del suelo en la estructura y funcionamiento del ecosistema depende en gran medida del C orgánico que contiene (Cleve y Powers, 1995). Entender los cambios a largo plazo del COS es importante debido a que éste afecta directamente la calidad del suelo (Lal, 2002), al influenciar la porosidad y la retención del agua y servir como el reservorio de nutrientes para las plantas, especialmente el N, P, S y K (Bandarenayekeet *al.*, 2003). Consecuentemente, promover el secuestro de C por el suelo es una estrategia efectiva para reducir el CO<sub>2</sub> atmosférico y mejorar la calidad del suelo (Lalet *al.*, 1998, 1999). Si no se tienen las prácticas adecuadas, la pérdida del C se acentúa y con ello la disminución de la capacidad productiva de los suelos. Por la importancia del COS se requieren estimaciones precisas en diferentes tipos de usos de la tierra, especialmente datos en series de tiempo largas de diferentes usos de la tierra y manejo para evaluar y monitorear los almacenes de C del suelo en el tiempo (Beetset *al.*, 2002).

En México, del total de la superficie del país el 13.6% se reporta como superficie agrícola que corresponde a 26.7 millones de hectáreas de frontera agrícola, de las cuales en promedio se siembran 22.1 millones de hectáreas, donde 6.1 millones son de riego y 16 millones de hectáreas de temporal (SAGARPA-SIACON, 2014), en la mayoría de las áreas agrícolas no se implementan prácticas que promuevan la captura de Carbono, por lo que estos suelos son emisores netos de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y con ello contribuyen al cambio climático y a la disminución de su capacidad productiva. Es por ello que es importante realizar estudios que estimen la dinámica del carbono en estos suelos del país en donde se obtienen alimentos y otros productos importantes para sectores como el ganadero e industrial y del cuidado de estos suelos depende en buena medida la implementación de la estrategia de buscar la seguridad alimentaria para la población del país, específicamente considerando los escenarios de cambio climático. El conocer las estimaciones de disminución de la materia orgánica de estos suelos y las condiciones ecoclimáticas en donde se ubican, permite establecer lineamientos generales para la rehabilitación de los mismos a través de buenas prácticas ajustadas al manejo sustentable de la tierra, y que favorezcan la mitigación y adaptación al cambio climático.

### 2. Metodología

- Base de datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial mensual para las Áreas de Influencia Climática del país del escenario base y los escenarios de cambio climático.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Se generaron las bases de datos para las variables climáticas a nivel regional escala 1:250,000 para las áreas agrícolas de México, con información actualizada reportada para las distintas estaciones meteorológicas del país en el sistema CLICOM (WMO, 2007). Para la totalidad de las estaciones elegidas se obtuvo el promedio mensual y el anual de las variables temperatura y precipitación, estos valores se utilizaron para la creación de los mapas de isoyetas e isotermas y las bases de datos en las Áreas de Influencia Climática (AIC) como lo describen Gómez y Monterroso (2012) en el proyecto de Delimitación de las Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas secas del país a escala regional. Se estimaron las razones de cambio para la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración potencial mensual aplicando los Modelos Generales de Circulación Atmosférica (MGCA) HADGEM y GFDL, esto para los horizontes de tiempo de corto y mediano plazo (2015-2039, 2045-2069, respectivamente) para las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) de 8.5 Watts/m<sup>2</sup> de forzamiento radiativo. Posteriormente se aplicaron las razones de cambio a la base de datos de precipitación y temperatura y de humedad relativa media del escenario base en las Áreas de Influencia Climática y se generaron las bases de datos para cada condición que se describe de cambio climático. Se realizó la representación cartográfica de estos valores para los suelos agrícolas de México a escala 1: 250 000 con el uso del Arc Gis.

- Estimación de la dinámica de mineralización de la materia orgánica del suelo en las zonas agrícolas de México considerando los escenarios de cambio climático

Se usó la base de datos del INEGI que reporta el contenido de materia orgánica del suelo para las zonas agrícolas de México y a partir de los datos reportados de contenido de materia orgánica de los suelo, se realizó la sobre posición con las bases de datos climáticas de las Áreas de Influencia Climática, en donde se tenían los datos obtenidos de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial bajo escenarios de cambio climático, se aplicaron el modelo de contabilidad del carbono establecido en los lineamientos del IPCC (2006) y el modelo de la FAO de disminución de la materia orgánica del suelo en el proceso de degradación de tierras (Ortiz et al., 1994). En ambos casos se consideró que en las prácticas agrícolas no hay incorporación de residuos de cosecha al suelo, ni aplicación de abonos orgánicos como compost o estiércoles. El Modelo de contabilidad de carbono del IPCC (2006), se representa en la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D} \quad (1)$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A) \quad (2)$$

Donde

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

$\Delta C_{mineral}$  = Cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, Mg de C  $ha^{-1} año^{-1}$ .

$SOC_0$  = Existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, Mg de C.

$SOC_{(0-T)}$  = Existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, Mg C.

$D$  = 24 años para el horizonte de tiempo a corto plazo (del 2015 al 3039).

$D$  = 30 años para el horizonte de tiempo de mediano plazo (2039 al 2069)

$c$  = Representa las zonas climáticas

$s$  = Tipos de suelo

$i$  = Conjunto de sistemas de gestión que en este caso son terrenos de uso agrícola

$SOC_{REF}$  = Existencias de carbono de referencia, Mg de C  $ha^{-1}$

$F_{LU}$  = Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra.

$F_{MG}$  = Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión.

$F_I$  = Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.

$A$  = Superficie de tierra del estrato que se estima.

El SOC de referencia fue el reportado por el INEGI para las diferentes unidades de suelos considerando la vegetación natural con las que se asocian las áreas agrícolas del país, esto es la vegetación natural previa al cambio de uso del suelo a actividades agrícolas. El  $SOC_0$  fue el que se determinó en el inventario realizado en por el INEGI y reportado para las áreas agrícolas del país. La estimación del contenido de COS para los suelos agrícolas del país se realizó para los dos escenarios de tiempo, para el corto plazo y el de mediano plazo.

- Modelo de la FAO de disminución de la materia orgánica del suelo en el proceso de degradación de tierras (Ortiz et al., 1994).

Como ya se señaló, en las zonas agrícolas generalmente no existen entradas de materia orgánica, de tal manera que al calcular la degradación biológica a partir de la disminución de la materia orgánica del suelo mediante la mineralización anual de este material, aplicando el enfoque presentado por (Ortiz et al., 1994), se restó la materia orgánica mineralizada al contenido previo de esta en los suelos, así se realizó el cálculo para la serie de tiempo considerada, obteniendo el valor estimado de contenido de materia orgánica del suelo para el año final de cada serie de tiempo, al 2039 y al 2069 para cada uno de los modelos (HADLEY y el GFDL), para el RCP de 8.5 Watts/m<sup>2</sup> de forzamiento radiativo, por lo que al final se generaron cuatro estimaciones a nivel país para los suelos agrícolas.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

El modelo considera los siguientes factores:

### a) Índice climático

A nivel general, el índice climático que se utilizó para conocer la velocidad de mineralización de la materia orgánica del suelo en donde se considera al humus resistente, es el índice de Koepf (1953). Con una velocidad de descomposición como se expresa en la ecuación siguiente y que se reporta en Mg de Materia Orgánica por hectárea por año:

$$K_2 = \frac{1}{12} \sum_{12}^1 e^{0.1065 * t} \left( \frac{P}{ETP} \right) \quad (3)$$

donde:

$K_2$ = Índice climático de degradación biológica anual

P= Precipitación media mensual mm.

ETP= Evapotranspiración potencial mensual.

T= Temperatura media mensual en °C.

Cuando  $P > ETP$ ,  $P/ETP = 1$  y para  $t < 0$ ,  $t = 0$

Con los contenidos de materia orgánica del suelo estimada para cada periodo de tiempo y escenarios de cambio climático, se realizó la representación cartográfica de estos valores para los suelos agrícolas de México a escala 1: 250,000 con el uso del Arc Gis.

### b) Índice edáfico:

Considera que la disminución de la materia orgánica del suelo depende de la textura del suelo, de la naturaleza de la materia orgánica, el pH, el porcentaje de carbonato de calcio y del contenido de agua en el suelo por arriba de la capacidad de campo.

Para trabajos regionales como el que se propone en este estudio, el índice edáfico se determina al evaluar el efecto de la textura y el contenido de carbonato de calcio (Ortiz et al., 1994). La estimación de este índice se obtiene a partir de las relaciones que se muestran a continuación en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Factores asociados a la textura y al contenido de CaCO<sub>3</sub> para estimar el índice edáfico**

Clase textural	Gruesa	Media	Fina
Factor asociado a la	1.5	1.0	0.5

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

textura

Porcentaje de CaCO <sub>3</sub>	0	5	15
Factor asociado al contenido de CaCO <sub>3</sub>	1	0.8	0.6

Para este índice, se considerarán la clase textural reportada por INEGI para cada una de las unidades de suelos agrícolas, así como el contenido de carbonato de calcio reportado para estos suelos.

El valor de mineralización de la materia orgánica por hectárea por año se estimó como sigue:

Mineralización de materia orgánica del suelo =  $K_2 \times \text{Factor asociado a la textura} \times \text{Factor asociado al contenido de CaCO}_3$ . (4)

El valor del contenido de Materia Orgánica del Suelo para un año determinado fue igual a: (Contenido de materia orgánica del suelo en Mg ha<sup>-1</sup> en el año anterior) – (Materia Orgánica del Suelo mineralizada en el año en cuestión en Mg ha<sup>-1</sup>). Los resultados se compararon con los obtenidos mediante la fórmula propuesta por el IPCC (2006) en la cual también da por hecho que no existen entradas de materia orgánica en la zona agrícola. Se realizó la representación cartográfica de estos valores para los suelos agrícolas de México a escala 1: 250,000 con el uso del ArcGis.

### 3. Resultados

En general los suelos agrícolas de México tienen bajos contenidos de COS, esto asociado a que las condiciones de clima y propiedades del suelo no favorecen la acumulación de materia orgánica por la baja producción de biomasa en las regiones secas y por la práctica de usar los esquilmos para alimentar el ganado o la quema de residuos de cosecha. Los mayores contenidos de Carbono Orgánico de los Suelos agrícolas del país se asocian a los suelos con propiedades Andicas y en las zonas de acumulación de residuos orgánicos a partir de los cuales se desarrollan los suelos. La variación del COS de los terrenos agrícolas de México estimado a partir de la aplicación del modelo de contabilidad del carbono establecido en los lineamientos del IPCC (2006) para el corto y mediano plazo, y del modelo de mineralización del carbono determinada con el método de FAO descrito por Ortiz et al. (1994) para un RCP de 8.5 Watts/m<sup>2</sup> y los escenarios de corto y mediano plazo con los modelos GFDL y HADGEM, se muestran en el Cuadro 2.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Cuadro 2. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo de los terrenos agrícolas de México estimado a partir de los lineamientos del IPCC (2006) y por mineralización con los modelos GFDL y HADGEM para un RCP de 8.5 Watts/ m<sup>2</sup> con la metodología de FAO (Ortiz et al 1994)**

Clases por contenido de COS (Ton/Ha)	Condición actual	IPCC 2015-2039	GFDL 2015-2039	HADGEM 2015-2039	IPCC 2039-2069	GFDL 2039-2069	HADGEM 2039-2069
Superficie en miles de hectáreas							
porcentaje del total de suelos agrícolas							
0-50	11,752.68 (36.22)	15,312.9 (2) (47.19)	21,204.53 (65.35)	21,061.08 (64.91)	27,738.25 (85.49)	28,200.29 (86.91)	28,138.08 (86.72)
50-100	4,651.60 (14.34)	9,583.69 (29.54)	5,312.38 (16.37)	5,397.22 (16.63)	3,754.72 (11.57)	2,166.53 (6.68)	2,220.79 (6.84)
100-150	4,479.29 (13.81)	4,578.09 (14.11)	2,870.65 (8.85)	2,558.75 (7.89)	607.76 (1.87)	742.43 (2.29)	737.53 (2.27)
150-200	6,583.14 (20.29)	1,428.29 (4.40)	1,300.34 (4.01)	1,664.78 (5.13)	4.18 (0.01)	218.21 (0.67)	0.00 (0.00)
200-250	1,686.57 (5.20)	736.66 (2.27)	302.04 (0.93)	305.39 (0.94)	98.82 (0.30)	265.00 (0.82)	263.51 (0.81)
250-300	995.94 (3.07)	430.89 (1.33)	160.95 (0.50)	170.43 (0.53)	237.98 (0.73)	269.12 (0.83)	509.07 (1.57)
> 300	2,296.97 (7.08)	375.66 (1.16)	1,295.31 (3.99)	1,288.55 (3.97)	4.48 (0.01)	584.62 (1.80)	577.22 (1.78)

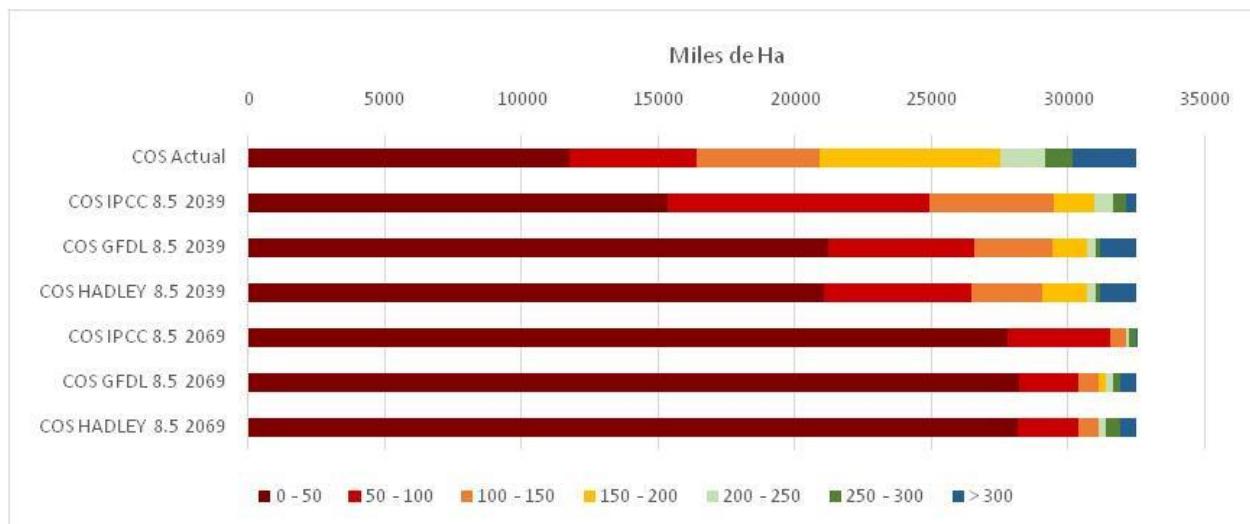
Para el escenario de tiempo a corto plazo en comparación con las condiciones actuales, la clase de menor contenido de COS (0-50 ton/ha) se tienen aumentos considerables en la superficie, para los lineamientos del IPCC se incrementa en 10.97% del total de la superficie de los suelos agrícolas del país, en cambio para los modelos GFDL y HADGEM con la metodología de FAO el incremento es en 29.13% y 28.69%, respectivamente. Para la clase de 50-100 ton/ha, en los lineamientos del IPCC se incrementa en 15.2% del total de la superficie de los suelos agrícolas del país, mientras que para los modelos GFDL y HADGEM es 2.03% y 2.29%, respectivamente. Los resultados de los lineamientos del IPCC en la clase de 100- 150 ton/ha de COS,

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

prácticamente no hay cambio en la superficie y para las clases subsecuentes con mayor contenido de CO hay decrementos en la superficie. Para los modelos GFDL y HADGEM a partir de la clase de 100-150 ton/ha de COS y las siguientes con mayor contenido de COS se presentan decrementos considerables.

Para el escenario a mediano plazo el decremento del COS es mayor que para el escenario a corto plazo en comparación con las condiciones actuales, la clase menor contenido de COS (0-50 ton/ha) el aumento en la superficie, para los lineamientos del IPCC se incrementa en 49.27% del total de la superficie de los suelos agrícolas del país, en cambio para los modelos GFDL y HADGEM con la metodología de FAO el incremento es en 50.69% y 50.5%, respectivamente. Para todas las clases de más de 50 ton/ha de COS, tanto en los lineamientos del IPCC como en los modelos GFDL y HADGEM se presentan decrementos considerables.

**Grafico 1.** Superficie en miles de hectáreas de las clases por contenido de COS de los suelos agrícolas de México para la condición actual y con escenarios de cambio climático a corto y mediano plazo estimados con los modelos GFDL y HADLEY para el RCP 8.5 y con los lineamientos del IPCC.



En el grafico 1 se muestra los cambios en la superficie de las diferentes clases de contenidos de COS para los dos escenarios de tiempo y los dos modelos, así como los lineamientos del IPCC.

En la Figura 1 se muestran los mapas con la distribución de las clases de contenido de COS de los suelos agrícolas de México para las condiciones actuales y los escenarios de cambio climático a corto y mediano plazo para los dos modelos y los lineamientos del IPCC.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

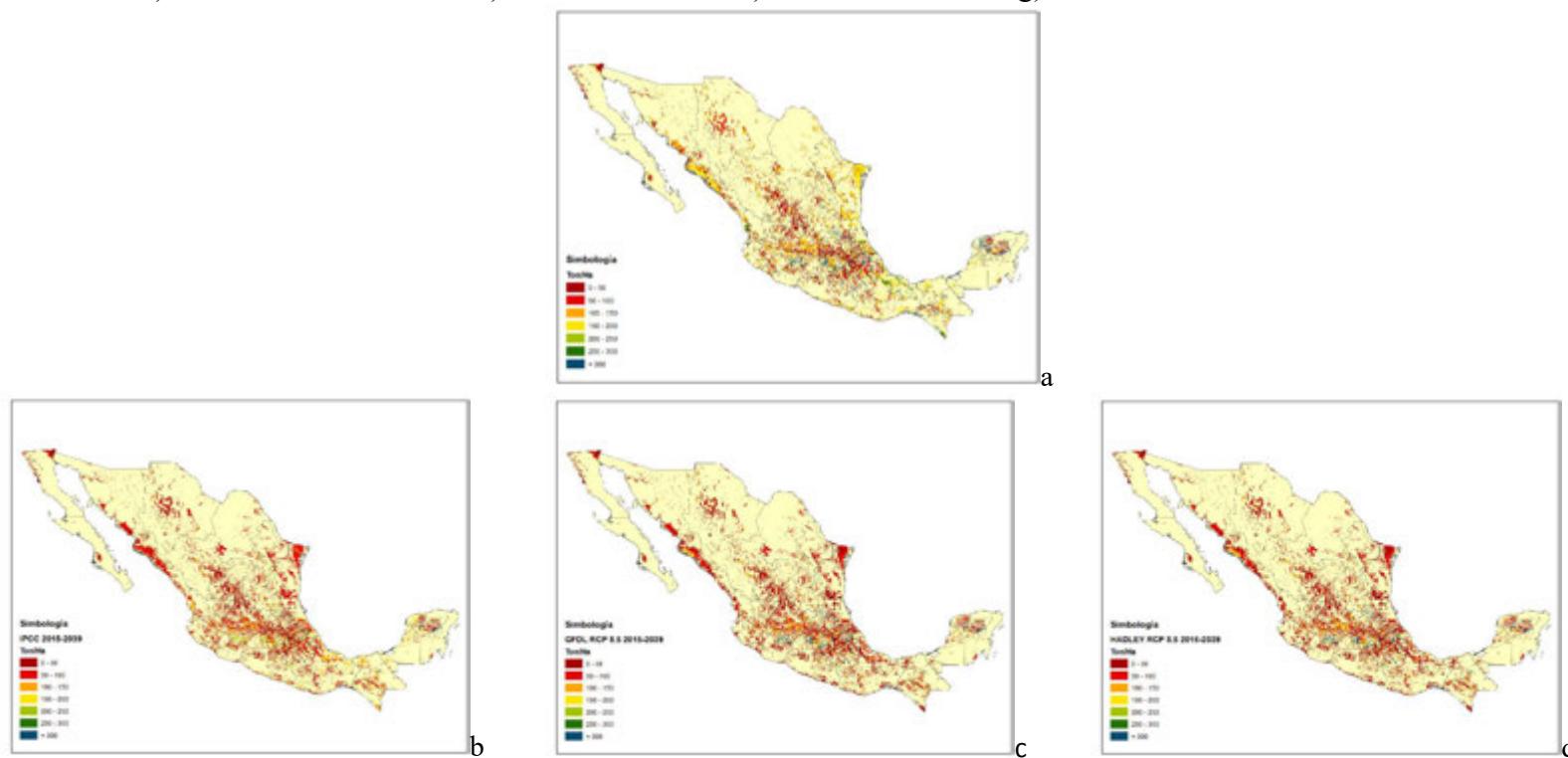
### 4. Conclusiones

En los escenarios de cambio climático tanto para la aplicación del modelo de contabilidad del carbono establecido en los lineamientos del IPCC (2006) para el corto y mediano plazo, y del modelo de mineralización del carbono determinada con el método de FAO para un RCP de 8.5 Watts/m<sup>2</sup> y los escenarios de corto y mediano plazo con los modelos GFDL y HADGEM, se estiman reducciones muy altas en el contenido del COS y aumentan conforme es mayor el periodo de tiempo considerado. A corto plazo hay mayor reducción en las estimaciones de los modelos que en lo estimado con los lineamientos del IPCC, pero a mediano plazo no hay diferencia entre las estimaciones con los dos modelos y las de los lineamientos del IPCC.

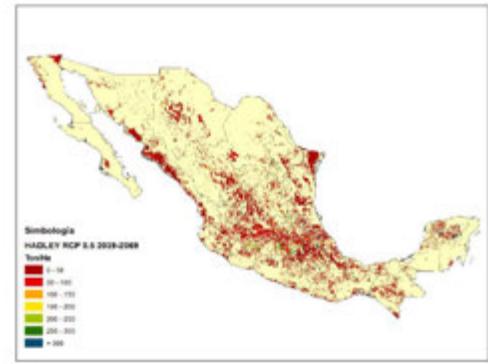
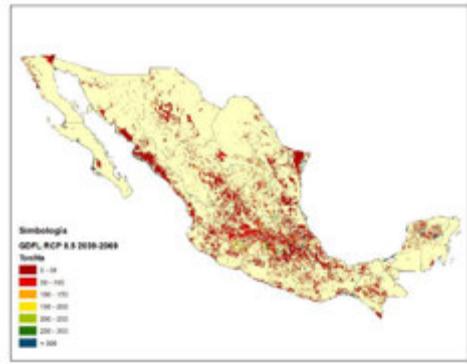
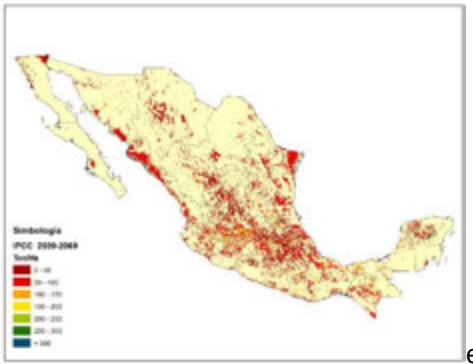
La variación al aplicar estos modelos de Cambio Climático GFDL y HADGEM es relativamente baja entre ellos, asociado a que ambos establecen un incremento de la temperatura y disminución de la precipitación que son los factores fundamentales que definen la mineralización en el método utilizado. Es importante señalar que la disminución del COS es más lenta cuanto menor es la cantidad de este elemento en el suelo al presentarse en las formas más recalcitrantes de materia orgánica que es más difícil de aprovechar por los microorganismos del suelo.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Figura 1.** Distribución de las clases del COS para los suelos agrícolas de México a) escenario actual, b) IPCC 2015-2039; c) GFDL 2015-2039; d) HADGEM 2015-2039; e) IPCC 2045-2069; f) GFDL 2045-2069; g) HADGEM 2045-2069



## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



e

f

g

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 5. Referencia

Bandaranayake, W., Y.L. Qian, W.J. Parton, D.S. Ojima, and R.F. Follett. 2003. Estimation of soil organic carbon changes in Turfgrass systems using the CENTURY Model. *Agron. J.* 95: 558-563.

Beets, P.N., G.R. Oliver, and P.W. Clinton. 2002. Soil carbon protection in podocarp/hardwood forest, and the effects of conversion to pasture and exotic pine forest. *J. Env. Pollut.* 166: 563-573.

Chabra, A., S. Palria, and V.K. Dadhwal. 2003. Soil organic carbon pool in Indian forests. *Forest Ecol. and Manag.* 173: 187-199.

Cleve, K. V. and Powers, R. F. 1995. Soil carbon, soil information and ecosystem development. pp. 155-199. In: McFree, W. W. and Kelly, M. [Eds.] Carbon forms and functions in forest soils. SSSA. U.S.A.

Dumanski, J. 2004. Carbon sequestration, soil conservation, and the Kyoto Protocol: Summary of implications. *Climate Change* 65: 255-261.

Etheridge, D.M., L.P. Steele, R.L. Langenfelds, R.J. Francey, I.M. Barnola, and V.I. Morgan. 1996. Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO<sub>2</sub> over the last 1000 years from air in Antarctic ice and fern. *J. Geophys. Res.* 101:4115-4128.

Fisher, G., and G.K. Heilig. 1997. Population momentum and the demand on land and water resources. *Phil. Trans. Royal Soc. (London) Ser. B.* 352:869-889.

Gómez-Díaz, J., & Monterroso-Rivas, A. I. (2012). *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas de México a escala regional. Reporte final de proyecto de investigación Fondo SEMARNAT-CONACYT*. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Climate Change. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC 2006. Cambridge University Press 1st edition. 1056 pp.

Lal, R. 1999. Soil management and restoration for carbon sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Prog. Env. Sci.* 1(4): 307-326.

Lal, R. 2002. Why Carbon sequestration in Agricultural Soils. In: J.M. Kimble, R. Lal and R.F. Follett (Eds.) 2002. Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil. Lewis Publishers. Boca Raton, FL. pp 21-30.

Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follet, and C.V. Cole (eds). 1998. The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the Greenhouse effect. *J. Soil Water Conserv.* 54: 374-381.

Ortiz, S., G. Anaya, W. Berg. 1994. Evaluación, Cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Primera Edición. Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. México.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Los Sistemas Agrícolas Tradicionales de Ozumba, México y su Resiliencia al Cambio Climático

Ameyali Hernández Hernández<sup>1</sup>; María Joaquina Sánchez Carrasco<sup>2</sup>; Felipe Reyes Fuentes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Área de Ciencias Sociales. Correo electrónico:  
[ameyalihdez@yahoo.com.mx](mailto:ameyalihdez@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Área de Ciencias Sociales. Correo electrónico:  
[joaquimar08@yahoo.com.mx](mailto:joaquimar08@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Área de Ciencias Sociales. Correo electrónico:  
[ololiuhqui@hotmail.com](mailto:ololiuhqui@hotmail.com)

#### Resumen

Esta investigación desarrollada en Ozumba, tiene como objetivo el análisis de la resiliencia de los sistemas agrícolas tradicionales para identificar los atributos que permiten su adaptabilidad al cambio climático. Los resultados indican que la agricultura tradicional de Ozumba está constituida por sistemas de uso de la tierra que han sido desarrollados localmente durante largos años por la sociedad campesina. Las unidades de producción tradicional están configuradas en sistemas agroecológicos con técnicas agroforestales, donde se genera una compleja interacción de árboles, arbustos, herbáceas y plantas trepadoras de las cuales se obtienen alimentos básicos, frutales, plantas medicinales-aromáticas, cereales, forrajes, ganado menor y aves. Se concluye que la agricultura tradicional de Ozumba, ha respondido a las condiciones cambiantes del clima ya que sus agroecosistemas representan estrategias complejas del manejo de la agrobiodiversidad; esto se traduce en un mecanismo de adaptación que incrementa su capacidad de resiliencia socioecológica ante las actuales situaciones climáticas adversas.

**Palabras clave:** Agricultura campesina, agroecología, adaptabilidad socioambiental.

#### 1. Introducción

El cambio climático se define como toda modificación significativa en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo. Se considera que el cambio climático puede generarse por causas naturales, o como resultado de actividades humanas.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

De acuerdo con The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), hay evidencias concluyentes de que el actual cambio climático es causado principalmente por las actividades humanas, debido al aumento de gases de efecto invernadero por la quema de combustibles fósiles y la deforestación. El calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. En las tres últimas décadas, la superficie de la Tierra se ha vuelto cada vez más cálida, y se han superado los registros de cualquier época precedente a 1850 (IPCC, 2014).

La agricultura es una de las actividades humanas con mayor vulnerabilidad al cambio climático. Como lo indica The International Union for Conservation of Nature y World Business Council for Sustainable Development (2008), el énfasis e importancia actual de la agricultura frente al cambio climático se sustenta en que ésta se vincula a la cantidad y calidad de los recursos naturales y a las variaciones en la temperatura, precipitación, vientos y a la disponibilidad de agua para el crecimiento y reproducción de cultivos. El desempeño de los agroecosistemas depende directamente de los efectos positivos o negativos del clima. Ante este escenario, es imperativo el estudio de las causas y la distribución de los impactos del cambio climático en los sistemas agro-productivos a partir de considerar la compleja interacción de los factores ambientales, sociales, económicos y políticos involucrados en cada región o área geográfica (Torres Lima et al., 2011).

Asimismo, es fundamental un mayor desarrollo de metodologías, indicadores y estudios que tomen en cuenta las perspectivas y estrategias de adaptación de la agricultura con base en la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y las comunidades rurales de las cuales depende. Es decir, resulta trascendental generar estrategias de adaptación y mitigación de la agricultura frente al cambio climático, esto a escala planetaria, considerando las condiciones socioambientales locales de las diferentes regiones de cada país, donde los saberes tradicionales de la sociedad campesina, cumplen un papel clave ante esta problemática socioambiental.

En este sentido, existen territorios agrícolas que han logrado amortiguar este cúmulo de situaciones adversas que representa el cambio climático, ya que ponen en práctica técnicas de producción agrícolas tradicionales que se caracterizan por su habilidad de hacer frente a los riesgos socioambientales de largo aliento. Es así como, en la agricultura tradicional los actores rurales han configurado procesos y estrategias de resistencia y adaptación a los nuevos desafíos sociales, económicos y ambientales.

La agricultura tradicional está construida por sistemas de uso de la tierra que han sido desarrollados localmente durante largos años de experiencia acumulada por la sociedad campesina (Remmers, 1993). En este contexto, el arraigo de la cultura campesina y la interacción entre ambiente-agricultores sin acceso a grandes insumos externos, capital o conocimiento científico cumplen un papel fundamental en la configuración de la agricultura tradicional.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

De esta manera, el conocimiento empírico ha guiado a los agricultores en el desarrollo de agroecosistemas sustentables, manejados con recursos locales, con energía humana y animal (Altieri y Anderson, 1986). La mayoría de los agroecosistemas tradicionales están basados en una diversidad de cultivos asociados en el tiempo y en el espacio, permitiendo a los agricultores maximizar la seguridad de cosecha aún a niveles bajos de tecnología (Chang, 1977; Clawson, 1985). Es importante indicar que estas mezclas simbióticas de cultivos han sido desarrolladas como estrategias agrícolas que no sólo satisfagan las necesidades específicas de grupos campesinos, sino que también sean más sensibles a las complejidades de los procesos agroecológicos y socioeconómicos actuales.

La agricultura tradicional se dinamiza en sistemas de pequeña escala que son sustentablemente productivos, biológicamente regenerativos y eficientes energéticamente, y también tienden al mejoramiento de la equidad, participación y a ser socialmente justos (Toledo, 1995). Además de la diversidad de cultivos, los campesinos usan un conjunto de prácticas que ocasionan mínima degradación de suelos. Estas incluyen el uso de terrazas y callejones de arbustos en contorno, labranza mínima, y ciclos largos de barbecho.

Debido a los rasgos antes descritos de la agricultura tradicional, se considera que ésta además genera escenarios óptimos para evaluar propiedades de resiliencia ante el cambio climático.

Desde la perspectiva de la agricultura sustentable, la resiliencia es uno de los atributos sistémicos que deben tener los agroecosistemas que se rigen con este paradigma. En este sentido, la resiliencia se define como la capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves (Masera *et al.*, 2000).

Aunado a lo anterior, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo el análisis de la resiliencia de los sistemas tradicionales de producción agrícola de Ozumba, México para identificar los atributos que permiten su adaptabilidad al cambio climático.

### 2. Metodología

La investigación se realizó en el municipio de Ozumba, Estado de México, éste se ubica entre los paralelos 18° 57' y 19° 05' de latitud norte y los meridianos 98° 46' y 98° 51' sobre el Eje Volcánico Transversal Mexicano, a una altitud promedio de 2350 m (INEGI, 2009). El tipo de vegetación natural es bosque de coníferas y encinos (bosque mixto). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje bajo de lluvias en otoño e invierno, con una

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

temperatura media anual que oscila entre los 12 y 18°C y una precipitación promedio anual de 885mm. Los suelos son de origen volcánico, aptos para la producción agrícola.

En Ozumba se practica la agricultura tradicional cuyos productos se destinan al autoconsumo y a la comercialización. Este tipo de agricultura se ha mantenido en el tiempo y el espacio desde la época precolombina y ha logrado hacer frente a situaciones socioambientales adversas, como el cambio climático. En este contexto, el concepto teórico metodológico que permite analizar de forma más eficiente la compleja dinámica de resistencia y adaptabilidad de estos sistemas tradicionales de producción agrícola, es la *resiliencia*.

El término “resiliencia” se deriva del latín *resilio, resilire, resiliens, entis*, que significa “saltar hacia atrás, saltar hacia arriba, rebotar”, y en su acepción general se le describe como elasticidad. La definición del término proviene del campo de la física, refiriéndose a la capacidad de un material de recobrar su forma original después de haber estado sometido a altas presiones (Chamochumbi, 2005). La resiliencia permite explicar el grado de respuesta y capacidad de adaptación de los distintos grupos humanos a las condiciones adversas y variadas que le ha tocado enfrentar.

En este contexto, los procedimientos metodológicos cualitativos de la presente investigación permiten el entendimiento, la comprensión e interpretación la realidad social y su capacidad de resiliencia, para este fin, en la fase de trabajo de campo realizaron entrevistas semiestructuradas con personas clave y recorridos de campo para escudriñar las estrategias campesinas que posibilitaron la construcción de los sistemas tradicionales de producción agrícola en Ozumba. Así también se recopiló la información que permitió realizar el análisis estructural del agroecosistema, considerando los componentes que integran los estratos arbóreos, arbustivos, herbáceos, así como su trascendencia y funcionalidad en las esferas ecológicas, culturales y económicas.

Para la interpretación del clima en Ozumba, Estado de México, se realizó con base a los datos que presenta el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en su portal de internet, así como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Sistema de Información sobre el Cambio Climático (SICC) que forma parte del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente en México. Para complementar la información, se obtuvieron datos de la estación meteorológica 15252 Atlautla-E9, que es la más cercana a Ozumba. Una vez recabados los datos necesarios, se procesaron con la herramienta Excel para elaborar los diferentes gráficos de la precipitación y la temperatura de Ozumba, Estado de México y se procedió al análisis y la interpretación de la información.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 3. Resultados

#### El cambio climático en México y en Ozumba

Con base a los datos que presenta el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en su portal de internet, así como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Sistema de Información sobre el Cambio Climático (SICC) que forma parte del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente en México, en el contexto nacional, de acuerdo con los estudios más recientes elaborados para México, se pueden observar los siguientes cambios en el clima:

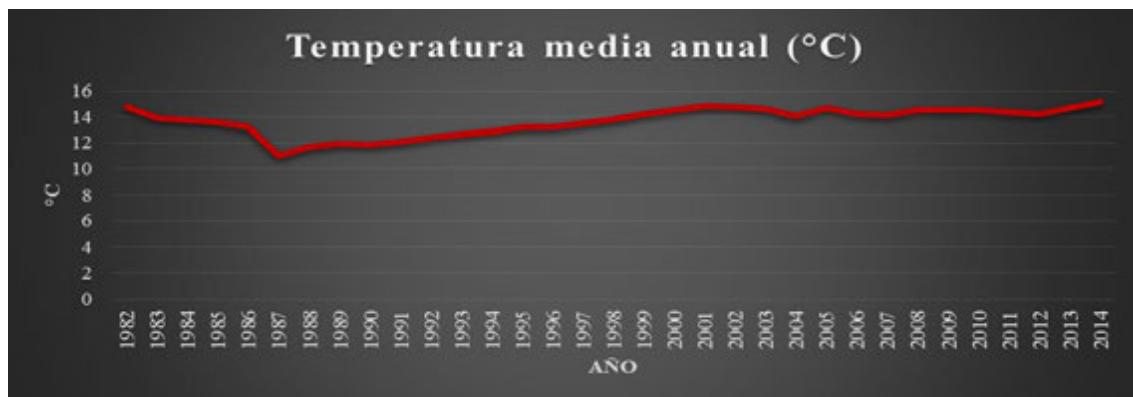
- El país se ha vuelto más cálido desde la década de 1960.
- Las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron  $0.85^{\circ}\text{C}$  y las temperaturas invernales  $1.3^{\circ}\text{C}$ .
- Se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y hay más noches cálidas.
- La precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo.

Se han construido modelos matemáticos que permiten generar distintos escenarios de los impactos que se pueden presentar para el año 2099. Los diversos modelos coinciden que la temperatura en México aumentará  $4^{\circ}\text{C}$  en la zona fronteriza con Estados Unidos de América, y se estima que el resto del país aumentará entre  $2.5$  y  $3.5^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a la precipitación, los diferentes modelos difieren en sus proyecciones, aunque, en promedio para el país, se estima que éstas disminuirán hasta un 10% en la mayoría del territorio nacional, aunque habrá regiones en que esa disminución podría ser mayor.

En el contexto local, el municipio de Ozumba, en los últimos 30 años, en promedio la temperatura se ha incrementado  $0.3^{\circ}\text{C}$  por década (Figura 1). En relación a la precipitación, en los últimos 15 años, ésta presenta picos de variabilidad (Figura 2). Así también, se proyecta que para el año 2099, la temperatura habrá sufrido un incremento de  $3^{\circ}\text{C}$  y la precipitación disminuirá un 10% (Figuras 3 y 4). Actualmente la precipitación promedio de Ozumba es de 885 mm y la temperatura media anual de  $15^{\circ}\text{C}$ . Es importante indicar que el riesgo de sequía en esta cuenca se proyecta como “alta”.

En relación con el cambio climático en Ozumba, el incremento de la temperatura, la variabilidad de la estacionalidad de la precipitación con lluvias torrenciales en períodos de tiempo cortos y con sequías más pronunciadas, se afectará directamente la agricultura de temporal que es practicada en la mayor parte del municipio por la mayoría de la sociedad campesina.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

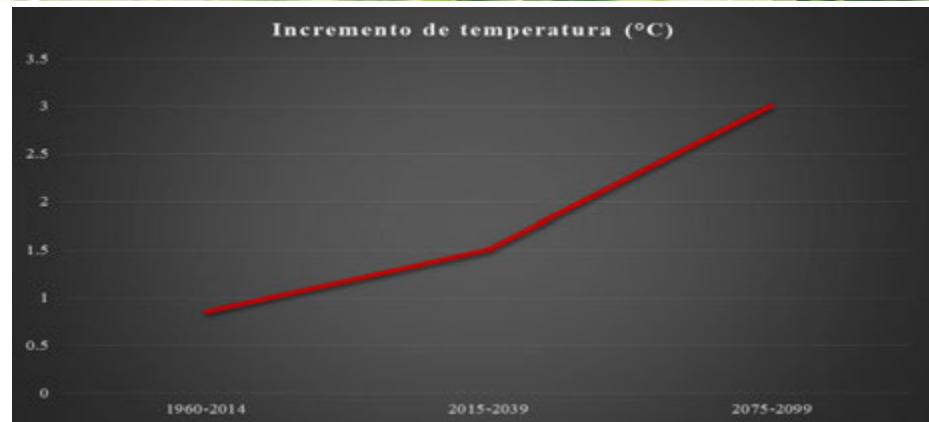


**Figura 1.** Temperatura media anual de Ozumba, Estado de México (del año 1982 al 2014).  
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014) y el Sistema de Información sobre el Cambio Climático (2016).

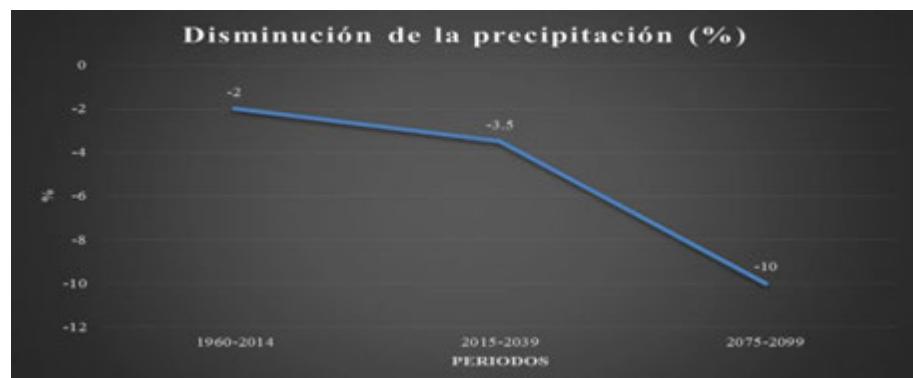


**Figura 2.** Precipitación de Ozumba, Estado de México (del año 1982 al 2014). Fuente:  
Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014) y el  
Sistema de Información sobre el Cambio Climático (2016).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Figura 3.** Proyección del incremento de la temperatura en el municipio de Ozumba en el siglo XXI. Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014) y el Sistema de Información sobre el Cambio Climático (2016).



**Figura 4.** Proyección de la precipitación en el Ozumba, Estado de México en el siglo XXI. Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014) y el Sistema de Información sobre el Cambio Climático (2016).

### El impacto del cambio climático en la economía de Ozumba

En Ozumba, las principales actividades económicas son la agricultura-ganadería así como la comercialización de productos agrícolas alimenticios y plantas medicinales, así como algunos productos manufacturados. En este contexto, el 30% de la población económicamente activa se ocupa del sector primario y el 60% al sector terciario, es importante indicar que la base de éste último, es el sector agropecuario.

En este contexto, el componente que le da vida al sector terciario de Ozumba, es el tianguis que se desarrolla los días martes en el corazón de la zona habitada (Figura 5). El origen de este mercado se remonta a más de 500 años, el cual se ubica estratégicamente en el corredor que va de Tlalmanalco-Amecameca hacia el estado de Morelos; esto propicia la concentración de personas,

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

productos, gastronomía, formas de ser y apropiaciones culturales tanto de clima templado como del cálido. De acuerdo con datos de Linares y Bye (2011), se estima que asisten de manera constante, comerciantes de seis estados de la República Mexicana y se comercializan más de 2,000 productos agrícolas y de manufactura tradicional.



**Figura 5.** Paisaje del tianguis de Ozumba, México.

De la población ocupada en el sector agrícola, el 90% se dedica a cultivar maíz, tomate, jitomate, frijol, pepino, calabaza, frutas, plantas ornamentales, medicinales y aromáticas; es necesario mencionar que esta agricultura depende de la época de lluvias (agricultura de temporal). Cabe destacar que, de manera general, en Ozumba, la actividad económica tiene como sustrato al sector agropecuario y éste depende de factores y elementos naturales como la precipitación, la temperatura, el suelo, el bosque, la recarga de los mantos acuíferos, entre otros.

Sin embargo, en las últimas décadas, se percibe por parte de la población, una modificación en el régimen de lluvias y se presentan sequías con mayor duración; esto se confirma en los datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014), que revelan el incremento de la temperatura, la variabilidad de la estacionalidad de la precipitación con lluvias torrenciales en períodos de tiempo cortos y con sequías más pronunciadas que están afectando directamente la disponibilidad de agua potable y a la agricultura de temporal que es practicada por la sociedad campesina en la mayor parte del municipio.

Con base a la evaluación del clima en Ozumba, se aprecia la agricultura de temporal está amenazada por el cambio climático, ya que se evidencia un aumento de la temperatura de  $0.85^{\circ}\text{C}$ , una modificación del régimen de lluvias con aparición de lluvias torrenciales en períodos cortos, presencia de granizadas intensas, heladas tempranas y sequías más prolongadas que generan que los cultivos entren en estado de estrés hídrico en las primeras etapas fenológicas e incluso, en algunos casos, hasta alcanzar el grado de marchitez permanente. Así también, ha habido años con exceso de lluvias a lo largo del ciclo agrícola que ha traído como efecto negativo, la presencia de enfermedades fúngicas; esto se traduce en impactos biofísicos potenciales del cambio climático en la región.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En general, las modificaciones en los valores de los elementos climáticos como efecto del cambio climático, han generado una disminución en la productividad los sistemas agrícolas que aplican técnicas de monocultivos (Figura 6), lo que ha generado una problemática socioeconómica de reacción en cadena, pues al haber pérdidas en las cosechas de los alimentos básicos, se vulnera la seguridad alimentaria, disminuyen los ingresos económicos de la sociedad campesina y de los comerciantes de productos agropecuarios, se reduce la generación de empleos, por mencionar los impactos socioeconómicos potenciales identificados. Sin embargo, los sistemas de producción agrícola tradicionales, han logrado amortiguar los efectos adversos del cambio climático ya que son sistemas diversificados y complejos.



**Figura 6.** Monocultivo de trigo en Ozumba, México.

### Los sistemas agrícolas tradicionales de Ozumba

Ozumba es un territorio rural que se configuró en la época precortesiana; la estructura social con la que germinó fue el *calpultin*, éste fue un sistema de apropiación comunitaria del espacio que respondía a las necesidades religiosas, productivas, económicas y de control político de aquel tiempo (Schroeder, 1994). Desde su génesis, el paisaje de este poblado, ha estado revestido por las actividades agrícolas; en este sentido, la configuración precolombina de los territorios agrícolas de Ozumba se tejió a través de los sistemas multiestratos integrados por alimentos básicos (maíz, haba, frijol, calabaza, tomates), árboles frutales (ciruelo, aguacate, guayabo, anonas, capulín), plantas medicinales, cereales y ganado menor como conejos y guajolotes.

Los habitantes de Ozumba en el siglo XXI han perpetuado los sistemas agroforestales antes descritos, con algunas adaptaciones en las que integran especies arbóreas y arbustivas que fueron introducidas por los europeos, entre ellas destacan las plantas medicinales como ruda (*Ruta chalepensis*), romero (*Rosmarinus officinalis*), ajenjo (*Artemisia absinthium*), mejorana

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

(*Origanum majorana*) y frutales como ciruelo (*Prunus domestica*), chabacano (*Prunus armeniaca*), nogal (*Juglans regia*).

En este contexto, existe una cohesión en la manera de apropiarse del espacio, dicho ordenamiento territorial permite observar paisajes agrícolas que se caracterizan por su belleza escénica y con atributos multifuncionales que transitan desde la conservación del medio ecológico, hasta una productividad sostenida durante todo el año. Así también, las parcelas son atendidas por los integrantes de las familias campesinas, de todas las edades y sexos, dinamizando una cultura agrícola tradicional.

La agricultura tradicional de Ozumba está construida por sistemas de uso de la tierra que han sido desarrollados localmente durante largos años de experiencia empírica acumulada por la sociedad campesina. Las unidades de producción tradicional están configuradas en sistemas agroforestales, de tal manera que se genera una compleja interacción horizontal y vertical de árboles, arbustos, herbáceas y plantas trepadoras de las cuales el campesino obtiene:

- 1) alimentos básicos como maíz, haba, frijol;
- 2) árboles frutales como ciruelo, peral, chabacano, manzano, capulín;
- 3) plantas medicinales;
- 4) plantas aromáticas;
- 5) cereales como amaranto y chía;
- 6) especies forrajeras
- 7) ganado menor como (conejos, borregos) y manejo de aves (guajolotes y gallinas).

Por enumerar los componentes más representativos (Figura 7).

Así también, estos agroecosistemas brindan servicios ambientales y se caracterizan por su belleza escénica que es atractiva para la población de la Ciudad de México y área conurbada que visitan la zona en las vacaciones y los fines de semana.

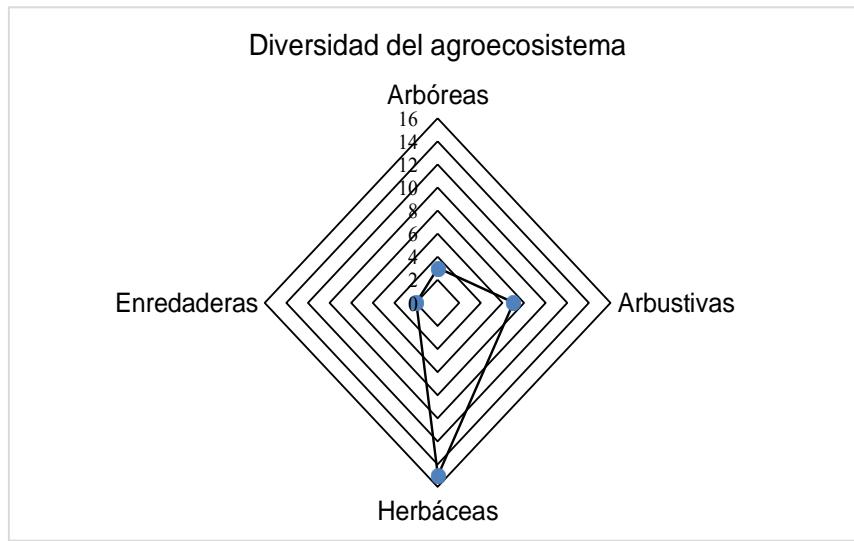
Al adoptar una estrategia de uso múltiple, los pequeños agricultores de Ozumba manejan un continuo de sistemas naturales y agrícolas obteniendo una variedad de productos así como también servicios ecológicos creando una agricultura multifuncional y resiliente.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Figura 7.** Sistemas agrícolas tradicionales de Ozumba, Estado de México

Los sistemas analizados presentaron en promedio 27 especies (Figura 8), las cuales configuran el sistema agroforestal especializado en la producción de biomasa destinada para usos terapéuticos. Resulta esencial indicar que la diversidad es la base de la resiliencia, en este contexto los sistemas analizados presentan componentes multiestratos que posibilitan amortiguar las modificaciones ambientales del entorno como consecuencia del cambio climático.

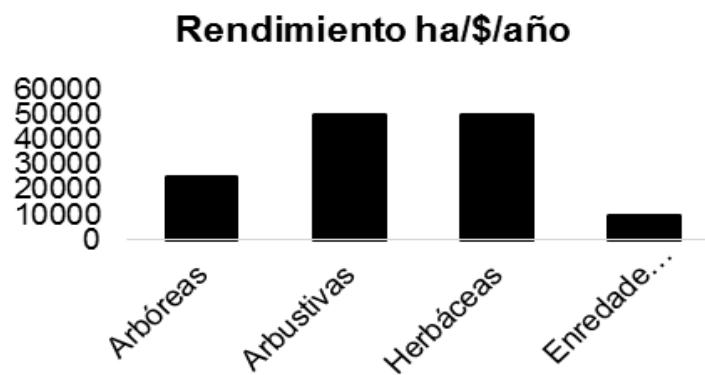


**Figura 1.** Diversidad de los sistemas tradicionales de Ozumba, Estado de México

**Figura 8.** Diversidad del sistema tradicional de Ozumba, México.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

En lo referente a la obtención de recursos financieros del agroecosistema, la distribución de ingresos se distribuye de manera armónica donde destacan los componentes arbustivos y herbáceos que son los que producen de manera más vigorosa la producción de biomasa y por lo tanto de ingresos económicos (Figura 9).



**Figura 9.** Rendimiento económico (\$ mexicanos) y de biomasa

### 4. Conclusiones

En Ozumba existen conocimientos agrícolas y pecuarios de las familias campesinas que coinciden con los preceptos agroecológicos y con las técnicas agroforestales, donde resalta el saber ambiental; es así como resulta trascendental rescatar dichos saberes ya que representan conocimientos con los cuales se puede hacer frente al cambio climático y se puede fortalecer la resiliencia de la sociedad campesina de este municipio. El conocimiento campesino y sus formas tradicionales de producción agrícola, cuentan con elementos de agricultura resiliente al cambio climático al manejar agroecosistemas complejos y diversificados que reflejan la riqueza biocultural de Ozumba, México.

Es importante indicar que el conocimiento empírico ha guiado a los campesinos de Ozumba en el desarrollo de unidades de producción resilientes, mismas que se caracterizan por asociar múltiples cultivos en el tiempo y en el espacio, permitiendo a los agricultores obtener una producción diversificada y sostenida a lo largo del año. Estas mezclas simbióticas de cultivos, ganado menor y aves, han sido desarrolladas como estrategias agrícolas que satisfacen las necesidades específicas de los campesinos. Es así como la complejidad de los sistemas tradicionales de producción agrícola ha permitido a los campesinos del municipio de Ozumba hacer frente a la problemática socioeconómica, ambiental y crisis del sector agropecuario

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

contemporáneo, tomando como elemento base la revaloración de los saberes que han construido a través del tiempo y el espacio, que han permitido su adaptabilidad socioeconómica y ambiental.

En Ozumba, México, los sistemas agropecuarios tradicionales han demostrado amortiguar el cúmulo de situaciones adversas que representa el cambio climático. En la agricultura tradicional de Ozumba, los actores rurales han configurado procesos y estrategias de resistencia y adaptación a los nuevos desafíos sociales, económicos y también a los ambientales.

### 5. Referencias

Altieri, M.A. y M.K. Anderson. 1986. "An Ecological Basis for the Development of Alternative Agricultural Systems for Small Farmers in the Third World", American Journal of Alternative Agriculture, 1:30-38.

Cerisola, C. 2003. Resiliencia y Programas Preventivos. Universidad del Salvador. Facultad de Psicología. El Salvador. p. 10.

Chamochumbi, W. 2005. La Resiliencia en el Desarrollo Sostenible: algunas consideraciones teóricas en el campo social y ambiental. Disponible en: [www.ecoportal.net/Temas\\_Especiales/Desarrollo\\_Sustentable/La\\_Resiliencia\\_en\\_el\\_Desarrollo\\_Sostenible](http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/La_Resiliencia_en_el_Desarrollo_Sostenible)

Chang, J.H. 1977. "Tropical Agriculture: Crop Diversity and Crop Yields", Econ. Geogr., 53:241-254.

Clawson, L. 1985. "Harvest Security and Intraspecific Diversity in Traditional Tropical Agriculture". Econ. Bot., 39:56-67.

H. Ayuntamiento Constitucional de Ozumba. 2016. Plan de Desarrollo Municipal de Ozumba, Estado de México 2016-2018. Disponible en: <http://www.ipomex.org.mx/ipo/portal/ozumba/desarrolloMun/2016.web>

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Ozumba, México. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15068.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pág.2.

International Union for Conservation of Nature y World Business Council for Sustainable Development, Agricultural ecosystems. 2008. Facts and trends, Suiza, WBCSD-IUCN.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2014. Estudio para la incorporación de nuevas variables en los escenarios de cambio climático para México utilizados en la Quinta Comunicación Nacional. Parte I: Análisis de Variables Atmosféricas (Históricas y Escenarios de Cambio Climático). México. 59 p. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2014\\_variables\\_escenarios\\_part1.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/adaptacion/2014_variables_escenarios_part1.pdf)

Linares, E. y R. Bye. 2011. La dinámica de un mercado periférico de plantas medicinales de México: el tianguis de Ozumba, Estado de México, como centro acopiador para el mercado de Sonora (mercado central)". Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Históricas. México. 35 p. Disponible en: <http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/caminosymercados/mercados.html>

Masera, O, M. Astier y S. López-Ridaura. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada. Instituto de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 10, 11, 12, 13, 14, 15.

Remmers, G. 1993. Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Agricultura y sociedad. Número 66 (Enero-Marzo): 201-220.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Sahagún, B. 2003. Historia General de las Cosas de la Nueva España, II. Ediciones y Distribuciones Promo Libro. Madrid, España. p. 680.

Salazar, M. 2009. Estrategias para mitigar el cambio climático y su impacto en una subcuenca vulnerable de la Cuenca de México: Diseño de proyectos piloto. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 235 p.

Schroeder, S. 1994. Chimalpahin y los reinos de Chalco. El Colegio Mexiquense. Ayuntamiento Constitucional de Chalco. México. p. 223.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ozumba. Gobierno del Estado de México. México. 293 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 441 p. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/685.pdf>

Toledo, V.M. 1995. Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo rural. Cuadernos de Trabajo 3: 1-45. Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales. México.

Torres-Lima P., J Cruz-Castillo y R. Acosta-Barradas. 2011. Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. Política y cultura. Número 36 (Enero 2011). México. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-77422011000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422011000200009)

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Meta-análisis de Captura de Carbono Atmosférico en México través de Agricultura de Conservación

Nidia Sarahí Reséndiz Flores<sup>1</sup>; Emilio González Sánchez<sup>2</sup>; Ignacio Caamal Cauich<sup>3</sup>; Rosa María García Núñez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Candidata a Dra. en Ciencias en Economía Agrícola de la DICEA, UACH. Correo:  
[nisaref@gmail.com](mailto:nisaref@gmail.com)

<sup>2</sup>Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEAC.SV), Centro IFAPA Alameda del Obispo, Av. Menéndez Pidal s/n, 14004 Córdoba, España. Correo:  
[emilio.gonzalez@uco.es](mailto:emilio.gonzalez@uco.es)

<sup>3</sup>División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de DICEA, km. 38.5, Carr. México - Texcoco. CP 56230, Chapingo, México. Correo: [icaamal82@yahoo.com.mx](mailto:icaamal82@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup>Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de la DICEA, km. 38.5, Carr. México - Texcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México, México. Correo: [garcianu51@gmail.com](mailto:garcianu51@gmail.com)

#### Abstract

The objective of the present study is to provide solid scientific bases to decision makers and infer in the feasibility of commitments proposed in the Kyoto Protocol to 2020; Based on the potential of Conservation Agriculture (CA) in Mexico, assuming the function of reducing the concentration of CO<sub>2</sub> in the atmosphere through C sequestration through the analysis of 16 different research projects in the Mexican Republic, with application of Formulas to determine C fixation coefficient. The results showed that CA techniques have potential to promote soil C fixation of up to 1.6 Gg year-1 over traditional agriculture (TA). As regards the C-fixing coefficients are 0.41 and 0.58 Mg ha-1 year -1 for SD and ML, respectively; Are promising for the adoption of the CA in Mexico.

**Key words:** Conservation Agriculture; Direct Seeding; Minimum Tillage; Fixation of Carbon.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 1. Introducción

La agricultura es responsable de un tercio de las emisiones de GEI, principalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), aunque también metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). El  $\text{CO}_2$  es requerido por las plantas para realizar la fotosíntesis, transformándolo en C que pasa a formar parte de sus estructuras. Este hecho es considerado como secuestro de carbono en el estudio del cambio climático, y reduce el efecto invernadero. La AC comprende unas técnicas de manejo de suelo que hacen compatibles las actividades productivas de los agricultores con tecnología flexible y adaptable acorde a las necesidades de cada productor con tres principios: Mínimo movimiento de suelo, dejar restos de cosecha en la superficie después de cada cosecha y rotación de cultivos de acuerdo con Santoyo Cuevas (2014). En México: Iniciativa Mas Agro: actualmente liderado por SAGARPA y ejecutado por CIMMYT en conjunto con colaboradores recomiendan para capturar C atmosférico, con el efecto favorable que ello conlleva para paliar el efecto invernadero y alcanzar las premisas del segundo período (2013 – 2020) de Compromisos del Protocolo de Kioto. El objetivo del presente estudio es dotar de bases científicas sólidas a los tomadores de decisiones e inferir en la factibilidad de los compromisos propuestos en el Protocolo de Kioto a 2020; en base al potencial que tiene la agricultura de conservación en México asumiendo la función de reducir la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera a través de secuestro de C mediante el análisis de diferentes trabajos de investigación realizados en la República Mexicana.

### 2. Metodología

En este apartado se presentan aspectos generales relacionados con la fijación de C atmosférico en suelos agrícolas, analizándose, especialmente, el impacto de la adopción de prácticas de AC, frente a la utilización de Agricultura Tradicional (AT), en la reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$  en México. Para este estudio 16 artículos científicos de investigación fueron revisados de 9 Estados de la República Mexicana. (Fig. 1 y Tabla 1). De acuerdo con la literatura revisada, el potencial para secuestro de carbono en particular para las prácticas de AC no siempre es igual y depende de varios factores como: clima del área, tipo de suelo y densidad y rotación de cultivos herbáceos.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Fig.1.** Mapa de la República Mexicana. Los puntos representan las áreas donde los estudios fueron llevados a cabo



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1. Lista de localizaciones y sistemas de manejo de suelos comparados**

Región	Estado	Localización	Clasificación de Suelo	Sistema de Manejo de Suelo
Norte	Sonora	Ciudad Obregón	Calcic Vertisol	SD vs. AT
	Tamaulipas	Río Bravo	Vertisol	SD, ML vs. AT
	Guanajuato	Celaya	Udic Vertisol	SD vs. AT
Centro-	Tlaxcala	Hueyotlipan	Cambisol	SD, ML vs. AT
Occidente	México	Texcoco	Haplic Phaeozem	SD, ML, vs. AT
	Michoacán	Pátzcuaro	Andisol	SD vs. AT
	Michoacán	Casas Blancas	Andisol	SD, ML vs. AT
	Michoacán	Morelia	Vertisol	SD, ML vs. AT
	Michoacán	Apatzingán	Vertisol	SD, ML vs. AT
	Michoacán	Tepatitlán	Alfisol	SD, ML vs. AT
	Querétaro	Querétaro	Haplic Phaeozem	SD vs. AT
Sureste	Morelos	Tlaltizapán	Vertisol	SD, ML vs. AT
Chiapas	Tapachula	Litosol		SD, ML vs. AT
	Chiapas	Tuxtla Chico	Rendzina	SD, ML vs. AT
	Chiapas	Frontera Hidalgo	Andisol	SD, ML vs. AT

Clasificación de acuerdo a Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003)

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

SD, siembra directa; ML, mínima labranza y AT, agricultura tradicional

El análisis de efecto sumidero de C de la AC fue realizado a través de la literatura revisada en 2016, en estudios sobre sistemas de manejo de suelo han tenido varios efectos en el contenido de MO sobre diferentes periodos. Dichos sistemas incluyen la SD y la ML en cultivos herbáceos. Para estimar el potencial de la AC para la captura de C, en cada estudio, el aumento de MO observado era evaluado sobre AT. Para cada intervalo de profundidad del suelo estudiado i, aumenta C son presentados en términos de cantidades de C orgánico (CO) en el suelo.

La metodología realizada en esta investigación es la propuesta por González-Sánchez et al., (2012). De acuerdo con las siguientes formulas:

$$CO_i (Kg/ha) = CO_i (Kg_{CO}/100 \text{ Kg}_{suelo}) \times \rho_i (Kg_{suelo}/m^3) \times D_i (m) \times 10^4 m^2/ha \quad (1)$$

$$CO_i (Mg/ha) = 10^{-3} CO_i (Kg/ha)$$

Donde  $\rho_i$  es la densidad aparente del suelo y  $D_i$  es la profundidad del intervalo estudiado. El contenido total de C es determinado por la profundidad total de los estudios  $D_t$ , haciendo la sumatoria de las cantidades obtenidas para cada profundidad de suelo del intervalo de muestra, como sigue:

$$CO_{Dt} AT (Mg/ha) = \sum_1^n CO_i AT \quad (3)$$

$$CO_{Dt} AC (Mg/ha) = \sum_1^n CO_i AC \quad (4)$$

Donde n es el número total de intervalos de profundidad en la experiencia que se está analizando. Este número de intervalos varía de un estudio a otro, ya que cada autor decide la profundidad total de la muestra. Por lo tanto, en un estudio j, determinado y revisado el promedio anual del crecimiento de C almacenado en los suelos bajo AC en comparación con AT a la profundidad total estudiada  $D_{tj}$  después de  $Y_j$  años de experiencia se obtiene como sigue:

$$\Delta CO_{Dtj} (Mg/ha año) = \frac{(CO_{Dtj} AC (Mg/ha) - CO_{Dtj} AT (Mg/ha))}{Y_j} \quad (5)$$

Donde  $\Delta CO_{Dtj}$  es el coeficiente de la fijación anual de C para la revisión del estudio j. Para cada zona climática y la duración del estudio, se asocian incrementos de CO para diferentes profundidades totales  $D_t$  para cada estudio j revisado. El cálculo de la tasa media anual de

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

fijación de C (FC) proviene de la media ponderada de estos aumentos, teniendo en cuenta la profundidad máxima de estudio en cada lugar y período considerado, como sigue:

$$FC \text{ (Mg/ha año)} = \frac{\sum_{j=1}^{j=s} \Delta CO_{Dtj} \times Dtj / D_{t \max}}{s} \quad (6)$$

Donde FC, es el coeficiente de fijación de C media anual. Dt max es la máxima profundidad del muestreo total de todos los estudios correspondientes a la zona climática y el período de tiempo considerado. S es el número total de estudios correspondientes a la zona climática y el período de tiempo considerado.

### 4. Resultados

Los resultados presentados por los autores pueden ser muy diferentes dependiendo de la zona donde se realizó el estudio, debido a la importancia del clima, tipo de suelo en el ciclo del C. Otros factores que influyen y pueden diferenciar los resultados son la densidad y profundidad del perfil considerado en el estudio; así como las rotaciones de cultivos. Existe una gran variabilidad en el potencial de estas técnicas para fijar C; por lo tanto, no hay un solo valor de captura de C que se aplique a una práctica de AC en particular. Según González-Sánchez et al., (2012), el aumento de niveles de MO bajo AC depende del sistema de manejo del suelo y otros factores involucrados, tales como las condiciones climáticas de suelo (humedad y temperatura), composición bioquímica del material orgánico, disponibilidad de nutrientes y nivel de perturbación del suelo.

### Coeficientes de fijación de C para SD

La tabla 2 muestra los incrementos de C para la SD comparada con AT. Según los artículos revisados demuestran que la SD y la conservación de residuos estimulan el secuestro de C para reducir la erosión del suelo, la lixiviación y la escorrentía de productos químicos agrícolas; los cuales son benéficos para la captura de C. La materia orgánica del suelo es importante en el ciclo del carbono terrestre a nivel mundial; ya que aproximadamente el 74% del CO activo se almacena en los suelos (Paustian et al. 1997). El manejo de los sistemas agrícolas y especialmente la retención de los residuos del cultivo puede tener un importante impacto en el contenido de MO del suelo (Govaerts et al., 2007) y su composición (West and Post 2002). La SD favorece los agregados estables y protege físicamente la MOS por lo tanto la reducción de las tasas de mineralización (Lichter et al., 2008). La rotación de cultivos, retención de residuos y reducción de la labranza dará lugar al aumento del contenido de C. La mayoría de los sitios de experimentación presentan una tendencia positiva con SD, al no labrar las tierras para los cultivos; es decir presentan aumentos superiores a uno, lo cual conlleva a efectos favorables del

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

secuestro de C con AC, tanto en climas Bs (secos esteparios) con una media de  $1.28 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , así como en los Cw (templado con lluvias en verano) con un promedio de  $1.21 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y para el tipo de clima Aw (tropical con lluvias en verano), una media de  $1.05 \text{ Mg ha}^{-1}$ . La rotación de los cultivos es un elemento preponderante de cara a la AC y es necesario evaluar aún más sus efectos; en estos trabajos se detectó que un efecto positivo en la simbiosis de maíz – trigo y en los monocultivos de maíz; sin embargo, también se hallaron casos de trigo- cebada-maíz y maíz-frijol de igual manera con efectos positivos.

**Tabla 2.** Lista de estudios referidos al incremento de Siembra Directa con diferentes tipos de clima

Estudio	Clima	Periodo de Estudio (años)	Máxima profundidad de suelo muestreada (cm)	Incremento de C sobre labranza tradicional ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )	Secuencia de cultivos <sup>a</sup>
MS (Monneveux <i>et al.</i> , 2005)	Aw	1	30	1,03	Monocultivo de maíz
TL (Covaleda <i>et al.</i> , 2008)	Cw	4	20	1,40	Trigo-Cebada-Maíz
GT (Follett <i>et al.</i> , 2004)	Bs	5	30	1,07	Maíz-Trigo y Maíz-Frijol
MN1 (Roldán <i>et al.</i> , 2003)	Cw	5	15	1,34	Monocultivo de maíz
MN2 (Salinas <i>et al.</i> , 2001)	Cw	6	15	1,11	Monocultivo de maíz
MN3 (Salinas <i>et al.</i> , 2000)	Cw	6	5	1,31	Monocultivo de maíz
MC1 (Govaerts <i>et al.</i> , 2007)	Cw	6	20	1,07	Maíz-Trigo
MC2 (Patiño <i>et al.</i> , 2008)	Cw	6	20	1,11	Maíz-Trigo
MC3 (Fuentes <i>et al.</i> , 2009)	Cw	16	10	0,93	Maíz-Trigo
MC4 (Fuentes <i>et al.</i> , 2008)	Cw	16	20	0,97	Maíz-Trigo
MC5 (Dendooven <i>et al.</i> , 2012)	Cw	10	60	1,69	Maíz-Trigo
TS1 (Roldán <i>et al.</i> , 2005)	Bs	3	15	1,02	Monocultivo de maíz
TS2 (Roldán <i>et al.</i> , 2005)	Bs	3	15	1,29	Monocultivo de Trigo
SR (Govaerts <i>et al.</i> , 2005)	Bw	12	7	1,10	Maíz-Trigo
CS (Baéz <i>et al.</i> , 2011)	Aw	1	40	1,08	Monocultivo de maíz
QT (Mora <i>et al.</i> , 2014)	Bs	8	5	1,73	Monocultivo de maíz
Promedio			20,44	1,21	
Desv Est ( $p < 0,05$ )				0,24	

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

MS, Morelos; TL, Tlaxcala; GT, Guanajuato; MN, Michoacán; MC, Estado de México; TS, Tamaulipas; SR, Sonora; CS, Chiapas; QT, Querétaro.

<sup>a</sup> Nombres científicos: *Zea mays L.*; *Triticum L.*; *Hordeum vulgare L.*; *Phaseolus vulgaris*.

### Coefficientes de fijación de C para ML

En la Tabla 3 se presentan 5 estados de la República Mexicana que disminuyeron la AT a ML, que se define como una práctica agronómica de AC en cultivos anuales, en la que las únicas labores de alteración del perfil del suelo que se realizan son de tipo vertical y, al menos un 30% de su superficie se encuentra cubierta por restos vegetales. Resultados revisados indican que la adición de los residuos orgánicos previamente cultivados utilizando la AT, favorecen claramente la acumulación de materia orgánica del suelo (MOS) en comparación con el tratamiento tradicional (Baumann and Werner, 1997; Etchevers and Brito, 1997; Báez et al., 2002). Estas prácticas de AC de SD y ML resultan una mejora para la acumulación de COS, ya que en esta investigación se obtiene un aumento en promedio de 1.11 y 1.21 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; con ML y SD; es decir, existe una diferencia de 0.10 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; con lo cual se comprueba que el mejor incremento es con SD sobre la AT. A diferencia de otros trabajos (González et al., 2012) en nuestro caso, el ML siempre supuso incrementos de C en el suelo.

De acuerdo al boletín de Suelos de la FAO No. 78 (2002) menciona que los agricultores por lo general usan la ML en situaciones muy específicas; como es, para cambiar de cultivo; antes de la siembra del segundo cultivo; la tierra se limpia. Este trabajo no es la excepción, se presenta un aumento máximo de 1.26 y un mínimo de 1.00 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; respectivamente, de C sobre la AT.

Los tipos de climas tan diversos que existen en México, afectan en algunos casos tanto positiva como negativamente. En la figura 2, se aprecia una media de los 4 tipos de climas identificados; el C capturado en Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con cada clima. Aunque pareciera alto en el clima Bs que es el seco estepario con la práctica de SD, se debe a que el estudio de Querétaro con 8 años de transición de AT a AC inicio con un 1.5 % al 2013 incremento a 2.6% de MOS con lo cual se mejoró la fertilidad del suelo, disminuyó la utilización de grandes cantidades de fertilizantes. Así mismo, la MO ayuda a retener más la humedad y nutrientes, permitiendo un mejor aprovechamiento (Mora, 2014).

**Tabla 3. Lista de estudios referidos al incremento de Mínima Labranza con diferentes tipos de clima**

Estudio	Clima	Periodo de Estudio (años)	Máxima profundidad de suelo muestreada (cm)	Incremento de C sobre AT (Mg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Secuencia de cultivo <sup>a</sup>
TL ( Covaleda et al., 2008)	Cw	4	20	1,24	Trigo-Cebada-Maíz
MN1 (Roldán et al., 2003)	Cw	5	15	1,26	Monocultivo de maíz

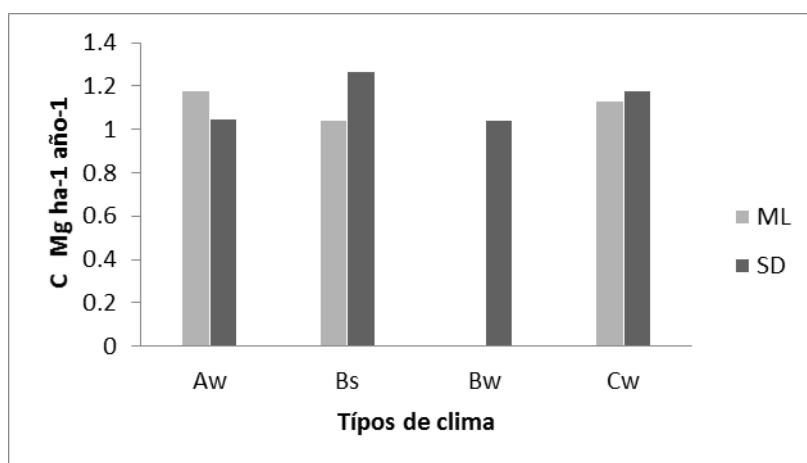
## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

CM1 (Govaerts <i>et al.</i> , 2007)	Cw	6	20	1,00	Maíz-Trigo
CM2 (Patiño <i>et al.</i> , 2008)	Cw	6	20	1,01	Maíz-Trigo
TS1 (Roldán <i>et al.</i> , 2005)	Bs	3	15	1,00	Monocultivo de maíz
TS2 (Roldán <i>et al.</i> , 2005)	Bs	3	15	1,08	Monocultivo de Trigo
CS (Báez <i>et al.</i> , 2011)	Aw	1	40	1,18	Monocultivo de maíz
Promedio			20,71	1,11	
Desv Est				0,11	

TL, Tlaxcala; MN, Michoacán; MC, Estado de México; TS, Tamaulipas; CS, Chiapas.

<sup>a</sup> Nombres científicos: *Zea mays L.*; *Triticum L.*; *Hordeum vulgare L.*

**Figura 2.** Fijación de C en SD y ML para Climas Tropical con lluvias en verano (Aw), Seco estepario (Bs), Seco desértico (Bw) y Templado con lluvias en verano (Cw)



Fuente: Elaboración propia

### Promedio Potencial de Fijación de CO<sub>2</sub> basado en la superficie bajo AC en México

Se realizó una evaluación de los coeficientes estimados y representa la reducción de las emisiones de GEI en México, teniendo en cuenta el porcentaje de tierra cultivable ocupada por cultivos bajo AC. Al respecto, datos oficiales en México que se presentan en la Encuesta Nacional Agropecuaria realizada por INEGI, 2014; en donde se aprecia el aumento de superficie con AC en 2012 (Tabla 4).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

**Tabla 4.** Área cultivada bajo Agricultura de Conservación en México

	Cultivos arables (2014)	%	Cultivos arables (2012)	%
Total (ha)	27.496.118	100	25.808.000	100
SD (ha)	1.502.392	34,3	972.394	22,2
ML (ha)	1.756.199	26,6	1.294.041	19,6

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENA-INEGI, 2014.

Dados esos valores del uso de la tierra en México en cultivos bajo AC, las fijaciones potenciales de C en México son presentados en la Tabla 5 para SD y ML. En base a la investigación realizada y los datos de superficie agrícola en México dedicada a la AC, se concluye que alrededor de 1.6 Gg C pueden ser fijadas cada año sobre la AT, así el sumidero de C en el suelo es un efecto promovido por la AC. Se considera que la ML obtiene un coeficiente de FC superior al de SD debido a que son tierras que se encuentran en transición y se incluye durante la siembra la retención de residuos.

**Tabla 5.** Área cultivada en México bajo Agricultura de Conservación (2014) y potencial de Fijación de C sobre la Agricultura Tradicional

Práctica Agrícola	Coeficiente de Fijación de C ( $Mg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ )	Área (ha)	Potencial de Fijación de C ( $Mg\ año^{-1}$ )
SD	0,41	1.502.392	617.085,64
ML	0,58	1.756.199	1.010.746,78
Total		3.258.591	1.627.832,42

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del análisis.

### 5. Conclusiones

La aplicación de AC es una herramienta que ayudaría a incentivar a los productores a adoptar estas técnicas de producción por sus múltiples beneficios y al Gobierno de México a emitir nuevas políticas públicas que beneficie a la producción agrícola sostenible. Debido a la influencia de las características del suelo, profundidad, al período de tiempo con labores conservacionistas y del clima con potencial para fijación de C, sin embargo, no es totalmente recomendable para informar sobre la mitigación de los GEI, pero si coadyuva a realizar informes sobre el sector

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

agropecuario de cara a hacer frente a los compromisos pactados en el segundo periodo del Protocolo de Kioto (2012-2018) del Gobierno. La aplicación de la AC en México está actualmente en transición. Se espera que este trabajo ayude a la adopción de estas prácticas de conservación en todos los Estados de México y a su vez contribuir a la mitigación de del Cambio climático Global.

### 6. Referencias

- Santoyo Cuevas E. (2014). Agricultura de Conservación, tecnología con futuro en el Estado de México. México: Secretaría de Desarrollo Agropecuario. SEDAGRO\_ICAMEX.
- González-Sánchez E.J., Ordóñez-Fernández R., Carbonell-Bojollo R., Veroz-González O. and Gil-Ribes J.A. (2012). Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agricultura. Soil Till.Res. 122, 52-60.
- González-Sánchez E.J., Veroz-Gonzalez O., Blanco-Roldan G.L., Marquez-Garcia F., Carbonell-Bojollo R.(2015). A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. Soil and Tillage Research. Volume 146, Part B, pp. 204–212
- Govaerts B.; Sayre K.D.; Licher K.; Dendooven L.; Deckers J.(2007). Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. Plant Soil 291:39–54.
- Licher K, Govaerts B, Six J, Sayre KD, Deckers J, Dendooven L. (2008). Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in the permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico. Plant Soil 305:237–252
- Baumann J., Werner G., (1997). Nutrient supply of reclaimed indurated volcanic ash soils and evaluation of productivity with the QUEFTS-model. In: Zebrowski C., Quantin P., Trujillo, G. (Eds.), Suelos volcánicos endurecidos. ORSTOM, Quito, pp. 194–201.
- Etchevers, J.D., Brito, H., (1997). Levantamiento nutrimental de los tepetates de México y Tlaxcala. In: Zebrowski, C., Quantin, P., Trujillo, G. (Eds.), Tercer Simposio Internacional: suelos volcánicos endurecidos. ORSTOM, Quito, pp. 202–212.
- Báez A., Etchevers J.D., Hidalgo C., Prat C., Ordaz V., Núñez R., (2002). C orgánico y P-Olsen en tepetates cultivados de México. Agrociencia 36, 643–653.
- Mora Gutiérrez M. (2014). Evaluación de 12 variedades de maíz en labranza de conservación en el módulo demostrativo Regina. INIFAP-SAGARPA- Fundación PRODUCE Querétaro y Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Querétaro. Despegable
- FAO. (2002). Boletín de Suelos de la FAO No.78. Agricultura de Conservación. Estudio de Casos en América Latina y África. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### Insectos del Estrato Superior en Bosque de *Pinus cembroides* (Zucc.) bajo dos Aperturas de Dosel

Saúl Ugalde-Lezama<sup>1</sup>, Yessenia Cruz-Miranda<sup>2\*</sup>, Luis Antonio Tarango-Arámbula<sup>3</sup>, Eloy Alejandro Lozano-Cavazos<sup>4</sup>, Claudio Romero-Díaz<sup>5</sup>

<sup>1, 2</sup> Área de Recursos Naturales, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

<sup>2</sup>\*Correspondencia: biologo\_ugalde@hotmail.com

<sup>3</sup> Postgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados.

<sup>4</sup> Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<sup>5</sup> Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla Puebla.

#### Abstract

During January-October 2008 insects of the upper stratum were monitored in a *Pinus cembroides* forest with two canopy openings: open (BDA) and closed (BDC); In order to comparatively estimate its richness, abundance and diversity in the Peña Alta Natural Protected Area, Guanajuato, Mexico. Its follow-up was done by cutting and shaking branches. Wealth with Jackknife1, graphical differences in it with Cluster; Abundance with the corresponding estimator; Average diversity with Shannon-Wiener, proportion of individuals per family recorded with  $\chi^2$ ; Differences between BDA-BDC in the parameters indicated with Kruskal-Wallis; relationship abundance variables structure of habitat-environmental conditions with Poisson Regression (ARP). There were 113 families. Jackknife1 25% in BDA and 23% in BDC, no differences were found ( $F=0.09$ ,  $p=0.75$ ;  $F=16$ ,  $p=0.55$ ), Cluster showed similar arithmetic graph; more abundant BDA than BDC, there are no differences ( $F=24.07$ ,  $p=0.72$ ) in the abundances per family,  $\chi^2$  showed no differences ( $g.d.l.=30$ ,  $Prob>Chisquare=0.32$ ,  $Pearson=0.73$ ) between the proportion observed vs expected; Shannon-Wiener showed greater average diversity in BDA ( $H'=6.2$ ) than BDC ( $H'=4.0$ ), there are no differences ( $F=19$ ,  $p=0.45$ ) in the estimated diversity; ARP exhibits some variables considered with effect on abundances in BDA, BDC, BDA-BDC. The parameters evaluated were higher in BDA. It is the first study in the region to explain the role of canopy opening over these attributes of an entomological community (upper stratum) in this type of forest for conservation and/or control purposes.

**Keywords:** Temperate Forest, Preserved, Entomofauna, Simple Sampling with Random Choice, Disturbed, Forest wheel.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

### 1. Introducción

Los insectos son animales invertebrados, pertenecientes al grupo de los artrópodos; están entre los organismos más numerosos y diversos del mundo; sin embargo, el número preciso de sus especies es desconocido. Las estimaciones indican que el grupo varía entre 890 mil hasta 1.5 y 30 millones de especies (Wilson, 1992; Morrone et al., 1999; Trujillo-Trujillo et al., 2014). En México, no existen estimaciones detalladas acerca de la riqueza biológica del grupo, debido a la baja cantidad de sitios de colecta. Los insectos juegan un rol en las funciones del ecosistema, como controladores de plagas, descomponedores de materia orgánica, polinizadores de plantas con importancia ecológica-económica (Brusca y Brusca, 2002; Tovar-Castro et al., 2015). No obstante, debido a su elevada abundancia se les ha considerado como un grupo dañino pues consumen aproximadamente una tercera parte de la producción agrícola a nivel mundial, siendo los principales vectores de enfermedades humanas. En nuestro país, los bosques enfrentan problemas provocados por disturbios naturales y perturbaciones antropogénicas, como la deforestación, apertura de rodales forestales para actividades agrícolas-pecuarias, las cuales han modificado la dinámica natural, estructura, composición de sus hábitats de distribución natural provocado por la disminución y pérdida de la cobertura vegetal (Miranda y Hernández-X, 1963; Rzedowski, 1978; 2006; Arroyo et al., 2013; Villarreal-Quintanilla et al., 2017).

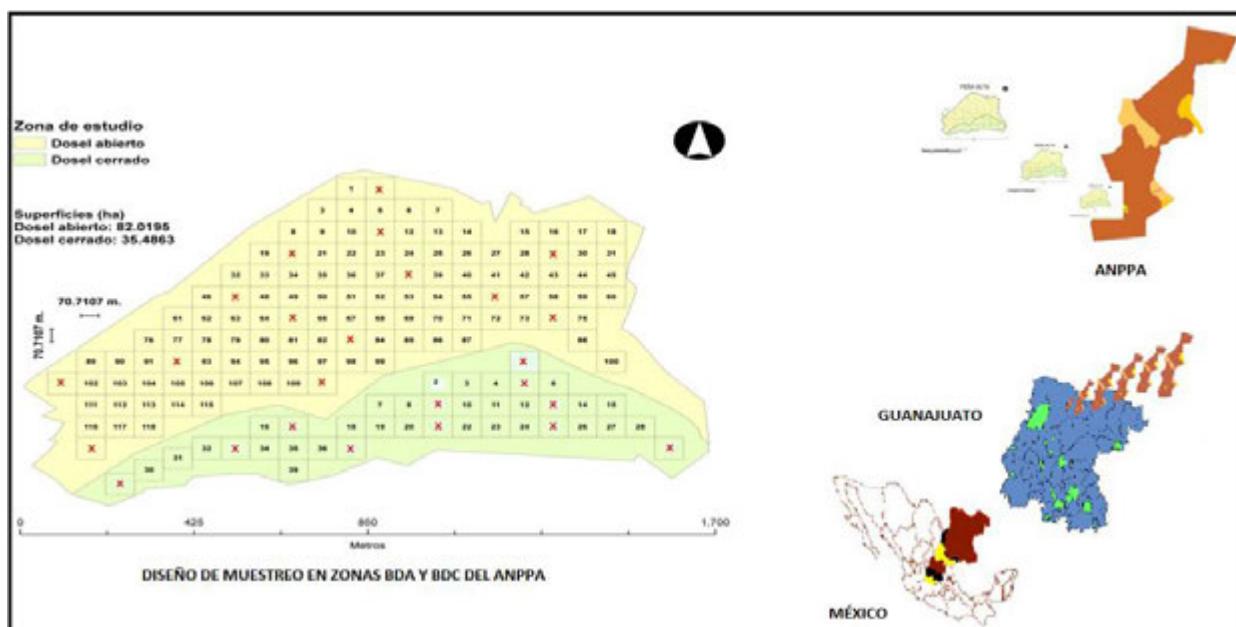
El Área Natural Protegida Peña Alta (ANPPA) en Guanajuato, México, alberga bosques de *Pinus cembroides* con diferente apertura de dosel: abierto (BDA) y Cerrado, producto de diversas actividades productivas mal planificadas; mismos que parecen ser sistemas idóneos para el estudio de comunidades de insectos del estrato superior. En éstos, los niveles de perturbación han causado alteraciones en los patrones de biodiversidad regional, favoreciendo la proliferación de especies de insectos, específicamente aquéllas consideradas como plagas forestales (IEEG, 2002); aunado a ello, la vegetación ha sido sometida a una reducción en sus procesos fotosintéticos, síntesis de proteínas, condiciones de deficiencia hídrica, las cuales ocasionan un incremento gradual de aminoácidos (Nicholls y Altieri, 2008; Ting-Cai et al., 2009; García-Gómez et al., 2010). Esto, en su conjunto, las hace más susceptibles a plagas y enfermedades, particularmente de insectos fitófagos, mismos que diezman la densidad foliar y con ello favorecen la apertura del dosel (White, 1969; Liu et al., 2000; Kang y Steiner, 2002). A pesar del paradójico papel ecológico que juegan los insectos en los rodales forestales, no existen estudios en los que se evidencien los patrones de su riqueza, abundancia y diversidad, particularmente en los bosques templados del ANPPA; menos aún, en el que se considere el efecto de la apertura del dosel sobre dichos parámetros, diferenciando entre insectos fitófagos, depredadores, plaga y no plaga. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar comparativamente el efecto que tiene la apertura del dosel sobre la riqueza, abundancia y diversidad de insectos del estrato superior en un bosque de *P. cembroides* con BDA y BDC, en el ANPPA, con el fin de generar conocimiento básico sobre dichos parámetros en este tipo de bosque con fines de su conservación y/o control.

### 2. Metodología

El bosque de *P. cembroides* bajo estudio abarcó una superficie de 117.49 ha; en éste, dos zonas: 1) BDA con 82.01 y; 2) BDC con 35.48 ha, fueron seleccionadas en base a su apertura de dosel

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

aparente: 80% y 35%, respectivamente; ambas se localizan en la parte sur del ANPPA, dentro del municipio de San Diego de la Unión, al norte del estado de Guanajuato; en las coordenadas  $21^{\circ} 27' 30.6''$  N y  $100^{\circ} 59' 6.5''$  O, entre las cotas de los 2147 a 2332 msnm (IEEG, 2002). En éstas, se aplicó un diseño de Muestreo Simple Aleatorio (MSA) acompañado de una Elección Sistemática (ES), eligiéndose 14 y 11 unidades de elección (UEl; puntos de monitoreo), respectivamente; cada una de ellas con una superficie de 0.5 ha (Cochran, 1976; 1977; Badii et al., 2011; Figura 1).



**Figura 1. Localización y diseño de Muestreo Sistemático con Elección Aleatoria establecido en BDA y BDC en el ANPPA, Guanajuato, México.**

El monitoreo de insectos se realizó de enero a octubre de 2008 de manera mensual; en cada UEl seleccionada en BDA y BDC, se utilizó la metodología de corte y sacudida de Ramas para dicho fin (*Branch Clipping*, Schowalter, 1994). La identificación de los ejemplares se realizó mediante claves entomológicas para estados inmaduros y adultos o superiores (Borror y DeLong, 1971; Equihua, 1989; Barbosa et al., 2010). Las variables del hábitat (p. ej. Pedregosidad, material leñoso, cobertura vegetal, etc.) se muestrearon con Línea Canfield (Canfield, 1941; Aguado et al., 1996; Del Castillo, 2000; Álvarez et al., 2004; Corral et al., 2011). La vegetación en el mismo periodo, pero de manera trimestral; los árboles mediante el vecino más cercano (Cottam y Curtis, 1956; Badii et al., 2012) y, herbáceas-arbustivas con cuadros empotrados (Oosting, 1956; Clarke, 2009).

La riqueza de familias entomológicas se determinó para cada zona con Jackknife1 (Burnham y Overton, 1979; Chazdon et al., 1998; Chao, 1984; 1987; Döge et al., 2008) utilizando ESTIMATES v. 9 (Colwell et al., 2012; Colwell, 2013). Diferencias gráficas (Dendograma) en dichas familias se analizaron con Clúster (Linares, 1990; Chávez et al., 2010) en STATISTICA v. 8.0 (Statsoft, 2008). La abundancia relativa por familia se calculó con el estimador del mismo

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

nombre (Simonetti y Huareco, 1999; Cortés-Marcial y Biones-Salas, 2014) empleando Excel 2010 (Microsoft Office Professional Plus, 2010). La diversidad promedio mediante Shannon-Wiener (Tramer, 1969; Del Pino et al., 2004), usando ESTIMATES. La proporción de individuos por familia con  $\chi^2$  para tablas independientes (Molinero, 2003a; b). Posibles diferencias en la riqueza, abundancia y diversidad entre zonas con Kruskal-Wallis (Zar, 1999; Castellanos-Bolaños et al., 2008), estos últimos dos análisis se realizaron en JMP IN v. 10. (Academic SAS Institute Inc., 2009). La posible relación causal entre el número promedio de familias de insectos más abundantes (Y) y las variables de la estructura del hábitat-condiciones ambientales ( $x_i$ ) registradas en ambas zonas, se realizó mediante regresión Poisson (ARP; González-Oreja, 2003; Costello et al., 2012), empleando modelos lineales generalizados (Agrestic, 2007; Balaguer et al., 2009), un criterio de selección de variables Stepwise y el mínimo Akaike (AIC; Akaike, 1969; Burnham et al., 2011) para determinar el mejor ajuste (Guisan y Zimmerman, 2000; Parviainen et al., 2013), dichos modelos se realizaron en R v. 3.0.1 (Maindonald, 2004; R: Copyright, 2007). En todos los casos se consideró un  $\alpha=0.05$ .

### 3. Resultados

Se registraron 1754 individuos pertenecientes a 113 familias de insectos, 18 órdenes; de las cuales 22 familias son exclusivas de BDA y 19 en BDC. Los resultados de Jackknife1 evidencian la presencia de 87 y 84 familias, respectivamente. La presente registró el 25 % (BDA) y 23 % (BDC) de las familias que potencialmente existen en las zonas bajo estudio (Figura 2).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

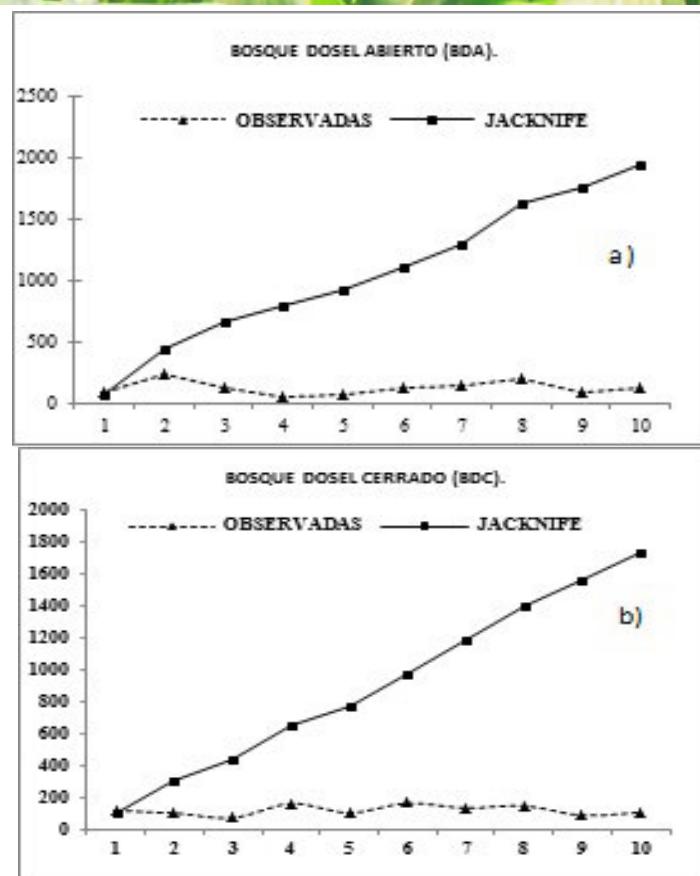
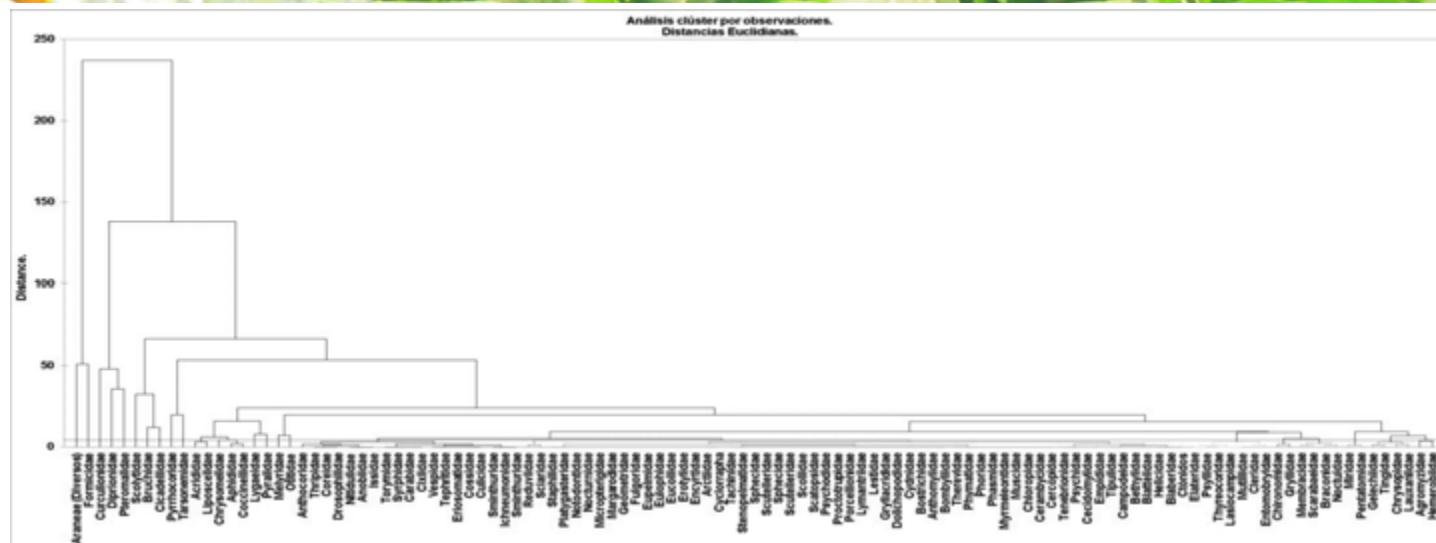


Figura 2. Curvas de rarefacción obtenidas con Jackknife1 para familias de insectos observadas vs estimadas en: a) BDA y b) BDC en el ANPPA.

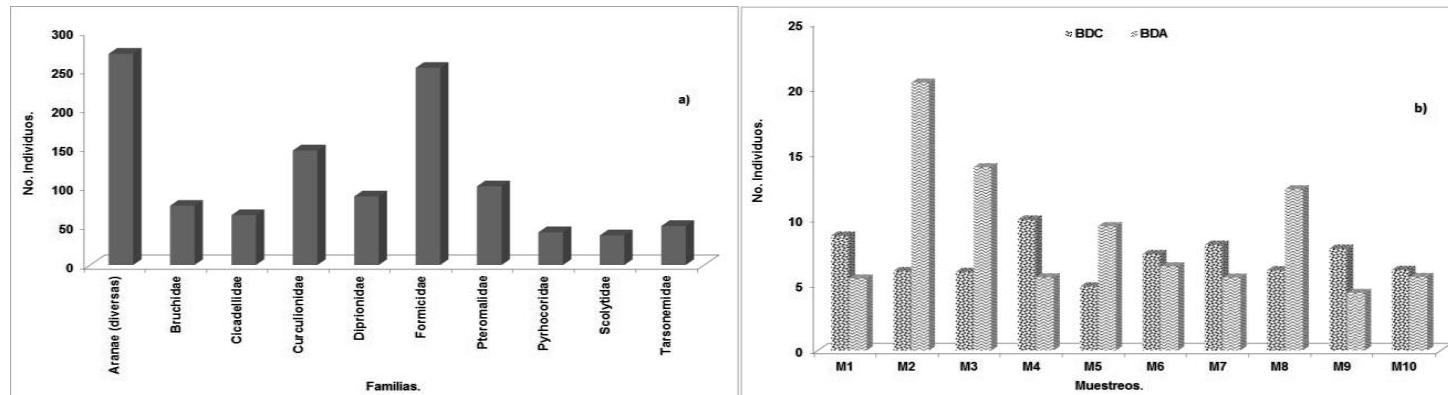
Los resultados de kruskal-wallis evidenciaron que las familias de insectos registradas fueron semejantes en ambas zonas ( $f=0.09$ ,  $p=0.75$ ); por su parte, la riqueza estimada mediante jackknife1 no mostró diferencias significativas ( $f=16$ ,  $p=0.55$ ) entre bda y bdc; el análisis clúster muestra una semejanza gráfica aritmética para las familias entomológicas registradas en dichas zonas (figura 3).

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas



**Figura 3. Dendograma que muestra la similitud gráfica para las familias entomológicas registradas en BDA y BDC del ANPPA.**

El índice de abundancia relativa evidenció que en General, las familias más representativas en Ambas Zonas fueron Araneae (diversas) con 15% (271 individuos), Formicidae con 14% (253) y Curculionidae con 8% (147); por su parte, el análisis del Número de Familias Registradas por Muestreo señala que dichas frecuencias fueron mayores en M2 (Febrero), M3 (Marzo) y M8 (Agosto), siendo más abundante BDA respecto a BDC (Figura 4). Los resultados de Kruskal-Wallis no evidenciaron diferencias ( $F=24.07$ ,  $p=0.72$ ) en las frecuencias por familia de insectos registrada entre BDA y BDC. La  $\chi^2$  demuestra que la proporción de individuos por familia de insectos registrados entre zonas no difiere estadísticamente ( $g.d.l=30$ ,  $Prob>Jicuadrado=0.3214$ , Pearson=0.7326) de lo estimado, por lo que se registró lo que potencialmente hay en ambas.

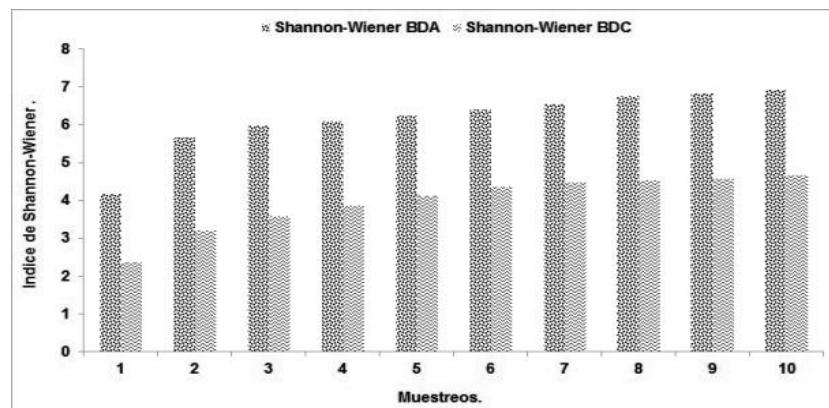


**Figura 4. Abundancia Relativa: a) General Ambas Zonas; b) Número de Familias Registradas por Muestreo en BDA y BDC; para las frecuencias recabadas por familia entomológica en el ANPPA.**

La diversidad promedio estimada por el índice de Shannon-Wiener para las familias de insectos registradas en BDA y BDC fue de  $H'=6.2$  y  $H'=4.0$ , respectivamente; siendo la primera la que

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

mantiene mayor diversidad a lo largo del estudio (Figura 5). Por su parte, los resultados de Kruskal-Wallis mostraron que no existen diferencias significativas ( $F=19$ ,  $p=0.45$ ) en la diversidad estimada para las familias de insectos registradas entre zonas.



**Figura 5. Diversidad estimada por muestreo mediante Shannon-Wiener para las familias de insectos registradas en BDA y BDC del ANPPA.**

El análisis de regresión *Poisson* sugiere que los mejores GLM ( $AIC=3161.2$ ;  $AIC=2759.3$ ;  $AIC=5941.2$ ) determinaron que cinco; siete; ocho variables (estructura del hábitat-condiciones ambientales) tuvieron un efecto sobre el número promedio de familias de insectos más abundantes registrado en BDA; BDC; BDA-BDC del ANPPA (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Resultados ARP con modelos GLM para relación causal entre número promedio de familias de insectos más abundantes (Y) y variables de estructura del hábitat-condiciones ambientales en BDA; BDC; BDA-BDC.**

ARP PARA BDA				
Coeficientes	Estimados	Error Estándar	Valor de Z	Pr(> z )
(Intercept)	4.726471	0.605245	7.809	5.76e-15
Cobertura (%)	-0.039677	0.006429	-6.171	6.77e-10
Pedregosidad (%)	-0.042836	0.006837	-6.265	3.72e-10
Suelo desnudo (%)	-0.036515	0.007166	-5.095	3.48e-07
Calido	-0.166324	0.061624	-2.699	0.00695
Viento	0.218968	0.05152	4.25	2.14e-05
ARP PAR BDC				
(Intercept)	4.618353	0.954869	4.837	1.32e-06
Cobertura (%)	-0.028847	0.009638	-2.993	2.76e-03

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

<b>Pedregosidad (%)</b>	-0.029723	0.00966	-3.077	2.09e-03
<b>Suelo desnudo (%)</b>	-0.036297	0.010269	-3.535	4.08e-04
<b>Cob. Vegherbacea. (%)</b>	-0.013375	0.001676	-7.981	1.45e-15
<b>Cob. Vegarbustiva (%)</b>	-0.010323	0.002816	-3.666	2.46e-04
<b>Viento</b>	0.188776	0.051705	3.651	0.000261
<b>Luminoso</b>	-0.475009	0.087419	-5.434	5.52e-08
<b>ARP PARA BDA-BDC</b>				
<b>(Intercept)</b>	5.034208	0.494221	10.186	< 2e-16
<b>Cobertura (%)</b>	-0.034156	0.004987	-6.849	7.43e-12
<b>Pedregosidad (%)</b>	-0.040481	0.005112	-7.919	2.40e-15
<b>Suelo desnudo (%)</b>	-0.034429	0.005532	-6.224	4.84e-10
<b>Cob. Vegherbacea. (%)</b>	-0.009927	0.001056	-9.396	< 2e-16
<b>Lluvioso</b>	-0.222531	0.124792	-1.783	0.0746
<b>Nubes</b>	-0.191363	0.036347	-5.265	1.40e-07
<b>Viento</b>	0.147612	0.03546	4.163	3.14e-05
<b>Luminoso</b>	-0.571989	0.079041	-7.237	4.60e-13

coeficientes estadísticamente significativos ( $p<0.05$ ) del modelo glm realizado con datos del número promedio de las familias de insectos más abundantes de bda; bdc; bda-bdc ajustados como una regresión por pasos (stepwise) entre la abundancia (y) y las variables de la estructura del hábitat-condiciones ambientales (xi). asumiendo una distribución de *poisson* en el número promedio de las familias de insectos más abundantes, por lo que se aplicó un logaritmo como función liga.

### 4. Conclusión

La zona que presentó una tendencia mayor en la riqueza de familias de insectos fue BDA, esto pudo estar asociado a las diversas interacciones que tienen los insectos en el follaje de zonas abiertas, éstas tendencias coinciden con lo reportado por Givnish (1988), Gasca y Higuera (2010), quienes señalan que la riqueza de insectos está asociada a la capacidad del dosel para proveer nichos específicos y a la alta producción de biomasa, lo que sugiere que los bosques que presentan una mayor apertura de dosel exhiben una mayor riqueza, abundancia y diversidad de insectos en México y otras partes del mundo. Por otra parte, algunas investigaciones (Gasca y Higuera, 2008; Zacarías-Eslava y Del Castillo, 2010) sugieren que algunos artrópodos asociados a ciertos bosques de *Quercus humboldtii* de la reserva Bosque Macanal (Bojacá, Colombia) incrementan su riqueza de especies debido a la capacidad que tiene el dosel de contener nichos

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

ideales para ellos, como ambientes de acumulación de hojarasca y materia orgánica en las ramas de los árboles, lo que permite que en éste se den las mejores condiciones para la mayoría de los insectos, debido a la alta producción de biomasa que se genera en este estrato; este patrón parece duplicarse en algunos bosques de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México en los que se encontró que éstos son más deciduos en altitudes menores, presentando una mayor apertura de dosel, lo que incrementa el paso de la radiación solar en los estratos inferiores, lo que promueve una mayor riqueza, abundancia y diversidad de insectos. De igual forma, Armesto y Fuentes (1988), Muñoz y González (2009), quienes señalan que ciertos bosques templados como los de *Drymys winteri* de la Isla Chiloé albergan especies entomológicas tolerantes a la sombra, con capacidad de desarrollarse y reproducirse bajo dosel cerrado; sin embargo, su velocidad de crecimiento incrementa en respuesta a la creación de pequeños claros en el dosel, promoviendo éste una mayor riqueza de especies en un dosel abierto. Esto demuestra que la apertura del dosel juega un papel preponderante sobre las tendencias registradas en la riqueza entomológica que hace uso del dosel para la presente investigación, el cual proporciona condiciones “óptimas” para las diferentes familias de insectos que se establecen en el estrato superior de un BDA de *P. cembroides*.

Por su parte, las tendencias registradas en la abundancia de insectos fueron mayores en BDA; siendo las familias más representativas: Aranae, Bruchidae, Cicadellidae, Curculionidae, Diprionidae; el caso de los órdenes: Himenóptera, Coleóptera, Arácnida, Hemíptera y Díptera. Esto concuerda con lo reportado por Kumagai y Graf (2002), Elgueta (2006), Cultid et al. (2007), quienes reportan que las frecuencias de insectos se asocian a la cobertura de copa, siendo éstas generalmente superiores en dosel abierto. En contraste, la tendencia registrada en la presente discrepa con lo reportado por Morón y Terrón (1988), Valladares y Guzmán-Asenjo (2006), quienes señalan que algunos insectos asociados a condiciones de sombra son más abundantes en el sotobosque ya que éste recibe una menor radiación que el dosel; por su parte, De la Vega y Audrey (2008), Vergara y Jerez (2010), Ascuntar-Osnas et al. (2010) reportan que los órdenes de insectos más abundantes en bosque templado son: Coleóptera, Díptera, Hemíptera, siendo las familias: Chrysomelidae, Phoridae, Curculionidae las más frecuentes. Las abundancias registradas en la presente parecen determinar comunidades entomológicas características de dosel en donde la radiación pudiera ser determinante en el número de individuos que las conforman en dos condiciones de apertura de dosel en un bosque de *P. cembroides* del ANPPA, en el estado de Guanajuato, México.

Las tendencias en la diversidad mostraron que ésta fue mayor en BDA; lo cual coincide con lo mencionado por Murdoch et al. (1972), Wright (1997), Medianero et al. (2003), Smith-Pardo y González (2007), Santos et al. (2009), quienes mencionan que la diversidad es mayor en el dosel abierto debido a los altos niveles de luz que éste recibe, mismos que promueven una mayor fotosíntesis, producción constante de flores, frutos, hojas nuevas que sostienen una mayor diversidad de comunidades entomológicas; aunado a ello, su estructura, composición florística y las condiciones propias que cada especie vegetal brinda a los insectos como: tamaño de área foliar, mecanismos de defensa, metabolitos secundarios entre otros factores. Otro enfoque es el reportado por Maleque et al. (2006) quienes señalan que la diversidad de insectos es mayor en zonas con vegetación perturbada y que éstos varían en función del grado de alteración que éstas

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

exhiban por disturbios naturales o perturbación antrópica, debido a la íntima relación que existe entre dicho componente biótico, la dinámica ecosistémica y heterogeneidad del hábitat, en el establecimiento de nichos ecológicos específicos que intervienen incluso con su desarrollo y recuperación. Esto sugiere que las tendencias registradas en la presente están determinadas por la condición en la apertura del dosel que exhiben tanto BDA como BDC y los nichos ecológicos que éstos puedan proveer a los insectos que ellos se establecen en un bosque de *P. cembroides* del ANPPA, Guanajuato, México; lo que evidencia que en el dosel que exhibe cada condición se pueden encontrar diferentes familias entomológicas que se adapten de mejor forma a la intensidad de luz que reciben, incrementando así su estructura y composición (diversidad de especies).

Las tendencias registradas en la relación insectos y la estructura del hábitat-condiciones ambientales concuerdan con lo reportado por Hietz y Briones (1998), Cabrelli et al. (2006), Cuevas-Reyes et al. (2011), Ivancich et al. (2011), Castillo-Argüero et al. (2007), Susan-Tepetlan et al. (2015), quienes señalan que en algunos bosques templados de manera general ciertas variables del hábitat, estructura vegetal y climáticas, determinan el establecimiento de las comunidades entomológicas, particularmente a nivel de dosel; sin embargo algunas variables particulares como composición específica, densidad, distribución espacial de los árboles, tipo de copa, estado fenológico de las especies, edad, manejo, humedad, intensidad lumínica, proceso sucesional, continuidad del dosel, posición con respecto a vientos, determinan la utilización de nichos ecológicos específicos en el plano vertical y horizontal (p. ej. estrato bajo, suelo, sotobosque, copas, etc.) con respecto a la fisonomía vegetal presente; aunado a la apertura de dosel e incluso aspectos fisiográficos (p. ej. altitud, pendiente, posición topográfica, exposición topográfica y profundidad de suelos) suelen determinar el establecimiento de las comunidades entomológicas en ambos planos en este bosque de *P. cembroides* del ANPPA. Guanajuato, México.

Este estudio contribuyó con nuevos registros acerca de la riqueza, abundancia y diversidad de familias de insectos que prefieren estratos arbóreos con dosel abierto en un bosque de *P. cembroides* en esta región particular de México.

### 5. Referencias

- Academic, SAS Institute Inc. 2009. JMP IN Version 8.0.1: Statistics for the Apple Macintosh. Statistics and Graphics Guide. Academic SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Agrestic, A. 2007. An Introduction to Categorical Data Analysis. Hoboken, New Jersey, USA. 393 p.
- Aguado S., G. A., E. García M., C. Velasco G. y J. L. Flore F. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. Acta Botánica Mexicana, 35:65-81.
- Akaike, H. 1969. Fitting autoregressive models for prediction. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 21:243-247.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Álvarez, R., H. Godínez-Álvarez., V. Guzmán y P. Dávila. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 75:7-16.

Armesto, J. J. y E. Fuentes 1988. Tree species regeneration in a mid-elevation, temperate rainforest in Isla de Chiloé, Chile. Plant Ecology, 74:151-159.

Arroyo, Ch. E., A. Riechers Pérez, E. J. Naranjo, G. Rivera-Velázquez. 2013. Riqueza, abundancia y diversidad de mamíferos silvestres entre hábitats en el parque nacional cañón del sumidero, Chiapas, México. Therya, 4(3):647-676.

Ascuntar-Osnas O., I. Armbrecht, and Z. Calle. 2010. Butterflies and vegetation in restored Gullies of different ages at the colombian Western Andes—Boletín Científico del Museo de Historia Natural, 14(2): 169-186.

Badii, M. H., A. Guillen, E. Cerna, J. Landeros, J. Valenzuela and Y. Ochoa. 2012. Estimación poblacional por muestreo de distancia. Daena: International Journal of Good Conscience, 7(1):85-96.

Badii, M. H., A. Guillen, J. Valenzuela, E. Cerna and J. L. Abreu. 2011. Muestreo simple aleatorio, binomial, estimación de razón y estratificado: descripción y análisis comparativo. Daena: International Journal of Good Conscience, 6(2):218-240

Balaguer, E. P., S. Sinha y A. Goitia. 2009. Sobre la agrupación de niveles del factor explicativo en el modelo logit binario. Revista Colombiana de Estadística, 32(2):157-187.

Barbosa, E. P., L. A. Kaminski and A. V. L. Freitas. 2010. Immature stages of the butterfly *Diaethria clymena janeira* (Lepidoptera: Nymphalidae: Biblidinae). Zoología, 27(5):696-702.

Borror, D. J. y D. M. DeLong. 1971. An Introduction to the Study of Insects, 3<sup>th</sup> Ed. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York, USA. 888 p.

Brusca, R., C. y J. Brusca G. 2002. Invertebrates. 2da Edición. Sinauer Associates, Inc., USA. Pp: 475-477

Burnham, K. P. y W. Overton S. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. Ecology, 60:927-936.

Burnham, K. P., D. R. Anderson and K. P. Huyvaert. 2011. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. Behavioral Ecology and Sociobiology, 65(1):23-25

Cabrelli, D., S. Rebottaro y D. Effron. 2006. Caracterización del dosel forestal y del microambiente lumínico en rodales con diferente manejo, utilizando fotografía hemisférica. Quebracho, 13:17-25.

Canfield, R., H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. Journal of Forestry, 34:388-394.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, Ó. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2):51-63.

Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, M. Romero-Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez-Gallén y O. Núñez-Castillo. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 74:51-75.

Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of statistics*, 11(4):265-270.

Chao, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 43:783–791.

Chávez, D. E., I. M. Cabrera, M. Varela Nualles, y L. Fernández. 2010. Utilización del análisis de clúster con variables mixtas en la selección de genotipos de maíz (*Zea mays*). *Revista Investigación Operacional*, 30(3):209-216.

Chazdon, R. L., R. Colwell K., J. Denslow S. and M. Guariguata R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of Northeastern Costa Rica. In: Dallmeier, F., J. Comiskey A. (eds.). *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: conceptual background and old world case studies*. Man and the Biosphere Series, 20:285-309.

Clarke, V. 2009, Establishing vegetation quadrats. Dec Nature Conservation Service Biodiversity. Department of Environment and Conservation. Our Environment, Our Future. Sop No:61 Version 1.0. 13 p.

Cochran, W. G. 1976. Técnica de muestreo: Traducción del inglés por Casas D. E. Compañía Editorial Continental, México, Distrito Federal. 535 p.

Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. John Wiley and Sons, New York, USA. 448 p.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application.

Colwell, R. K., A. Chao, N. J. Gotelli, S.-Y. Lin, C. X. Mao, R. L. Chazdon, and J. T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5:3-21.

Corral, H. J., Y. Herrera Arrieta, F. O. Carrete Carreón, N. Almaraz Abarca, N. Naranjo Jiménez y F. González González. 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*, 36(4):300-305

Cortés-Marcial, M. y M. Briones-Salas. 2014. Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4):1-6.

Costello, M. J., S. Wilson and B. Houlding. 2012. Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Syst. Biol.*, 61(5):871–883.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Cottam, G. y J. Curtis T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37:451-460.

Cuevas-Reyes P, K. Oyama, A. González-Rodríguez, G. W. Fernandes y L. Mendoza-Cuenca. 2011. Contrasting herbivory patterns and leaf fluctuating asymmetry in *Heliocarpus pallidus* between different habitat types within a Mexican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 27:383–391.

Cultid, C. A., C. L. Rengifo J. y O. Ascuntar-Osnas. 2007. Artrópodos terrestres del campus Meléndez de la Universidad del valle (Cali, Colombia): eficiencia de captura de tres métodos de muestreo y variación temporal en la abundancia relativa. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad de Valle*, 8(2):14-22.

De la Vega, X. y A. Audrey G. 2008. Composición, riqueza de especies y abundancia de insectos defoliadores de actividad nocturna asociados a *Aristotelia chilensis* (maqui) en el bosque maulino fragmentado. *Revista Chilena de Historia Natural*, 81:221-238.

Del Castillo, R. F. 2000. Composición y estructura de una nopalera bajo situaciones contrastantes de exposición de ladera. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 65:5-22.

Del Pino, J. O., R. Zamora y J. A. Oliet. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 14 p.

Döge, J. S, S. V. Vera L. and P. R. P. Hofmann. 2008. Drosophilids (Diptera) from and Atlantic forest area in Santa Catarina Southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomología*, 52(4):615-624.

Elgueta, M. 2006. Orden Hemiptera (chinches, pulgones, conchuelas, chicharras). In: CONAMA (eds). 2006. Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos. Corporación Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Santiago, Chile. pp:138-149.

Equihua, M. A. 1989. Estados inmaduros de los insectos. Texcoco, Estado de México: Colegio de Postgraduados. pp:65-98.

García-Gómez, A., G. Castaño-Meneses y J. G. Palacios-Vargas. 2010. Distribución y diversidad de colémbolos (Hexápoda: Colémbolo) en el gradiente altitudinal de un bosque templado en México. *Rev. Biol. Trop.*, 59(1):315-327.

Gasca, A. H. J. y D. Higuera D. 2008. Artrópodos asociados al Dosal de un Robledal de *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae) de la Reserva Bosque Macanal (Bojocá, Colombia). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 43:173-185

Gasca A. H. J. y D. Higuera D. 2010. Protocolos y métodos de colecta para el estudio de artrópodos de dosel en bosques de niebla del neotrópico. *Rev. Colombiana cienc. Anim.*, 2(2): 385-398.

Givnish, T. J. 1988. Adaptation to sun and shade, a whole plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15:63-92.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

González-Oreja, J. A. 2003. Aplicación de análisis multivalentes al estudio de las relaciones entre las aves y sus hábitats: un ejemplo con paseriformes montanos no forestales. *Ardeola*, 50(1):47-58.

Guisan, A. y E. Zimmermann N. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135:147-186.

Hietz, P. y O. Briones. 1998. Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud Forest. *Oecologia*, 114:305-316.

IEEG. 2002. Resumen del Programa de manejo del Área Natural Protegida Peña Alta. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEEG). P.D.O.E.G. el 10-09-2002. Guanajuato, México. Pp:27-43.

Ivancich, H., G. Martínez., P. Peri., R. Soler y M. Lencinas. 2011. Primeros resultados de raleos en bosques de *Nothofagus antártica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego (Argentina). *Instituto Forestal*, 17:311-324.

Kang, D. and Steiner H. 2002. *Trichoplusia ni gloverin*, an inducible immune gene encoding an antibacterial insect protein. *Insect Biochem and Mol Biol.*, 32:795–801.

Kumagai, A. F. y V. Graf. 2002. Biodiversidad de Ichneumonidae (Himenóptera) y monitoreo de las especies de Pimplinae e Poemenilinae de Capão de Imbuia, Curitiba, Paraná. *Revista Brasileira de Zoología*, 19:445–452.

Linares, G. 1990. Análisis de datos. Universidad de la Habana. Facultad de Matemática – Cibernética, La Habana. 95 p.

Liu, G., Kang D. and Steiner H. 2000. *Trichoplusia ni lebocin*, an inducible immune gene with a downstream insertion element. *Biochem and Biophys Research Commun*, 269:803–807.

Maindonald, J. H. 2004. Using R for Data Analysis and Graphics. Introduction, Code and Commentary. Centre for Mathematics and Its Applications, Australian National University. 96 p.

Maleque, M. A., T. Ishii H. and K. Maeto. 2006. The use of Arthropods as Indicators of Ecosystem Integrity in Forest Management. *Journal of Forestry*, 104(5):113-117.

Medianero, E., A. Valderrama y H. Barrios. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical. *Acta zoológica mexicana* (n.s.) 89: 153-168.

Microsoft Office Professional Plus. 2010. Version: 14.0.7166.5000 (32 bits), © 2010 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

Molinero, L. M. 2003a. Análisis de tablas de contingencia de más de 2 variables cualitativas. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial. Madrid, España. 9 p.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Molinero, L. M. 2003b. ¿Y si los datos no se ajustan a una distribución normal? Bondad de ajuste a una normal. Transformaciones. Pruebas no paramétricas. Madrid, España. 6 p.

Morón, M. A. y R. Terrón. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología A. C. México, Distrito Federal. 504 p.

Morrone, J., J., D. Espinosa., C. Aguilar., y J. Llorente. 1999. Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: A parsimony analysis of endemicity based on plant, insect, and bird taxa. The Southwestern Naturalist, 44: 507-514.

Muñoz, A. A. y M. E. González. 2009. Patrones de regeneración arbórea en claros a una década de la floración y muerte masiva de *Chusquea quila* (Poaceae) en un remanente de bosque antiguo del valle central en el centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 82:185-198.

Murdoch, W., W. F. Evans C. y H. Peterson C. 1972. Diversity and pattern in plants and insects. Ecology, 53:819–829.

Nicholls, C. I. y M. A. Altieri. 2008. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. LEISA. Revista de Agroecología. Sep., 24(2):6–8.

Oosting, H. J. 1956. The study of plant communities. Freeman. San Francisco, USA. 185 p.

Parviainen, M., N. E. Zimmermann, R. K. Heikkinen and M. Luoto. 2013. Using unclassified continuous remote sensing data to improve distribution models of red-listed plant species. Biodivers Conserv, 22:1731–1754.

R: Copyright. 2007. The R foundation for statistical computing Version 2.6.1. (2007-11-15), ISBN 3-900051-07-0.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 432 p.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

Santos, E. L., C. M. Ludke M., M. Barbosa J., B. V. Rabello C., V. Ludke J., M.C. Winterle, W., G. Silva E. 2009. Coconut meal levels in ration for fingerling Nile tilapia. Revista Brasileira de Saude e Producao Animal, 10(2):390-397.

Schowalter, T., D. 1994. Invertebrate community structure and herbivory in a tropical rain forest canopy in Puerto Rico following Hurricane Hugo. Biotropica, 26:312-319.

Simonetti, J. A. and I. Huareco. 1999. Uso de huellas para determinar diversidad de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Estación Biológica Beni, Bolivia. Mastozoología Neotropical, 6, 139-144.

Smith-Pardo, A. y V. H. González. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. Acta Biológica Colombiana, 12:43-56.

StatSoft., Inc. 2008. Statistica (data analysis software system), version 8.0. StatSoft. Inc. Tulsa, USA.

## Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas

Susan-Tepetlan, T. M., N. Velázquez-Rosas y Th. Krömer. 2015. Cambios en las características funcionales de epífitas vasculares de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria en la región central de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(1):153-163.

Ting-Cai, Ch., X. Quing-You, X. Ping-Zhen, T. Xiang, F. Ting and X. Zhong-Huai. 2009 Identification and comparative analysis of immune-related genes and signaling pathways in the silkworm, *Bombyx mori*. *Acta entomológica Sínica*, 52(3):235-245.

Tovar-Castro, F. R., C. Loyzuga-García, I. A. Ceballos-Ramírez, S. Radillo-Becerra, S. M. Rubio-Vergara y Y. Torres-Reyes. 2015. Listado taxonómico de insectos acuáticos en el municipio de Jungapeo Michoacán, México. *Bol. Soc. Mex. Ento. (nueva serie)*, Número especial 1: 8–13.

Tramer, E., J. 1969. Bird species diversity: components of Shannon's formula. *Ecology*, 50(5):927-929.

Trujillo-Trujillo, E., P. A. Vargas-Triviño y L. V. Salazar-Fajardo. 2014. Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia*, 11(2): 97-106.

Valladares, F. y B. Guzmán-Asenjo. 2006. Canopy structure and spatial heterogeneity of understory light in abandoned Holm oak woodlands. *Annals of Forest Science*, 63:749-761.

Vergara, O. y V. Jerez. 2010. Insectos e infestaciones asociadas al follaje de Nothofagus antarctica (Forst) Oerst (Nothofagaceae) en la cuenca del río Baker, Región de Aysén, Chile. *Gayana*, 74(2):83– 93.

Villarreal-Quintanilla, J. A., J. A. Bartolomé-Hernández, E. Estrada-Castillón, H. Ramírez-Rodríguez y S. J. Martínez-Amador. 2017. El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana*, 118:65-96.

White, T., C. 1969. An index to measure weather induced stress of trees associated with outbreaks of Psyllidae in Australia. *Ecology*, 50:905-909.

Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. W. W. Norton and Company. New York. London. 424 p.

Wright, S. J. 1997. Accessing the canopy. Smithsonian Tropical Research Institute. 84 p.

Zacarías-Eslava, Y. y R. F. Del Castillo. 2010. Comunidades vegetales templadas de la sierra juárez, oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87:13-28.

Zar J., H. 1999. Biostatistical analysis. Fou